

7 1879

híradástechnika

VOLUME LVII.

2002/8

Augusztus



Protokollok, informatika

Áramkörtervezés

Rádiótechnika

Gazdaság

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom

Előszó az augusztusi számhoz

PROTOKOLLOK, INFORMATIKA

Muhi Dániel

Kereskedelmi szolgáltatások felfedezése az interneten 2

Dulai Tibor

A Bluetooth logikai kapcsolatvezérlő protokolljának elemzése és leírása 7

Csorba J. Máté–Palugyai Sándor–Miskolczi János

OSPF útvonalválasztó protokoll vizsgálata 13

ÁRAMKÖRTERVEZÉS

Bognár György–Szombathy Gergő

1 GHz frekvencián működő, változtatható osztásarányú frekvenciaosztó integrált áramkör 22

Matyi Gábor

2.4 GHz-es integrált oszcillátor tervezése 28

Vicsi Klára–Tóth László–Kocsor András–Gordos Géza–Csirik János

MTBA – Magyar nyelvű telefonbeszéd-adatbázis 35

RÁDIÓTECHNIKA

Kissné Akli Mária

Digitális rendszerjellemzők választása DVB-T adók besugárzástervezéséhez 45

Dósa György

A magyar gyártmányú ionoszféravizsgáló berendezés története és alkalmazása
a hazai ionoszféravizsgálatokban 51

GAZDASÁG

Dr. Bőgel György

A kölcsönösen előnyös kiszervezés feltételei 55

Nagy Beatrix Havaska

Joseph L. Walsh a CDMA matematikai megalapozója 62

Címlapon: Útvonalválasztás más technikával

Főszerkesztő

ZOMBORY LÁSZLÓ

Szerkesztőbizottság

Elnök: LAJTHA GYÖRGY

BARTOLITS ISTVÁN
BOTTKA SÁNDOR
CSAPODI CSABA
DIBUZ SAROLTA

DROZDY GYŐZŐ
GORDOS GÉZA
GÖDÖR ÉVA
HUSZTY GÁBOR

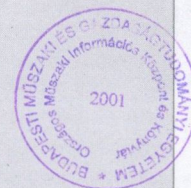
JAMBRIK MIHÁLY
KAZI KÁROLY
MARADI ISTVÁN
MEGYESI CSABA

PAP LÁSZLÓ
SALLAI GYULA
TARNAY KATALIN
TORMÁSI GYÖRGY



Előszó

augusztusi számunkhoz



A Networks nemzetközi konferenciasorozat megszervezésének gondolata 1978 derekán merült fel. Néhány, az ITU hálózattervezési irányelveinek kidolgozásában érdekelt szakember elhatározta, hogy 2-3 évenként a távközlőhálózatok tervezőivel és üzemeltetőivel összeülnek, hogy megvitassák az aktuális újdonságokat, problémákat, módszereket. Akkor a távközlési szolgáltatók döntő többsége még monopolhelyzetben volt. Ekkor elképzelhetetlennek tűnt, hogy bármely szolgáltató működésének területe túlterjedjen az országhatárokon. Ilyen körülmények között a konferencia mögött nem húzódtak meg üzleti érdekek, nem volt meghatározó a verseny, és emiatt fel sem merült az üzleti titkok védelmének kérdése. Mindezek hatására a konferenciákon nyílt, őszinte tapasztalatcsere alakult ki, melyben az akkori „Postás Társadalom” valamennyi tagja barátként igyekezett segíteni egymáson.

Az elmúlt 24 évben a körülmények megváltoztak. A monopóliumok megszűntek és a távközlési vállalkozások tulajdonosi köre nemzetközivé vált. A szolgáltatókat már nem védik az országhatárok. Üzleti sikereiket a jobb szolgáltatás, a korszerűbb eszközök, az ésszerű szervezés és mindezek hatására az olcsóbb tarifák befolyásolják. Ebből kialakult, hogy a szolgáltatók előadói a Networks konferenciák az új módszerek mögött rejlő megoldások részleteit, műszaki eszközeit és gazdasági eredményeit nem részletezték. Nem lett volna ésszerű a konkurenciát mindazon fegyverekkel ellátni, melyekkel sikereket lehet elérni, és ez talán éppen saját vállalatuk veszét jelentheti.

Ha ez a jelenség önmagában marad, akkor a Networks színvonalát az elmúlt 5-6 év jelentősen visszavetette volna. Ezzel egyidejűleg azonban megnövekedett az ipari előadók száma. Céljuk az volt, hogy egy olyan összejövetelen, ahol a világ valamennyi szolgáltatója képviselteti magát, elmondhassák új megoldásaikat. Bár itt is felmerült a részletkérdések titkosítása, azonban annyit mindenképpen el kellett mondaniuk, ami a szolgáltatók számára érdekessé, vonzóvá teszi termékeiket. Ez már bizonyos mértékig kompenzálta a szolgáltatók előadóinak visszavonulását.

A másik jelenség talán még ennél is többet segített a színvonal megőrzésében. Az egyetemeken működő kutatócsoportok számára létkérdés, hogy megrendeléseket kapjanak. Igazolniuk kell ezért, hogy kutatásaik értékesek, jól felhasználhatók a hálózatok és a szolgálatok fejlesztésére, illeszkedik a meglévő rendszerekhez és javítja a jövedelmezőséget. Ehhez viszont már részletesen alátámasztott, értékes előadásokat kell tartaniuk. A fenti tendenciákat tükrözte a Networks legutóbbi konferenciája is, melyet Münchenben

tartottak ez év június 23. és 27. között. A világméreteketben egységessé vált doktorképzés szintén segítette a színvonalas előadások bemutatását, hiszen ez előfeltétele a fokozat elnyerésének.

Előfordult több esetben, hogy egyetemi és ipari előadók közösen dolgoztak fel egy témát és széles körben érdeklődésre számot tartó előadást tartottak. Ebbe a csoportba tartoznak a mobil kutatások, ezen belül pedig a széles sávú, többszolgáltatú rendszerek tervezése, az ad hoc hálózatok megvalósítása, a blue-tooth technika továbbfejlesztése és új hálózati struktúrák kialakítása. Érdekes kérdéscsoport volt az üzemvitel, üzemellenőrzés kérdése. A hálózat biztonsága, a rossz akarató beavatkozások elkerülésére kidolgozott módszerek több esetben egyetemi közösségek és szolgáltatók közös munkájának eredménye.

A megváltozott viszonyok összességében nem tették értéktelenné a Networks konferenciasorozatot. Bár az nem derült ki, hogy némely újdonság bevezetésével milyen eredményeket értek el a szolgáltatók, de a szakmai munkát megismerhette a hallgatóság. Új módszerek birtokába jutott, melynek segítségével a következő években kísérletezhet. Ezen túlmenően a személyes barátságok is megmaradtak, és a kávéasztaloknál magánértékeléseket lehetett kapni az ipari újdonságokról és az egyetemi kutatásokról.

Mindezeket összevetve a Networks túlélte a változásokat, s bár az előadók köre megváltozott és a tartalom is egy kissé módosult, továbbra is sikerült megvalósítania azokat az elképzeléseket, melyek létrehozását indokolták. Különösen érdekes számunkra, hogy a hazai előadók számos előadását elfogadták, sőt a Nemzetközi Tudományos Bizottság záró értekezése szerint a legjobb 3 előadás között két magyar is szerepelt. Az első helyre egy európai együttműködésben készült munka került, melyben a BME híradástechnikai tanszéke vett részt, a második pedig a BME-TTT Nagy sebességű Laboratórium munkatársainak eredménye.

A konferenciáról részletes beszámoló olvasható a PKI honlapján, ezért jelen számunkban nem foglalkozunk részletesebben az egyes szekciók munkájával és az előadások bemutatásával. De természetesen a cikkek kapcsolatban vannak a hálózattervezéssel. Az első három cikk hálózati protokollokat mutat be szolgáltatásokra, rádiós és vezetékes módszerekre. Néhány kutatási eredmény és rádiós kérdés tárgyalása után nagyobb súllyal szerepelnek a gazdasági kérdések, melyek a Networkson is előtérbe kerültek.

Dr. Lajtha György
a szerkesztőbizottság elnöke

Kereskedelmi szolgáltatások felfedezése az interneten

MUHI DÁNIEL

Veszprémi Egyetem, Műszaki Informatikai és Villamosmérnöki Önálló Intézet,
Információs Rendszerek Tanszék

Reviewed

Az internet egyre gyorsuló ütemben növekszik, és egyre több szolgáltatás található rajta. Míg néhány éve az emberek leginkább dokumentumokat töltöttek le róla, ma egyre nő azoknak a felhasználóknak a száma, akik az internetet munkára, szórakozásra, vagy bevásárlásra használják. Egy másik jellemző tendencia az informatikában az elosztott rendszerek térhódítása, melyekben bármely fél lehet szolgáltatásnyújtó és -felhasználó. Ezeknél fontos követelmény, hogy a kliensek minél kevesebb előzetes konfigurációval tudjanak belépni a hálózatba, és rögtön használni tudják annak szolgáltatásait. Erre a problémára találták ki a szolgáltatásfelfedezést. A szolgáltatásfelfedezés lokális hálózaton működik, de ez gyakran korlátozza a lehetőségeket, hiszen sok elosztott rendszer városi, vagy akár országos szintre is kiterjed. A probléma tehát adott: vajon ki lehet-e alakítani olyan elosztott rendszereket, melyek szolgáltatásfelfedezéssel működnek, és túllépnek egy lokális hálózat szintjén? A kérdést egy világméretű kereskedelmi információs rendszer példáján keresztül szeretném megvizsgálni.

1. Szolgáltatásfelfedezés

A hálózati erőforrások felfedezése nem volt mindig hangsúlyos kérdés a számítástechnikában. A kezdeti számítógépes hálózatok a kliens/szerver modellre épültek, azaz volt egy nagy kapacitású szerver, és ehhez kapcsolódtak a kliensgépek, melyek önmagukban szinte semmire nem voltak képesek. Ebben a modellben szolgáltatást csakis a szerver nyújthatott, tehát fel sem merült a szolgáltatásfelfedezés kérdése.

Ahogy fejlődtek a kliensgépek, egyre több feladatot voltak képesek maguktól megoldani, így egyre csökkent a szerver szerepe. Megszületett az elosztott rendszer, melyben bármely résztvevő bármely másikkal nyújthat szolgáltatást. Az elosztott rendszerek általában transzparenszek, azaz a felhasználó számára az egész rendszer egyetlen gépként jelenik meg. Mivel nincs szerver, kulcsfontosságú szerephez jut az a technológia, mellyel a hálózati szolgáltatásokat lehet megtalálni. Ezt a technológiát szolgáltatásfelfedezésnek hívják, erről már volt szó a lap februári számában [1].

2. Az SLP

1990 decemberében a coloradói Boulderben egy IETF-találkozó néhány résztvevője különvált, és megbeszéltek néhány, a hálózati erőforrások megtalálásával kapcsolatos problémát [2]. Végül arra a következtetésre jutottak, hogy létre kell hozni egy munkacsoportot az IETF-ben, mely a hálózati erőforrások és szolgáltatások felfedezésével foglalkozik. A munkacsoport célja egy egyszerű és skálázható szolgáltatásfelfedező protokoll

kifejlesztése volt. Az eredmény a Service Location Protocol (SLP), melynek specifikációja RFC-ként is megjelent [3]. Az SLP megjelenése után hirtelen számos cég elkezdte fejleszteni saját protokolljait, melyek közül mára leginkább a Jini (<http://www.sun.com/jini>), az UPnP (<http://www.upnp.org>) és a Salutation (<http://www.salutation.org>) terjedt el. A fejlesztéseknél gyakorlatilag mindig az SLP architektúrájából indultak ki, így ez a protokoll tekinthető az összes felfedező protokoll alapjának.

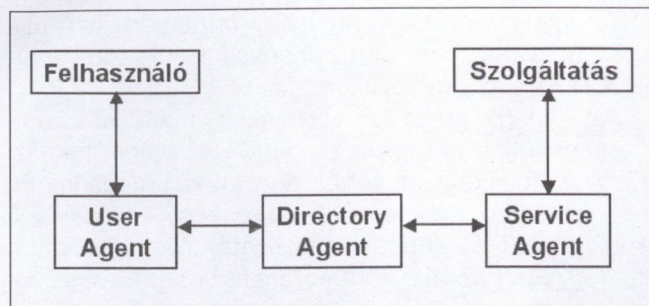
Az SLP segítségével a felhasználók előzetes konfiguráció nélkül megtalálhatnak valamilyen szolgáltatást egy lokális hálózaton. Nézzük meg, hogyan lehetséges ez!

Architektúra

Az SLP három fő elemből áll, ezek logikai sorrendben a következők:

- Service Agent (SA): Minden szolgáltatáshoz tartozik egy ilyen elem, a szolgáltatás ezzel hirdeti magát.
- Directory Agent (DA): Ehhez az elemhez érkeznek az SA-tól a hirdetések, melyeket a DA tárol, és később az UA rendelkezésére bocsát.
- User Agent (UA): A felhasználók által megadott feltételek alapján ez az elem elküld egy kérést a DAnak, mely kiválasztja a feltételeknek megfelelő szolgáltatásokat, és azokról minden információt az UA rendelkezésére bocsát.

A fenti elemek közötti kapcsolatok a következő ábrán láthatók:



1. ábra Az SLP architektúrája

Szolgáltatásleírás

A szolgáltatásokat a hirdetések írják le. A hirdetésben megtalálható a szolgáltatás típusa, URL-je, valamint attribútumai. A típus lehet absztrakt vagy konkrét. Az absztrakt típus definiálja magát a szolgáltatást, a konkrét pedig az eléréséhez szükséges protokollt. Például absztrakt szolgáltatás lehet az eszközmeghajtó (device-driver), a konkrét az FTP protokoll, az attribútum pedig, hogy milyen eszközhöz és mely operációs rendszerre készült.

Az SLP-ben a hirdetés egyben a szolgáltatás egyedi azonosítója is, és URL formájában adható meg. Ez a service: URL. A fenti példa service: URL-je a következő lehetne:

```
service:device-
driver:ftp://ftp.driver.org/vol3/scsi.tgz;device=scsi;os=
linux
```

A service: URL tehát minden szükséges információt tartalmaz egy szolgáltatásról, és ezt az információt szabványos formában, URL-ként adja meg. Az SA ezt az URL-t jegyzi be a DA-ra, az UA pedig ezt kapja meg a DA-tól.

Minden szolgáltatástípushoz tartozik egy ún. template, mely a típus attribútumait írja le. A már említett konkrét szolgáltatástípushoz (device-driver:ftp) például a következő template tartozhatna:

```
template-type=service:device-driver:ftp
driver= string
os= string
```

Ha egy absztrakt szolgáltatáshoz definiáltunk valamilyen attribútumot, akkor minden konkrét szolgáltatás, melyet ebből az absztrakt szolgáltatásból vezetünk le, örökölni fogja az absztrakt szolgáltatás attribútumait.

Az üzenetek

A protokollban definiált legfontosabb üzenetek a következők:

- **Service Request:** Az UA küldi ezt az üzenetet a DA-nak, ha információt szeretne kapni valamilyen szolgáltatásról. Az üzenet paramétereként meg kell adnia a szolgáltatás típusát, illetve egy szűrőfeltételt, mely alapján a DA visszaküldi a kritériumoknak meg-

felelő szolgáltatások service: URL-jét egy Service Reply üzenetben.

- **Service Registration:** Amikor egy új szolgáltatás elérhető lesz, akkor a hozzá tartozó SA küldi ezt az üzenetet a DA-nak. Az üzenet paramétere a szolgáltatás service: URL-je. Hatására a DA bejegyzi a szolgáltatást az adatbázisába, illetve törli onnan, ha egy Service Deregistration üzenetet kapott.
- **DA Advertisement:** A DA küldi az UA-nak és az SA-nak, hogy tudomást szerezzenek róla. Paramétere a DA hálózati címe.

A felfedezés

A protokoll célja az, hogy a kliensek előzetes konfiguráció nélkül találják meg egy lokális hálózat szolgáltatásait, azaz az UA és az SA úgy kezd el működni, hogy nincs tudomásuk a DA hálózati címéről, tehát először is ezt kell megtudniuk.

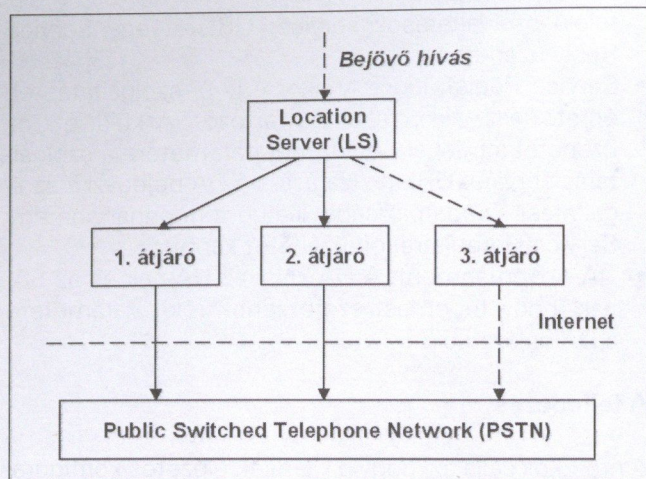
A megoldás a többesküldésben rejlik. Az SLP kifejlesztői definiáltak egy Directory Agent Discovery Group nevű multicast csoportot, melynek IP-címe 224.0.1.35. Minden DA-nak csatlakoznia kell ehhez a csoporthoz. Ha egy kliens egy Service Request üzenetet küld erre a címre, és a szolgáltatás típusaként directory-agentet ad meg, akkor a DA visszaküld a kliensnek egy DA Advertisement üzenetet, melyben szerepel a saját hálózati címe. A kliens feljegyzi ezt a címet, és ezután közvetlenül ide fog fordulni kéréseivel.

3. Alkalmazás: internet kapcsolása PSTN-hez

Nézzünk meg egy SLP-alkalmazást [4]! A példában bemutatok egy problémát, mely internetes telefonhálózatok és PSTN-ek (Public Switched Telephone Network, hagyományos vezetékes telefonhálózat) összekapcsolása esetén fordul elő. A probléma megoldására az SLP alkalmazása magától adódik.

Az internetes telefonhálózatokat átjárók (gateway) kapcsolják a PSTN-hez. Amikor hívás érkezik, az ún. location server (LS) átirányítja a hívást valamelyik átjáró felé. A hívás ezen az átjárón keresztül jut ki a PSTN-re. A folyamat modelljét a 2. ábra szemlélteti.

Számos tényezőtől függ, hogy az LS melyik átjárót választja ki. Ilyenek például az átjáró elérhetősége, kapacitása, és egy adott hívás költsége. A hívások megfelelő átirányításához elengedhetetlen, hogy az LS pontosan ismerje az összes átjáró pillanatnyi állapotát. Ez történhet úgy, hogy a hívás beérkezése után az LS lekérdezi az átjárókat, vagy úgy, hogy az átjárók folyamatosan tájékoztatják az LS-t saját állapotukról. Nyilvánvaló, hogy az első megoldás jelentősen lassítja a hívásfelépítést, hiszen ekkor rengeteg idő telik el a kérésekkel. A második út már járhatóbb, mert ebben az esetben az LS azonnal kiválaszthatja a megfelelő útvonalat.



2. ábra Átjáró kiválasztása internetes telefonhálózatban

Az SLP alkalmazásakor létre kell hozni egy dedikált DA-t, melyet csakis az LS használhat. Bár a DA-kat nem szokták alkalmazáshoz kötni, itt mégis szükség van rá, mert az LS-en kívül semelyik más elemnek nincs szüksége erre a DA-ra. Ráadásul az LS így tud a leggyorsabban információhoz jutni, és az átirányításról dönteni.

Az átjárók SA-k segítségével adnak hírt magukról. Ezt az információt az iptel-gw nevű szolgáltatás tartalmazza, melyet az átjáró bejegyez a DA-ra, azaz közvetlenül az LS-re. Valahányszor megváltozik az átjáró állapota, mindig frissíti a bejegyzést, hogy az LS mindig az aktuális adatokat láthassa. Az átjáró a előbb leírt módon, multicast segítségével fedezi fel a DA-t.

A DA általában ugyanazon a gépen működik, mint az LS. Ugyanakkor ezen a gépen még egy UA-nak is kell futnia, hogy az LS lekérdezhesse a DA-t. Mivel az UA és a DA ugyanazon a gépen vannak, ezért az UA loopbacken keresztül kommunikál a DA-val. Így érhető el a legkisebb válaszidő.

A template

Az „iptel-gw” szolgáltatáshoz a következő template tartozik:

```

template-type = iptel-gw
template-version = 1.0
template-description =
    This template describes the attributes
    supported by the Internet
    telephony gateway service.
iptel-gw-total-capacity = integer
iptel-gw-remaining-capacity = integer
iptel-gw-prefix-list = string
iptel-gw-cost-list = string
  
```

A template attribútumai a következő információkat tartalmazzák:

Az iptel-gw-total-capacity attribútum azt adja meg, hogy egyszerre hány hívást tud az átjáró kezelni. Pl. iptel-gw-total-capacity = 1024.

Az iptel-gw-remaining-capacity attribútum azt adja meg, hogy még hány hívás lebonyolítására képes az átjáró. Pl. iptel-gw-remaining-capacity = 312.

Az iptel-gw-prefix-list azoknak a telefonszámprefixeknek a listája, melyek elérhetők az átjárón keresztül. A prefixeket + jel nélkül, egyben kell megadni. Pl. ha egy átjáró hirdetésében az iptel-gw-prefix-list = 3652,3680,3851 attribútum található, akkor az LS tudja, hogy erről az átjáróról Debrecen, Veszprém és Zágráb érhető el.

Az iptel-gw-cost-list olyan prefixköltség párok listája, ahol a költség az iptel-gw-prefix-list attribútumban felsorolt prefixek elérési költsége. Pl. az iptel-gw-cost-list = 36:5,3851:20 attribútum azt jelenti, hogy Debrecen és Veszprém 5, Zágráb 20 egységnyi költséggel érhető el erről az átjáróról.

Előnyök

- Gyors:** Az SLP segítségével az átjárók előre tájékoztatják az LS-t saját állapotukról. Így hívásfelépítéskor az LS-nek csak a DA-hoz kell kérést intéznie ahhoz, hogy megtalálja a legjobb átjárót.
- Hibadetekció:** Az SLP-ben meg lehet adni egy lejárat időtartamot, mely azt jelenti, hogy ha egy regisztrációt bizonyos ideig nem frissítenek, akkor automatikusan törlődik a DA-ból. Ha ezt az időtartamot kis értéknek választjuk meg, akkor egy átjáró leállása esetén az LS rögtön értesül erről.
- Biztonság:** Az SLP-ben megvalósították a hitelesítést, így a felfedezés biztonságos módon történhet.
- Bővíthető attribútumok:** Az iptel-gw szolgáltatáshoz bármikor rendelhetünk újabb attribútumokat.
- Hatékony:** Az LS-nek nem kell minden hívás beérkezésekor lekérdeznie az összes átjárót, így sávszélességet takarítunk meg.

4. Az elektronikus ügynök

Az elektronikus kereskedelem szereplői számos kihívással találják szembe magukat: az eladónak létre kell hozniuk és fenn kell tartaniuk egy on-line vevői kört. A vevőknek pedig meg kell találniuk az eladók honlapját, és össze kell hasonlítaniuk a különböző forgalmazók által kínált termékek tulajdonságait, majd el kell dönteniük, hogy kitől vásárolnak.

Ezért szükség van egy olyan információs rendszerre, mely összegyűjti a lehető legtöbb eladótól az eladni kívánt termékekre vonatkozó információt, majd ezt a vevő rendelkezésére bocsátja. A vevőnek így nem kell külön-külön minden eladó honlapját meglátogatnia, hanem a rendszertől rögtön megkapja az őt érdeklő termékek adatait, majd ezek alapján kiválaszthatja, hogy kitől fog vásárolni. Ez a rendszer tulajdonképpen egy elektronikus ügynök, mert az a szerepe, hogy kapcsolatot teremtsen a vevő és az eladó között. A vásárlás további részében azonban már nem nyújt segítséget.

Ha az eladni kívánt termékeket szolgáltatásnak tekintjük, akkor észrevehetjük, hogy az SLP alkalmas egy ilyen ügynök megvalósítására. Ekkor minden eladónak lenne egy SA-ja, mellyel termékeit hirdethetné, és minden vevőnek egy UA-ja, mellyel megtalálná a számára megfelelő termékeket.

Ez az ügynök tehát kereskedelmi szolgáltatásokat hirdetne. Ésszerűnek tűnik, hogy definiáljunk egy absztrakt szolgáltatástípust, melyből majd levezethetjük az összes konkrét terméktípust. Az absztrakt típus neve sale lesz, és azokat az attribútumokat kell tartalmaznia, melyek minden kereskedelmi termékre jellemzők: a forgalmazót (vendor), a forgalmazó címét (location), az árat (price), illetve a pénznemet (currency), melyben az árat megadták.

Ezt a szolgáltatástípust még semmilyen gyakorlati célra nem lehet felhasználni, ezért bemutatunk egy konkrét típust, melyet a sale típusból származtatunk. A típus neve book, és könyvek leírására szolgál. Attribútumai a szerző vezetékneve (author-first), keresztnéve (author-last), a könyv címe (title), kiadója (publisher), a kiadási év (publish-year) és az ISBN szám (isbn). Természetesen a book típus tartalmazni fogja a sale típusban definiált attribútumokat is, hiszen a konkrét típus öröklí az absztrakt típus attribútumait.

Ha egy könyvkereskedés meg szeretné hirdetni a könyveit, akkor annyit kell tennie, hogy létrehoz egy szöveges fájlt (regisztrációs fájl), melyben minden könyvhöz tartozik egy bejegyzés. A bejegyzés első sora a service: URL attribútumok nélkül, a többi sor pedig az attribútumokat adja meg:

```
service:sale:book://www.konyv.hu/eco/tokeletes
author-last=Eco
author-first=Umberto
title=A tökéletes nyelv keresése
publisher=Atlantisz Könyvkiadó
publish-year=1998
isbn=963797886
vendor=Könyv Rt.
location=Veszprém, Hóvirág út 6.
price=2500
currency=Ft
```

Ezután el kell indítania az SA-t, mely kiolvassa a regisztrációs fájlból a szolgáltatásleírásokat, majd a már említett többesküldési módszer segítségével megtalálja a DA-t, és bejegyzi a szolgáltatásokat. Ha egy vevő könyvet szeretne venni, akkor elindít egy UA-t, megadja a keresett könyv néhány attribútumát, az UA pedig megkeresi a DA-t, és megkapja tőle a vevő igényeinek megfelelő könyvek service: URL-jeit. A kapott adatokat rendezheti valamilyen szempont (pl. ár) szerint, így a vevő rögtön eldöntheti, hogy melyik terméket szeretné megvenni. Ezután a termék URL-jére kattintva megrendelheti a könyvet.

5. Mobil rendszer: egy lehetséges analógia

Természetesen semmi értelme nincs egy olyan ügynöknek, mely csupán egy lokális hálózaton működik. De egy városi hálózat már elég sok embert és szolgáltatást összefog ahhoz, hogy alkalmas legyen kereskedelmi célú szolgáltatásfelfedezésre. A legvégső cél természetesen az lenne, hogy a felfedezést kiterjesztjük az egész internetre, így a vevők akkor is megtalálnák a keresett terméket, ha az a Föld túloldalán kapható.

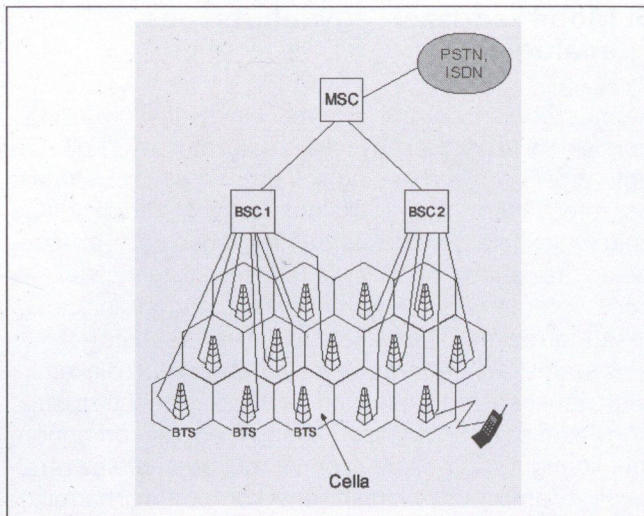
A szolgáltatásfelfedezés lényegében azért alakult ki, mert szükség volt egy olyan eszközre, mely biztosítja, hogy az elosztott rendszerekben az egyes komponensek konfiguráció nélkül, azonnal működjenek. Ez rendkívüli dinamizmust biztosít, egy komponens bármikor megszűnhet, vagy új komponensek léphetnek be a rendszerbe. Ez a dinamikus viselkedés majdnem ugyanilyen formában jelen van a mobil kommunikáció esetében is. A komponensek ebben az esetben maguk a mobil készülékek (Mobile Equipment, ME), az elosztott rendszer pedig egy cellának felel meg [5].

A cella olyan terület, melyen belül a mobil készülékek egy bizonyos frekvenciasávot használnak kommunikációra. A cella közepén található a bázisállomás (Base Transceiver Station, BTS), a készülékeknek erre az állomásra kell bejelentkezniük, hogy kommunikálni tudjanak. A cella sugara általában néhány kilométer, de sűrűn lakott területeken egy kilométernél is kevesebb lehet. Az analógiát tovább folytatva: ha az elosztott rendszer a cellának felel meg, akkor a komponensek (SLP esetében az UA/SA) a mobil készülékek, és a DA a bázisállomás szerepét tölti be. Mindkét esetben az a cél, hogy egy központi elem koordinálja a rendszer működését úgy, hogy a többi elemnek ne kelljen előzetes ismeretekkel rendelkezniük a központi elemről.

Az SLP specifikálása során nem léptek túl a lokális elosztott rendszer, azaz a cella szintjén. A mobil kommunikációs hálózat azonban az egész világra kiterjed, ezért ha megvizsgáljuk a felépítését, világosabban láthatjuk az SLP bővítésének lehetséges módját. A cella működését koordináló bázisállomásokat a bázisállomás-vezérlő (Base Station Controller, BSC) irányítja. A BSC egy vagy több BTS számára oszt ki frekvencia-tartományokat, és akkor jut még szerephez, amikor egy mobil készülék áthalad egyik cellából a másikba. A BSC tehát regionális szinten működik.

A legfelsőbb szinten a mobil kapcsolóközpont (Mobile services Switching Center, MSC) található, mely kapcsolóként működik egy PSTN vagy ISDN hálózat felé, valamint az előfizetők adatait kezeli, és hitelesítést végez. Az rendszer felépítését a 3. ábrán láthatjuk.

Ezek után szinte önmagától adódik az SLP bővítésének módja. A fenti ábrán látható, hogy a mobil készülék és a BTS között csak rádiókapcsolat lehet, de a többi elem között már bármilyen típusú összeköttetés létezhet. Ez azt jelenti, hogy ha a DA-kat valamilyen központi elemmel össze akarjuk fogni, akkor nem szükséges, hogy a DA szolgáltatásfelfedezés segítségével találja



3. ábra A GSM-hálózat architektúrája

meg ezt a központi elemet, az is elég, ha előzetes konfigurációval megadjuk az elem IP-címét a DA számára. A mobil rendszer mintájára ennek a központi elemnek a neve lehetne DA-vezérlő (DA Controller, DAC).

A BTS-ek néhány kilométeres hatósugara azt jelenti, hogy minden városban van legalább egy, nagyvárosokban pedig több bázisállomás. Kereskedelmi szolgáltatások felfedezése esetén is megfelelő lenne, ha a DA-k ilyen sűrűségben helyezkednének el, a DA-vezérlők pedig négyszer tíz kilométeres körzetet fognának át.

A legfelső szinten elhelyezkedő elem – mely mobil hálózat esetén az MSC – feladata az lenne, hogy a DAC-ken keresztül összefogja egy egész ország kereskedelmi információs hálózatát. Mivel ez az elem a DAC-keket vezérelné, a neve lehetne DAC-vezérlő (DAC Controller, DACC). Feladata – az MSC-hez hasonlóan – az lenne, hogy tárolja az előfizetők adatait, illetve hitelesítést végezzen. Az előfizetők ebben az esetben azok az eladók lennének, akik termékeiket szolgáltatás-felfedezés segítségével szeretnék hirdetni. Hitelesítésre pedig azért van szükség, hogy a vevő biztos lehessen benne, hogy a hirdetett termék valóban annál az eladónál kapható, amely a hirdetésben szerepel.

Ahhoz, hogy a rendszer az egész interneten működjön, szükség van még egy elemre, mely a DACC-keket fogja össze. Ennek a neve az előzők alapján akár DACC is lehetne. Az egész világon egyetlen DACC lenne, és az országhatárokon átnyúló kereséseket bonyolítaná le.

Mivel nagy kiterjedésű rendszerről van szó, ezért a hirdetéseken kívül a DA-knak is kell tartalmazniuk földrajzi információt (melyik városban található), valamint a bejegyzett termékek típusát. Ezeket az adatokat továbbítaniuk kell a DAC-khez, majd azoknak a fentebb

csomópontokhoz. Így egy felhasználó bármely ország bármely városában eladásra kínált termék adataihoz hozzájuthat. A globális lehetőségektől függetlenül azonban az emberek valószínűleg továbbra is saját lakóhelyükön fognak leginkább vásárolni, mivel a szállítási költségek pluszkiadást jelentenek.

Egy példán keresztül nézzük meg, hogyan egyszerűsítene le a vásárlást ez a rendszer! Képzeli el, hogy egy kisvárosban lakunk, melyben működik a kereskedelmi szolgáltatásfelfedezés rendszere, és be szeretnénk vásárolni! Ha tökéletesen tájékozódni szeretnénk a piaci viszonyokról, csupán el kell indítanunk az UA-t, és meg kell adnunk a megvásárolni kívánt termékek típusát. Az UA csatlakozik a DA-hoz, és lekérdezi a termékek jellemzőit. A kapott eredményeket rendezzi, és gyorsan kiválaszthatjuk, hogy egy adott árut melyik üzletből szeretnénk megvásárolni. Természetesen ma még csak úgy tudnánk ezt megoldani, ha végigjárnánk a város összes üzletét.

A gyorsaságon kívül egy másik előnye is van a felfedező módszernek: az UA-t bármikor és bárhol konfiguráció nélkül tudjuk használni, vagyis csupán annyit kell tennünk, hogy letöltünk valahonnan egy UA-t, és elindítjuk. Sőt, ha hordozható számítógépünk van, azt a világon bárhova elvihetjük, és mindenféle átállítás nélkül használhatjuk a felfedező klienst. Ráadásul még az sem fordulhat elő, hogy a kliens kiesik az összes DA hatósugarából, ahogy az a mobiltelefonoknál megeshet.

Ma még szinte lehetetlen lenne egy ilyen rendszert megvalósítani, mert az IPv4 protokollban a többesküldés opcionális, ezért sok router még ma sem tudja továbbítani a multicast-csomagokat. Az IPv6-ban azonban a többesküldés már kötelezően megvalósítandó funkció, és várható, hogy néhány éven belül a szolgáltatásfelfedezés az interneten szinte minden tevékenység alapja lesz.

Irodalomjegyzék

1. Jaskó Szilárd: Bluetooth szolgáltatásfelfedező protokoll „közérthető” ábrázolása, Híradástechnika, LVII. évfolyam, 2. szám, 2002. február
2. John Veizades: Current Meeting Report, 1990. december (<http://www.ietf.org/ietf/svrloc/svrloc-minutes-90dec.txt>)
3. E. Guttman, C. Perkins, J. Veizades, M. Day: Service Location Protocol, Version 2, RFC2608, 1999. június
4. Weibin Zhao: Locating Internet Telephony Gateways via SLP, Internet Draft (draft-zhao-iptel-gwloc-slp-04.txt), 2002. március 25.
5. John Scourias: Overview of the Global System for Mobile Communications (<http://ccnga.uwaterloo.ca/~jscouria/GSM/gsmreport.html>)

A Bluetooth logikai kapcsolatvezérlő protokolljának elemzése és leírása

DULAI TIBOR

Veszprémi Egyetem, Műszaki Informatikai és Villamosmérnöki Önellő Intézet,
Információs Rendszerek Tanszék

Reviewed

A cikk a vezeték nélküli rövid távú digitális kommunikációra alkalmas Bluetooth rádiófrekvenciás átviteli technológiának, annak központi funkciókat ellátó protokolljának, a Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP) ismertetésén, elemzésén túl a megvalósításhoz szükséges leírást és annak (más protokoll esetén is alkalmazható) számunkra bevált menetét is megadja.

1. Bevezetés

A digitális információcsere rövid távú átvitel formájában jelentkezik. Ezekre kifejlesztett technológiák közül az egyik legígéretesebb a SIG csoport által 1998-ban kifejlesztett Bluetooth rendszer, mely összefogja az eddig kidolgozott fontosabb kommunikációs protokollokat rádiós célra. Alkalmazható vezetékes vagy mobil internet (IP, WAP) csatlakozásra, mint pl. fax, modem, IP-telefon, vagy akár szerver-kliens viszony alapján működő szituációkban (bankkártya, PDA).

Ezt a széles körű alkalmazást a logikai kapcsolatvezérlő és adaptációs protokoll (L2CAP) protokoll-multiplexelése teszi lehetővé, mely ezen kívül még számos értékes szolgáltatást nyújt.

A rendszer megvalósításához, fejlesztéséhez, paramétereinek környezetfüggő optimalizálásához nem áll rendelkezésre szabadon hozzáférhető rendszerspecifikáció, csak a hivatalos Bluetooth weboldalon [1] hozzáférhető felhasználói szemléletű szabvány. Ennek segítségével a protokollok és azok kapcsolatai ábrázolhatók, és fejlesztőkörnyezettől függően könnyebben-nehezebben a rendszer implementálható. A cikkben az SDL nyelv segítségével mutatjuk be a protokoll leírásának folyamatát, mely nemcsak ebben a konkrét esetben, hanem más valós idejű elosztott dinamikus rendszerek esetében is jól alkalmazható.

2. Rövid hatótávú, kábel nélküli átvitelt megvalósító technológiák

A vezeték nélküli rövid távú kapcsolatokra több megoldás is napvilágot látott, egyes technológiákat már széles körben alkalmazza. Ilyen kiút a kábelek fogságából például a HomeRF, IEEE 802.11, IrDA, Bluetooth technológiák. Közülük az IrDA alkalmaz infravörös fényt át-

viteli közegként, a többi a 2.4 GHz-es ISM sávban rádióhullámok segítségével kommunikál. (Kivételt az IEEE 802.11a képez, mely 5 GHz-en működik.) Felmerül a kérdés: melyik rövid távú jelátviteli rendszer lesz az egyeduralkodó? Valóban hasonló feladatot látnak el, ugyanakkor más-más átviteli helyzetre optimalizáltak, így a speciális feladatok között az alkalmasságuk különböző. Az IEEE 802-ről, melyet a WLAN szabványának alakítottak ki, valamint a Bluetoothról bővebben korábbi számban olvashatnak [3]. Az infravörös fényt alkalmazó IrDA értékeléséhez ismerjük meg főbb sajátosságait a Bluetooth technológiával összehasonlítva (1. táblázat).

	Bluetooth	IrDA
átviteli közeg	2400-2485 Mhz-es rádióhullám	Infravörös fény
látószög	360°	30°
hatótávolság	max. 10 m (erősítéssel 100 m)	max. 1 m
átviteli sebesség	max. 1 Mbps	max. 16 Mbps

1. táblázat

Az IrDA (Infrared Data Association) esetén a kommunikáló eszközök közötti rálátás szükséges a zavartalan adatcseréhez. Ez lehet előny és hátrány is, mely teljes mértékben az alkalmazás elvárásaitól függ. Elektronikus bankkártya kiolvasása esetén a kis látószög és a rövid (1 m-es) hatótávolság már a fizikai szinten hozzájárul az adatátvitel biztonságához.

A Bluetooth a fenti körülményekre nehezebben alkalmazható, mint az IrDA. Ugyanakkor a rádióhullámok irányfüggetlensége lehetővé teszi, hogy amikor a két eszköz egymás közelébe ér, a kommunikáció elke-

dődjön, így azok egymást szinkronizálják anélkül, hogy tulajdonosaik kivették volna mobilkészüléküket a zsebükből. Ez a tulajdonság, kiegészítve azzal, hogy az adatcserét végző eszközöknek nem kell fixen egy pozícióban állniuk a szinkronizációhoz, mint az IrDA esetén, hanem a felhasználó szabadon mozoghat, a mobilitás hatalmas előnyét nyújtja a Bluetooth-eszköz tulajdonosainak. Így több készülék léphet kapcsolatba egymással azonos csatornán, hálózaton (a Bluetooth piko-hálózatát) kialakítva. [3]

A két rendszer jelenlegi állapotában kiegészíti egymást. Az IrDA fejlesztőcsoportja kidolgozott egy felsőbb rétegbeli protokollt (OBEX, Object Exchange) a viszonyrétegben, mely az adatok (objektumok) cseréjéről gondoskodik függetlenül attól, hogy Bluetooth vagy IrDA van alatta, így az alkalmazások hordozhatóvá váltak a két rendszer között.

Az 1990-es évek második felében teret hódító személyi hálózati eszközök a szabványosító szervezetek figyelmét is a WPAN (Wireless Personal Area Network) felé fordította. Az IEEE javaslatára a 802.11-es WLAN-nal foglalkozó munkacsoport 1998 márciusában megkezdte egy rövid hatósugárban alkalmazott személyi kommunikációs eszközökre érvényes WPAN szabvány előkészítését. A vizsgálatban a személyi hálózati eszközökre jellemző következő tulajdonságokat tartották szem előtt:

- kb. 10 méteres távolság áthidalása,
- 1 Mbs-ig terjedő átviteli sebesség (sávszélesség),
- közvetítő közegként a 2.4 GHz-es ISM sávbeli rádióhullámok használata.

Az akkoriban elkészült Bluetooth specifikáció a 802.15-ös csoport céljaival azonos környezetre hasonló követelményeket fogalmazott meg, így a Bluetooth technológiát kifejlesztő SIG felajánlotta a szabványát WPAN szabványnak. Az azonos célok és a WPAN technológiák egységének megőrzése érdekében a 802.15-ös munkacsoport a SIG ajánlatát elfogadta és saját szabványát a Bluetooth specifikációja alapján készítette el 802.15.1 néven. Ezzel a Bluetooth vezeték nélküli technológia jogosan válhat vezető WPAN technológiává. [2]

3. A Bluetooth

Általános jellemzők

A címben említett technológia egy a X. században élt és a viking birodalom felvirágoztatásáért felelős király nevét viseli. Ennek segítségével lehetővé válik a valódi mobilitás megvalósítása ott, ahol ez szükséges vagy előnyös. Eszközeink vezetékek helyett rádiófrekvencián tartják a kapcsolatot egymással.

A technológia szabványosításáért, fejlesztéséért felelős csoportot – mely a SIG (Bluetooth Special Interest Group) nevet viseli (Ericsson, Nokia, IBM, Intel, Toshiba) – 1998 elején alapították. Jelenleg kb. kétezer vállalkozás a tagja. [1]

A rendszer a 2.4 GHz-es ISM (Industrial-Scientific-Medical) sávban működik FHSS-t (Frequency Hop Spread Spectrum) alkalmazva, 79 (egyes országokban 23) csatornán maximális 1600 ugrás/mp ugrási sebességgel.

A Bluetooth protokoll a vonalkapcsolás (SCO - Synchronous Connection-Oriented) és a csomagkapcsolás (ACL - Asynchronous Connection-Less) kombinációját használja. Létrehozhat aszinkron adatcsatornát, képes három szimultán szinkron hangcsatornán átvitelre, vagy egy csatornán akár szinkron hang- és aszinkron adatátvitelt is megvalósíthatunk vele. Minden egyes hangcsatorna egy 64 kb/s átvitelű csatornát jelent mindkét irányban, az aszinkron csatorna pedig maximum 723.2 kb/s sebességet biztosít (visszirányban maximum 57.6 kb/s járul még ehhez), szimmetrikus esetben ez 433.9 kb/s-t jelent.

A rendszer mind pont-pont, mind pont-több pont kapcsolatot képes kialakítani. Az utóbbi esetben egy csatornát több Bluetooth-eszköz használ. Az azonos csatornán osztozó készülékek pikohálózatot alkotnak. Egy pikohálózatban egy készülék master szerepet kap, megszabja a csatorna hozzáférést, a többi eszköz a slave. Pikohálózatonként a slave eszközök maximális száma hét, de a masterrel szinkronban maradhatnak további készülékek parkolóállapotban, bár így aktívan nem szerepelhetnek. Az FHSS frekvenciasorozatát a master határozza meg. A nagy ugrási sebesség és a kis csomagméret adja a rendszer robusztusságát. Az ugrássorozatnak pikohálózaton belül azonosnak kell lennie, ezért a hálózatban lévő eszközöknek idő- és ugrásszinkronban kell lenniük a csatornával. Egy készülék több pikohálózatban is részt vehet idő-multiplexeléssel, így egy pikohálózat mastere egy másik pikohálózatban slave szerepet is betölthet. A Bluetooth történetéről és jellemzőiről részletesebben dr. Sárkány Tamás tollából is olvashatunk [4].

Bluetooth alkalmazások

A Bluetooth technológiának eredetileg a kábeleket helyettesítő szerepet szánták. Használhatjuk asztali vagy hordozható számítógépek, digitális kamera, fényképezőgép, billentyűzet, nyomtató, egyéb I/O eszközök összekapcsolására, például mérőberendezésektől adatokat gyűjthetünk be mobiltelefonunkra, de alkalmazható automatizált gyártórendszerek esetén is. Jelenlegi, talán legelterjedtebb alkalmazása a mobiltelefon és kiegészítői (pl. headset) közti kapcsolat létrehozása.

Másik előnye az alkalmazások területén, hogy a saját Bluetooth eszköz minden felhasználónak egyéni, számára kialakított interfészt biztosít. Ennek következtében például a fogyatékosok is tudják használni az egyébként nekik nem megfelelő perifériákat, rá tudnak csatlakozni az általuk használni kívánt gépre a Bluetooth eszközükkel, és az így létrejövő hálózat segítségével a hátrányos helyzetűeknek megfelelően kialakított saját készülékükkel vezérelhetik a hardvert, amin dolgozniuk kell.

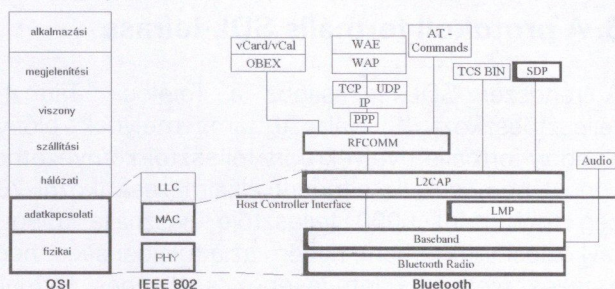
Jelentős alkalmazások forrása a Bluetooth ad hoc hálózatalakító szerepe. Segítségével vezeték nélküli (kisebb kiterjedésű) hálózatok alakulhatnak, melyek akár a vállalati telefonszámok csökkenését is eredményezhetik. [5]

A Bluetooth tulajdonságai nemcsak a hagyományos távközlési megoldások helyettesítésére, hanem új távlatok megnyitására is lehetőséget ad. A rövid távú átvitelt kihasználva lehetővé válik a repülőgépeken mobiltelefonok, laptopok és egyéb mobil kommunikációs eszközök használata, melyek eddig tiltva voltak az esetleges interferencia miatt.

A mobiltelefonok és egyéb személyes információkat tartalmazó eszközök hálózatba kapcsolása, és hogy bárki könnyen elérheti, ismét (akárcsak az internet terjedésével) fontos biztonsági kérdéseket vetnek fel. Gondoljunk csak a Bluetooth eszközzel való bankkártyás tranzakcióra. A jövőben valószínűleg a WPAN eszközök esetén is fontos szerepe lesz a hatékony tűzfal szoftvereknek és egyéb biztonsági rendszereknek is az alkalmazott kódolás mellett.

A Bluetooth rétegei

A Bluetooth esetén is az egyszerűbb fejleszthetőség és illeszthetőség miatt funkcióiban, szolgáltatásaiban elkülönülő, egymásra épülő rétegekben valósították meg a rendszert. Az OSI modellel és az IEEE 802-es szabványcsalád rétegeivel összehasonlított hálózati architektúrája a következő (1. ábra):



1. ábra

A Bluetooth hardverben a hagyományos OSI rétegek közül a fizikai réteget és az adatkapcsolati réteg közegelőzési alrétét valósították meg. Ezeket a rétegeket definiálja az IEEE 802-es szabványcsalád is.

A fizikai réteg szerepét a Bluetooth Radio képviseli. Központi szerepben az adatkapcsolati rétegben elhelyezkedő logikai kapcsolatvezérlő protokoll, az L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol) van. Az L2CAP-nek alkalmasnak kell lennie protokoll multiplexelésre, lehetővé téve a felette futó alkalmazások sokféleségét. Az L2CAP csomagok fejlécében egy mező jelzi, milyen protokoll adatait továbbítja. A Bluetooth szállítási rétegének protokollja. Az RFCOMM protokoll soros port(ok)jait emulálja. Erre a szállítási rétegre épülve a Bluetooth technológia alkalmazható IrDA-val

ellátott eszközökre (OBEX protokoll), mobil (WAP) és vezetékes internetet nyújtó készülékekre (IP protokoll), kiszélesítve a Bluetooth lehetőségeit. A fentebb említett ACO és SCL kapcsolatok közül az L2CAP csak az ACL kapcsolatokat kezeli, így az audiocsatornák a Baseband SCO kapcsolatain futnak.

A hálózati architektúráról, kiemelve az SDP-t, részletesebben a februári számban olvashatnak [6].

4. Az L2CAP protokoll szolgáltatásai

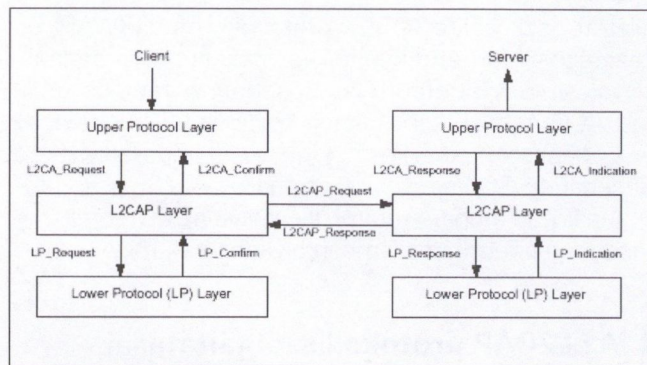
A kapcsolatorientált vagy kapcsolatmentes adatátvitel, a protokoll multiplexelés, csomagok szétbontása és összeállítása, a kapcsolat minőségének kontrollálása, csoportok képzése és kezelése, valamint 64 kbyte méretig L2CAP csomagok adása és vétele tartozik a protokoll felsőbb rétegeinek nyújtott szolgáltatásai közé. Mind az adatkapcsolati rétegben helyezkedik el. Amíg az ugyanitt található LMP (Link Manager Protocol) csak vezérlőüzeneteket küld, addig az L2CAP a felsőbb protokolloktól kapott adatokat csomagolja és továbbítja. Protokollmultiplexelésre azért van szükség, mert a fizikai (esetünkben Baseband) rétegben nincs megoldva a különböző felsőbb rétegbeli protokollok megkülönböztetése a PDU-ba ágyazott típusmezőben, ezért ezek közt az L2CAP-nak kell különbséget tennie.

A Baseband réteg által használt csomagok méretei korlátozva vannak, az engedélyezett maximális méretű csomagok (MTU – Maximal Transmission Unit) határozzák meg a hatékony sávhasználatot, ugyanakkor a felsőbb rétegek nagyobb csomagméretekkel dolgoznak. Így elengedhetetlen a felsőbb réteg csomagjainak feldarabolása Baseband MTU-kra, valamint a vett Baseband-csomagok egyesítése a felsőbb rétegekben elfogadott méretekre a hatékony munkához (SAR – Segmentation and Reassembly).

A protokoll lehetőséget ad a Baseband által kialakított hálózaton, a Bluetooth pikohálózaton belül csoportok kialakítására, ennek segítségével ezeken a csoportokon belüli eszközök egyszerre címezhetők.

5. A rendszerkövetelmények meghatározása, protokollelemzés

Az információt cserélő eszközök L2CAP protokolljai PDU-k segítségével irányítják egymást, az egyes készülékek L2CAP rétegei pedig az alattuk vagy a felettük elhelyezkedő rétegekkel a megfelelő szolgálati primitívek által tartják a kapcsolatot. Az L2CAP protokoll kiterjesztett véges automata modell szerint ábrázolható: adott állapotban beérkező kommunikációs esemény (szolgálati primitív - SP, protokoll adategység - PDU) hatására (esetleg predikátumok kiértékelése után) valamilyen akciót végrehajtva egy új (vagy a kiindulással azonos) állapotba ugrik. A kommunikáció ábrázolására tekintsük a következő ábrát:



2. ábra

A kérés kezdeményezője a kliens, a kiszolgáló (válaszoló) a szerver. A szolgálati primitívek jelölésében az alsó protokoll prefixét használjuk (pl. L2CA), a PDU-k jelölésében a protokoll prefixét a P=Protocol taggal egészítjük ki (pl. L2CAP). A felsőbb rétegből származó események a kérések (Request=Req), a neki megfelelő válaszok a megerősítések (Confirmation=Cfm), míg az alsó rétegből eredő események a bejelentések (Indication=Ind), az általa kiváltott esemény a válasz (Response=Rsp). Előfordul, hogy a válasz pozitív ugyan, de további számítások szükségesek még, a kérést azonban értesíteni kell a pozitív eredményről, mielőtt az időzítő lejár, ezt hivatott tudatni a függő válasz (Pending=Pnd, pl. L2CAP_ConnectCfmPnd). A negatív választ a „Neg” tag jelöli, pl. L2CAP_ConnectRspNeg.

A réteg fő funkciói a kapcsolatfelépítés, -lebontás, valamint a csatorna minőségi jellemzőinek kialakítása köré szerveződnek, mivel alapvető feladata az érkező adatok továbbítása. Ezt tükrözik a SIG oldaláról letölthető specifikációból megismerhető állapotok, szolgálati primitívek és PDU-k is. Segítségükkel készíthető az állapotátmeneti táblázat, majd rajzoltam fel az állapotátmeneti gráfot, melyben mind a master, mind a slave viselkedése egyszerre van ábrázolva.

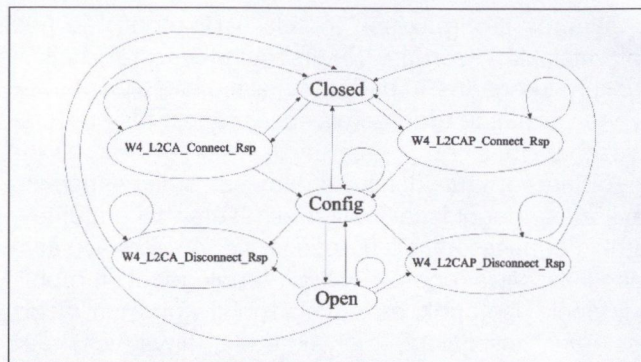
Az állapotátmeneti táblázat esetünkben 58 állapotátmenetet tartalmaz, melyből csak szemléltetésként emeltem ki egy sort, mely egy állapotátmenetet jellemez (2. táblázat).

No.	Esemény	Állapot 1.	Akció	Állapot 2.
17.	L2CA_Config Req	W4_L2CAP_Connect_Rsp	L2CAP_Config Req	Config

2. táblázat

Az állapotátmenetek táblázatba foglalása alapján könnyen megrajzolható az állapotátmeneti gráf (3. ábra).

Ez a gráf a táblázattal együtt már képet ad arról, hogy adott állapotban megfelelő bemenet milyen akciókat vált ki és milyen állapotba következik be az átmenet. Tehát a kiterjesztett véges automata modell-



3. ábra

nek L2CAP-ra érvényes formája rendelkezésünkre áll a kommunikációs jelek és állapotátmenetek oldaláról. Problémája ennek az ábrázolási módnak a nehéz átláthatóság, amit a túlsúfolt ábra okoz. Nagyobb rendszerek esetén többoldalas állapotátmenettel számolva ez az ábrázolásmód teljes mértékben kezelhetlenné válik. Ennek ellenére a gráfnak nagy hasznát vesszük az elemzés és a specifikáció validálása során.

Ezzel szemben SDL [7] esetén az egyes állapotátmenetek külön-külön vannak ábrázolva, lehetőséget adva egy adott állapotból kiindulva az összes onnan induló átmenet könnyű áttekintésére. A gráf által kapott eredményt felhasználva a rendszer SDL leírása könnyebbé vált: ismertek az állapotok, az egyes állapotok esetén a ki- és bemeneti jelek, valamint ezekkel összefüggő következő állapotok.

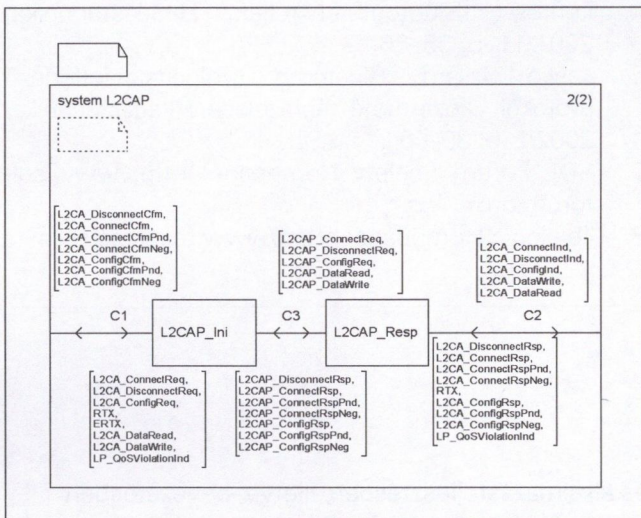
6. A protokoll formális SDL-leírása

A rendszer SDL leírásához a Telelogic Tau 4.1 fejlesztőeszközt [8] választottam, melynek előnye a többi, formális nyelvekre írt fejlesztői környezethez képest nemcsak az elterjedt alkalmazása (közel 700 cég több mint 6000 fejlesztője használja főleg a távközlési szektorban), hanem az a tulajdonsága, hogy a teljes életciklus lefedéséhez szükséges formális nyelvek implementációit integrálja. Segítségével mind grafikus, mind szöveges módban elkészíthetjük a tervezői-fejlesztői részt SDL nyelven, ábrázolhatjuk a kommunikációt dinamikus MSC-ben (Message Sequence Chart) –, mindezen diagramok interaktívan szerkeszthetők – majd a tervezés validálásához automatikus forráskód előállítására, a verifikációhoz tesztesetek generálására és szimulációjára is lehetőséget ad, melynek sikere esetén a futtatható kód automatikusan képezhető vele.

Jelen esetben az SDL segítségével ábrázolt rendszert a két fél L2CAP protokollja jelenti, az azok közti kommunikációs jelek és az egyes elemek belső funkciói teljes mélységében leírhatók. Az SDL leírás hierarchikusan épül fel. A hierarchiaszintek meghatározásához a rendszerspecifikációt vettem alapul, így legcélszerűbb a legfelső szinten a két kapcsolatban lévő L2CAP réteget, a köztük és a környezetükkel zajló

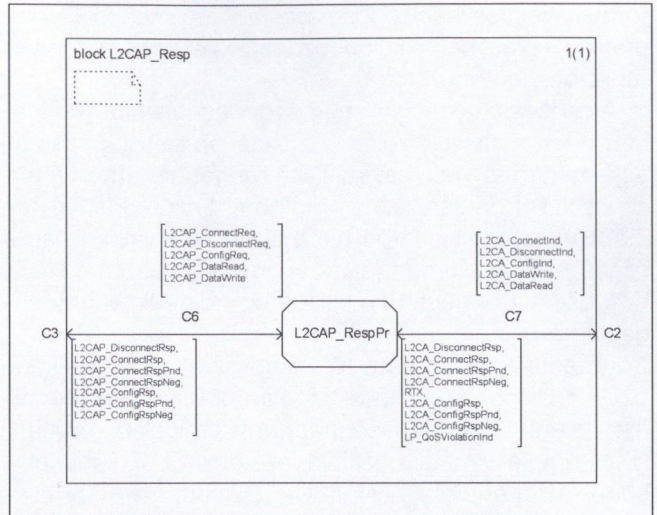
kommunikációt ábrázolni. Ekkor rendszerszinten nem veszünk el a részletekben, a megjelenítés könnyen átlátható és csak a leglényegesebb kommunikációs elemeket emeljük ki. A következő szinten az egyes L2CAP rétegeken belül zajló processzek közti kölcsönhatást ábrázolom, jelen esetben rétegenként egy-egy processz szerepel, ezek működését a legalsó, processz-szintű leírás hivatott bemutatni.

Legfelső szinten a rendszerszintű leírás helyezkedik el (4. ábra) a kommunikáló felek, azaz a két Bluetooth eszköz L2CAP rétege, az általuk használt jelek, valamint az információcserét végző egyedek közötti, FIFO elven működő csatornák ábrázolásával. Esetünkben az ábra jól mutatja a rendszerszintű két elemet (master = L2CAP_Ini, slave = L2CAP_Resp), a közöttük zajló kommunikációban használt PDU-kat, valamint az átviteli csatornákat. A C3 csatornán keresztül a két eszköz L2CAP rétege tartja a kapcsolatot egymással, míg C1 és C2 segítségével az egyes készülékek L2CAP rétegei és a felettük és alattuk elhelyezkedő rétegek kommunikálnak a szolgálati primitívek segítségével. A felsőbb, valamint az alsóbb rétegek jelentik a rendszer környezetét.

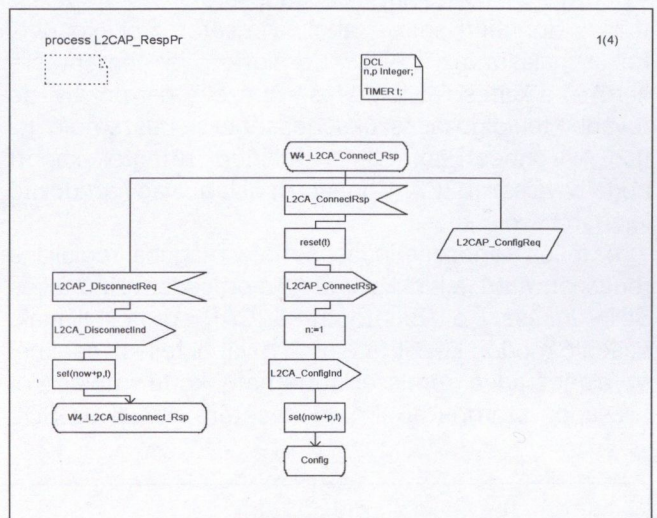


4. ábra

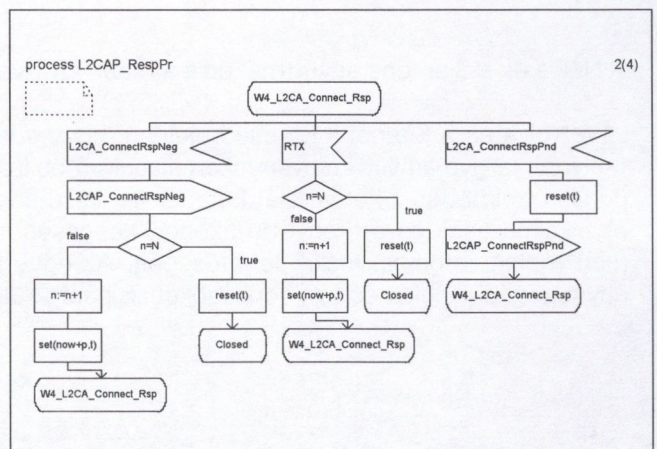
A következő hierarchiaszinten a két főszereplőt (master és slave L2CAP rétege) tovább bontva a blokk szintű leírás processz-kölcsönhatásait adom meg (5. ábra), mely az egyed belső felépítését, a magába foglalt funkcionális egységeket (processz) és azok kommunikációs útvonalait, az adatcserére használt jeleket mutatja be. Példaként az L2CAP_Resp blokk diagramját nézzük meg (5. ábra). Az ábra jól szemlélteti, hogy a blokk egyetlen processzt tartalmaz. Megfigyelhetők a kommunikációhoz használt, FIFO elven működő jelutak (C6,C7), azok kapcsolata a rendszer szinten ábrázolt csatornákkal, valamint a rajtuk szállított jelek típusa és irányítottsága. A processz-szinten (6. 7. ábra) ábrázolom az L2CAP rétegek belső viselkedését (jelek fogadása, küldése, akciók és állapotátmenetek), a réteg jellemzőinél leírt szolgáltatások



5. ábra



6. ábra



7. ábra

megvalósításának módját. A következőkben vizsgáljuk meg a processz-szintű leírás egy részletét:

Minden processz egy különálló véges automatát jelent, melyek egymással információt cserélve alkotják a tényleges rendszert. Az automaták viselkedésének

formális leírása viselkedésgráffal adható meg, melynek grafikus leírásában a különböző rajzos elemek más-más funkciót jelentenek.

A processz leírásánál egy szövegdobozban definiálom a használt változókat. Az *n* az ismétlések számát adja meg, melynek maximálisan megengedett értéke a kapcsolat bontása előtt implementációfüggő; *p* az időzítő beállítása esetén használt időintervallum nagyságát, *t* pedig a timert jelenti. A kiemelt részlet a slave *W4_L2CA_Connect_Rsp* állapotból kiinduló lehetőségeit ábrázolja.

Amennyiben a mastertől a kapcsolat bontását kéri *L2CAP_DisconnectReq* PDU-t kap, a felsőbb rétegnek ezt jelenti *L2CA_DisconnectInd* szolgálati primitív segítségével, majd beállítva az időzítőt a kapcsolat bontását megelőző *W4_L2CA_Disconnect_Rsp* állapotba megy át.

Hasonló módon ábrázolható a felsőbb rétegtől indított, a kapcsolat elfogadásáról szóló válasz (*L2CA_ConnectRsp*) – ahol a csatornáról későbbi felhasználásra az *L2CAP_ConfigReq* jel lementésre kerül –, a kapcsolat felépítéséről szóló, bár pozitív, de további feldolgozás szükségességéről beszámoló jel (*L2CA_ConnectRspPnd*), a felsőbb rétegtől kapott negatív válasz (*L2CA_ConnectRspNeg*), vagy az időzítő lejártáról szóló jel is.

A teljes rendszer leírása, mely magába foglalja a rendszerszintű, a blokk szintű és a processz-szinű teljes SDL leírását a Bluetooth L2CAP protokolljának, hasonló módon készíthető el. A további fejlesztéseknél ez alapot ad a rendszer futtatható kódú implementálásához számos alkalmazás esetére, mivel az SDL

absztrakt adattípusa megengedi, hogy a dinamikus viselkedés specifikálása után adjunk meg adatszerkezeteket teljes mélységben, melyek az egyes felhasználási esetekben különbözők lehetnek. Ennek értelmében a fenti SDL-leírás univerzálisnak tekinthető, melyet a különböző alkalmazások esetére lehet specializálni az adatszerkezetekkel.

Az alkalmazott módszer tetszőleges valós idejű interaktív, dinamikus rendszer esetén jól alkalmazható, hasznos eljárás a protokolltechnológiában.

Irodalomjegyzék

1. SIG Homepage: <http://www.bluetooth.org>
2. Brent A. Miller, Chatschik Bisdikian: Bluetooth Revealed: The Insider's Guide to an Open Specification for Global Wireless Communications. Prentice Hall - PTR, 2000.
3. Kubinszky Ferenc: Kis hatótávolságú, vezeték nélküli ad hoc hálózati technológiák. Híradástechnika, 2001/8. p. 4–8.
4. Dr. Sárkány Tamás: BLUETOOTH, vezeték nélküli átvitel mobilkészülékek között. Híradástechnika, 2001/6. p. 37–39.
5. Dr. Sárkány Tamás: Vállalati telefonszámlák csökkentése Bluetooth-átvitellel. Híradástechnika, 2001/11. p. 35–36.
6. Jaskó Szilárd: Bluetooth szolgáltatásfelfedező protokoll „közérthető” ábrázolása. Híradástechnika, 2002/2. p. 39–45.
7. SDL Forum Society Homepage: <http://www.sdl-forum.org>
8. Telelogic Homepage: <http://www.telelogic.com>

Hírek

A Nokia és a Siemens együttműködik a mobil szoftver- és alkalmazásfejlesztésben, illetve -bevezetésben

A Nokia és a Siemens Mobile bejelenti, hogy a két vállalat együttműködési keretmegállapodást kötött, melynek tárgya a nyílt szabványokon alapuló mobilterminál-szoftver létrehozása és bevezetése. A megállapodás értelmében a két vállalat kutatásokat kezd annak érdekében, hogy maximalizálják a mobilkészülékek és alkalmazások közötti együttműködési képességet, ezzel bővítve a hálózatüzemeltetők, -fejlesztők, valamint mobiltelefon-használók lehetőségeit. Az együttműködés célja, hogy meghatározza és elősegítse az egységes funkciókat és tulajdonságokat az iparág különböző mobilkészülék-osztályaiban.



A montreali egyetem kutatói 36 000 gépjármű-vezetői jogosítvánnyal rendelkező kanadai (Quebec tartomány) autós mobilhasználatát vették górcső alá. Megállapították, hogy a vezetés közbeni mobiltelefonálás alatt fenyegető súlyos baleset veszélye a beszélgetés időtartamával együtt növekszik. Akik gyakran használják mobiltelefonjukat vezetés közben, kétszer veszélyeztetettebbek, mint a ritkán beszélgetők.

OSPF útvonalválasztó protokoll vizsgálata

CSORBA J. MÁTÉ–PALUGYAI SÁNDOR*–MISKOLCZI JÁNOS**

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Távközlési és Telematikai Tanszék

Nagy sebességű Hálózatok Laboratórium

**Ericsson Magyarország Konformancia Laboratórium

Reviewed

Az OSPF (Open Shortest Path First) protokoll fejlesztése 1987-ben kezdődött. Egyike volt az első olyan protokolloknak, melyeket teljes egészében az IETF fejlesztett ki. A fő cél egy olyan új dinamikus útvonalválasztó protokoll kidolgozása volt, amely csak kis hálózati többletforgalmat generál és számításgénye is a lehető legkisebb [10].

Protokolltechnológia és tesztelés

Ahhoz, hogy a világ távközlési rendszere megfelelően működjön, a kisebb részegységeknek egymással hiba nélkül kell kommunikálniuk. Az egységek egymással protokollok (kommunikációs szabályok) segítségével tartják a kapcsolatot. A hibátlan működés feltétele, hogy ezen protokollok, bárhol is készültek, együtt tudjanak működni. Ezeket a szabályokat nemzetközi ajánlásokban rögzítik, s az OSI rendszerbe illő berendezéseknek és programoknak ezen ajánlásoknak eleget kell tenniük. Két fő problémával kell szembenéznünk:

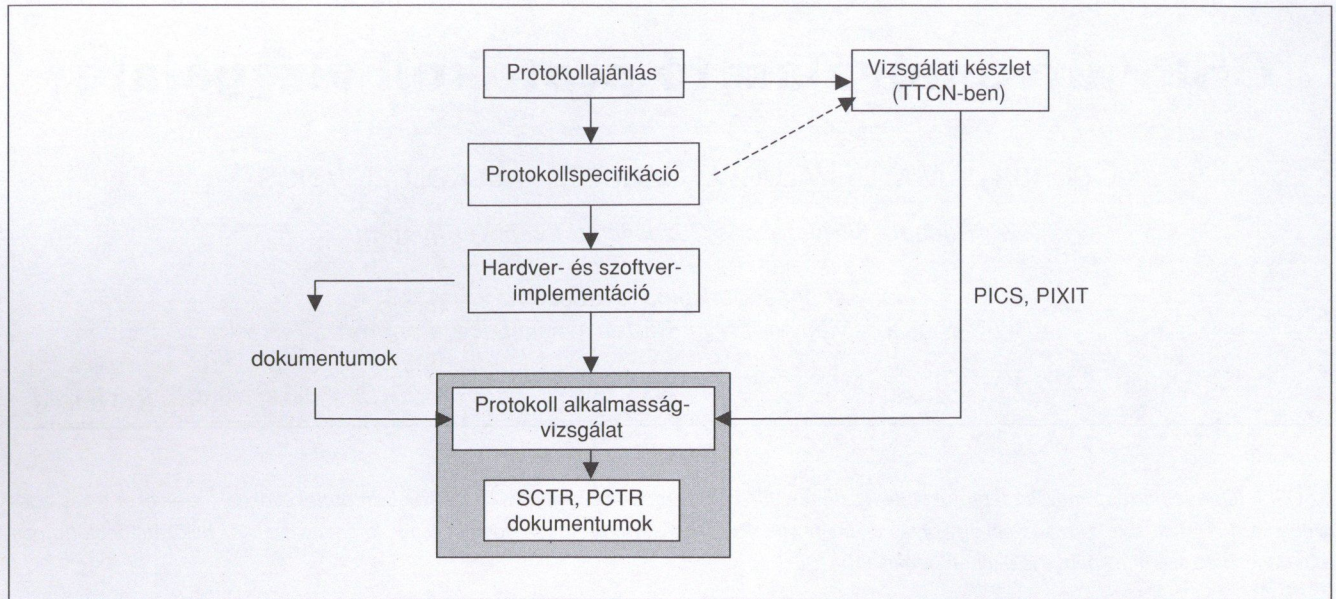
- nincs olyan egzakt leírási mód, melyet használva a
- protokollok specifikációját mindenki ugyanúgy értelmezne,
- hogyan bizonyosodunk meg arról, hogy a kész protokoll valóban megfelel-e az ajánlásban rögzítetteknek (konform-e azzal)?

Az első probléma tehát a protokollok kommunikációs szabályainak leírása. Ha kitalálnak egy új protokollt, azt először alkalmazzák (esetleg több helyen), majd ezután, ha jól működik, leírják működését, s ezen dokumentumot hívják ajánlásnak. A probléma az, hogy a leírás természetes nyelven történik, s mint ilyen, rengeteg félreértésre adhat okot. Léteznek olyan ajánlások, melyekben használnak állapotábrákat (ahol a protokollok állapottai, s ezen állapotokhoz tartozó ki/bemenő jelek vannak feltüntetve), vagy a működés egyes részeit specifikációs nyelven mutatják be általában SDL-ben. De ezek is csak egy részét írják le a protokoll működésének, így nem tekinthetők az ajánlás meghatározó részének.

A második probléma elég szorosan kapcsolódik az elsőhöz. Ha szeretnénk képet kapni arról, hogy egy protokoll mennyire felel meg a nemzetközi ajánlásnak, akkor nincs más dolgunk, mint írni egy programot (valójában programok sorozatát), ami a szabványban le-

írtak szerint bizonyos üzenetekkel ostromolja a vizsgálandó protokollt és ellenőrzi az érkező válaszokat. Ezután eldönti, hogy az adott helyzetre a protokoll megfelelően reagált-e. Jó, ha létrehozunk egy olyan dokumentumot, mely tartalmazza a tesztek leírását. Ez a dokumentum segíti a megfelelő mérőhálózat megalkotását és az útvonalválasztók beállítását is. Csakhogy – és itt találkozunk az előző problémával – ezeket a teszt-leírásokat szintén a nemzetközi ajánlásból kell előállítanunk, s ismét van esély félreértelmezésre.

Ha meg akarunk valósítani egy protokollt az ajánlás alapján, akkor ezt érdemes először valamilyen specifikációs nyelven leírni. Ez több szempontból is előnyös. Ebből már könnyebb előállítani a hardvert működtető szoftvert, és mint már említettük, ezen specifikációból a tesztprogramokat is egyszerűbben származtathatjuk. Készíteni kell két dokumentumot is (PICS és PIXIT), amelyek elengedhetetlenek a megvalósításhoz, valamint elengedhetetlenek a protokoll alkalmasságvizsgálathoz. Ezen dokumentumok szabványos formátuma valójában egy kérdőív. A PICS (Protocol Implementation Statement, Alkalmazásmegfelelőségi adatlap) dokumentum tartalmazza a protokoll azonosítóját és előállítójának adatait is, valamint egy mellékletben a megvalósításra vonatkozó pontos információkat. A PICS tulajdonképpen nem más, mint egy nemzetközi szervezetek által elfogadott kérdőív, de ezt esetleg némileg módosíthatják. A válaszokból kiderül, hogy a protokoll milyen tulajdonságokat, képességeket, opciókat valósít meg. A protokollajánlásban ugyanis vannak kötelező (m – mandatory), feltételes (c – conditional) és opcionális (o – optional) – előírások. Az utóbbi kettőt, mint a nevük is mutatja nem szükséges megvalósítani, bár emiatt valószínűleg csak korlátozottan lesz használható a termék. Annyi csak a dolgunk, hogy a fent említett képességek neve mellé igent, vagy nemet írunk, mert a PICS nagyon pontosan megfogalmazott dokumentum.



1. ábra A protokollfejlesztés főbb fázisai

A másik fontos dokumentum a PIXIT (Protocol Implementation Extra Information, Járulékos alkalmazási információk), mely szintén tartalmazza a protokoll azonosítóját és a gyártó adatait, s ezeken kívül még egy kérdőívet is. Felépítése hasonló a PICS-hez, szintén az üzembehelyezéssel egy időben kell kitölteni. Pontosan meg kell adni ebben a protokoll implementálásakor beállított időzítők, számlálók és egyéb változók értékeit, hiszen ezek nélkül a protokollt nem lehet vizsgálni. A protokollfejlesztés utolsó fázisa a konformancia vizsgálat, majd a megfelelő dokumentumok (SCTR – rendszeralkalmasság tesztjelentés és PCTR – protokollalkalmasság tesztjelentés) kiállítása.

A 2. ábra egy alsó vizsgáló rendszert (LT: Lower Tester) mutat be, melynek neve onnan származik, hogy a vizsgáló rendszer a protokoll alsó kommunikációs határfelületéhez csatlakozik (míg a protokoll felső csatlakozási pontját a vizsgáló személy vezérli egy erre a célra szolgáló interfészen keresztül). A vizsgálandó egyed maga a protokollmegvalósítás (IUT: Implementation Under Test). A tesztelést végző feladata végrehajtható jelsorozatok előállítására, s ezek lépésenkénti

elküldése az IUT-nek, s az onnan kapott válaszok értelmezése.

A protokollalkalmasság ellenőrzése két nagy fázisra bontható: előkészítési és a tényleges vizsgálat végrehajtási fázisára. Az előkészítési vizsgálat annyiból áll, hogy az imént tárgyalt szabványos dokumentumokat áttekintik, vajon azok helyesen és hiánytalanul vannak-e kitöltve, valamint az alkalmazandó tesztkészletet is itt konkretizáljuk. A vizsgáló laboratórium ezek után rátér a tényleges konformancia-ellenőrzésre, amely több fázisból áll.

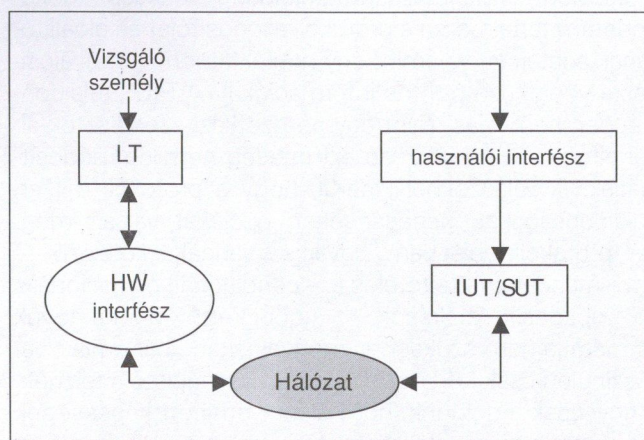
A statikus alkalmassági vizsgálatban a PICS dokumentumot vetik össze a protokollra vonatkozó ajánlással. Hibás az ajánlás kötelező érvényű előírásainak elhagyása, vagy helytelen megvalósítása, illetve az opcionális, vagy feltételes előírások ellentmondásos összeválogatása.

A következő fázisban ki kell választani a vizsgálószorozatot. Több protokollra létezik szabványos absztrakt vizsgálókészlet (ATS : Abstract Test Suite). Ezek olyan protokoll vizsgálatára készültek, melyek teljes egészében megvalósítják az ajánlást. Ha a protokoll nem teljes megvalósítás, akkor a PICS dokumentum alapján ki kell választani azokat a vizsgálószorozatokat, amelyek a vizsgálandó protokollon lefuttathatók.

Ez után vizsgálati készletünket paraméterezzük. Az ATS vizsgálati készlet futtathatóvá tétele azt jelenti, hogy a vizsgáló készlet változói (időzítők, számlálók stb.) a megvalósítás PIXIT dokumentuma alapján kapnak értéket. Ezzel válik alkalmassá a vizsgálókészlet (PETS: Parametrized Executable Test Suite) a konkrét megvalósítás ellenőrzésére.

A vizsgálati ciklus a futtatható vizsgálókészlet sorozatonkénti futtatása, az egyes vizsgálólépések kiküldése, majd a kapott válasz értékelése. A vizsgálati ciklus több részt foglal magában:

- Az alapvizsgálat olyan vizsgáló sorozatok lefuttatását jelentik, amely alapján ki lehet jelenteni, hogy a vizs-



2. ábra Alkalmasságvizsgálati elrendezés

gált eszköz képes kapcsolatot felépíteni és lebontani, valamint a többi alapfunkciót is teljesíti.

- A képességvizsgálat azon teszt sorozatok lefuttatását jelenti, amelyek bizonyítják, hogy a vizsgált eszköz teljesíti mindazon funkciókat, amelyeket az előállító a PICS dokumentumban megadott.
- A viselkedésvizsgálat további teszt sorozatok lefuttatását jelenti, amely azt kívánja bizonyítani, hogy a vizsgált eszköz hibátlanul viselkedik nem várt üzenetek esetén is.

Végül a vizsgálat eredményeként előállítjuk a PCTR és SCTR dokumentumokat.

A konformancia tesztjelentés (PCTR) az alkalmasságvizsgálat eredményét adja meg, feltüntetve a protokoll és a hozzá tartozó dokumentumok (PICS, PIXIT) pontos megnevezését. A jelentés tartalmazza a statikus (PICS és az ajánlás összevetéséből) és a dinamikus (a vizsgálati sorozatok lefuttatásából) származó eredmények összefoglalását, részletesen felsorolja a lefuttatott vizsgálati sorozatokat, s eredményüket, valamint magyarázó megjegyzésekkel egészíti ki őket.

A rendszerre vonatkozó konformancia tesztjelentés (SCTR) egy több protokollból álló rendszer vizsgálati eredményét foglalja össze. A vizsgálat kiterjed a teljes rendszerre, de vonatkozhat egy, vagy több, a rendszer elemeként szereplő protokoll részletes vizsgálatára. Az utóbbi esetben a protokoll(ok)ra vonatkozó vizsgálati eredményeket is szerepeltetni kell a dokumentumban.

Útvonalválasztók

Az adatok (csomagkapcsolt megvalósításnál) csomagokba szervezve haladnak céljuk felé. Eközben a csomagok útját meghatározó útvonalválasztók (routerek) többször is döntési helyzetbe kerülnek a optimális útvonal kiválasztásakor. A választást vezérlő elosztott algoritmusokat hívjuk útvonalválasztó protolloknak.

A hálózat különböző szegmenseit összekötő útvonalválasztók több interfésszel rendelkeznek, ezekhez különböző IP címek vannak rendelve. A csomagok az útvonalválasztó valamely interfészére érkeznek, ahonnan azokat egy másik, csoportcím (multicast) csomag esetében több másik interfészén a célcímre továbbítja. A cél meghatározása az IP fejléc elemzésén alapszik, amely a sorozatos továbbítás során változatlan marad, eltekintve a Hop Limit (avagy TTL) mezőtől, amely a csomag érvényességének időtartamát hivatott hordozni (ez korlátozza, hogy egy tévesen irányított csomag ne keringjen végtelen hosszú ideig a hálózatban). Ezen alpmódszerre épülve több útvonalválasztó protokoll is elterjedt, melyeket rendszerint az ISO/OSI struktúra szerinti harmadik, hálózati rétegbe tartoznak. Az útvonalválasztó protokoll általában igénybe veszi a szállítási réteg szolgáltatásait, a RIP például UDP, a BGP TCP felett fut, az OSPF viszont az IP rétegre épül.

Az útvonalválasztók tartalmazznak egy, a működésükhöz elengedhetetlen adatbázist és útvonalválasztó

(routing) táblát. Ez kétféleképpen jöhet létre. Egy operátor kézzel létrehozza azt, ez esetben beszélünk statikus útvonalválasztásról (routing), de lehet ez automatikus, azaz dinamikus is. A második esetben az útvonalválasztó generál egy táblát, mely útmutatásul szolgál az útvonalválasztás során, és eszközönként egyedi. Ez a tábla figyelembe veszi a hálózat állandó változását, melynek során összeköttetések tűnnek el és újak lépnek a helyükre, útvonalválasztók esnek ki és újabbak lépnek be a hálózatba. Ez esetben annál jobb egy rendszer, minél gyorsabban követi a változásokat, vagyis az angolul convergence time intervallum a legrövidebb. Természetesen ez az idő a hálózat méretének növekedésével elkerülhetetlenül növekszik. Az útvonalválasztó tábla mérete bizonyos esetekben, például az internet gerincét képező útvonalválasztónál nagyméretű is lehet, gyakran a bejegyzések száma 5 számjegyű.

Adott beérkező csomag esetében az útvonalválasztó a saját adatbázisában végrehajt egy lekérdezést az IP fejlécben található célcímre használva kulcsként. Ez alapján megkapja a legjobb ismert útvonalat, amerre az adott csomagot küldenie kell. Az adatbázisban a legtöbb esetben található egy kitüntetett bejegyzés, a default route. Ezt az útvonalat alkalmazza az útvonalválasztó, abban az esetben, ha nem talál egy teljesen specifikált, a célcímnek megfelelő bejegyzést.

Egy útvonalválasztást végző eszköz egyik legfontosabb jellemzője az áteresztő képessége, ezt általában csomagszám/szekundumban fejezik ki. Ezért a gyártók arra törekcsenek, hogy eszközeik minél hatékonyabban, gyorsabban tudják kezelni adatbázisukat (az átirányító táblákat). Ennek érdekében az útvonalválasztó táblák tárolására több megoldás is született, ezek közül a legelterjedtebb a Patricia-fa alkalmazása. Az OSPF protokollt használó útvonalválasztók kiegyenlített bináris fát alkalmaznak.

Az internet útvonalválasztási architektúráján belül fontos egységet képeznek az Autonóm Rendszerek (Autonomous Systems - ASs). Egy AS-be tartozik egy, vagy több útvonalválasztó, amely egy bizonyos szervezet (pl. internetszolgáltató, egyetem) felügyelete alá tartozik.

A protollokat két csoportba soroljuk aszerint, hogy az AS-en belüli, vagy kívüli kommunikációt szolgálják. Egy adott AS-en belül az IGP (Interior Gateway Protocol) vezérlésével történik az adatcsere. IGP, RIP és az OSPF. Mindamellet egy AS-en belül is működhet több különböző IGP. Az azonos IGP-t használó AS részeket nevezzük angol elnevezéssel routing domaineknek. Egy AS több routing domainből állhat.

Az AS-ek közti adatcserét szolgálja az EGP (Exterior Gateway Protocol). Manapság már inkább BGP-t (Border Gateway Protocol) használnak.

A Distance Vector algoritmus

A Distance Vector algoritmus lényege az, hogy minden útvonalválasztó az egyes szegmensekhez tartozó legrövidebb útvonal távolságát és az ehhez tartozó útvo-

nalválasztó nevét jegyzi fel. Előnye az egyszerűsége, hiszen gyorsan felderíthető a hálózat. Hátránya viszont, hogy hálózati kapcsolatok kiesése esetén újra fel kell deríteni a hálózat topológiáját, a korábbi eredmények nem segítik a számolást, ezért ez kissé nehézkes. Az algoritmus használata során az útvonalválasztók elosztott számításokat végeznek. A Distance Vector algoritmus tulajdonképpen elosztott felhasználása a Bellman-Ford legrövidebb út kereső algoritmusnak. Ezért ezt az algoritmust gyakran szokták Bellman-Ford algoritmusnak is nevezni, holott ez nem teljesen jogos, ugyanis a Link-State algoritmus úgyszintén használhatja ezt a gráfelméleti módszert a számításaihoz.

A Link-State algoritmus

Az OSPF protokoll ezen az algoritmuson nyugszik, melynél nem a számítás sokkal inkább az adatbázisok elosztottak. Mindegyik részt vevő útvonalválasztó hozzájárul az adatbázishoz egy szelettel, amelyben leírja saját környezetét, aktív kapcsolatait (link) a lokális IP hálózati szegmenshez, a szomszédos útvonalválasztókat, valamint minden kapcsolathoz egy súlyt (cost) is rendel. Végeredményben az összes útvonalválasztó azonos adatbázissal rendelkezik, amely egyértelműen leírja a hálózat adott felépítését. Az így megszerzett hálózattérkép alapján mindegyik útvonalválasztó lefuttat egy legrövidebb út kereső algoritmust, melyek tipikusan Dijkstra módszerét alkalmazzák.

A Link-State algoritmus előnye, hogy a hálózatban lezajló folyamatos változásokat gyorsabban képes követni. Mindezek mellett speciális felhasználásai is vannak, például ezen algoritmus használatával különböző útvonalak számíthatók különböző típusú IP csomagok (TOS szerint) számára.

A Link-State protokollok működéséhez elengedhetetlen, hogy minden útvonalválasztó minden linkről tudomást szerezzen. Ehhez először a szomszédoknak kell észrevenniük egymást. A szomszédok tájékoztatni tudják egymást a saját interfészeiken keresztül létesített összeköttetésekről, ezáltal a szomszéd szomszédai felé létesített linkekről is tudomást szerezhetnek az útvonalválasztók, ezt folytatva végül minden útvonalválasztó minden linkről tudomást szerez. Ekkor egyensúlyi állapotban (amikor nem létesítenek újabb linket és a meglévők sem hibásodnak meg) minden útvonalválasztó tud az összes összeköttetésről, ezáltal az egyes útvonalválasztók interfészeinek száma is ismertté válik. Minden adat rendelkezésre áll, hogy az összes útvonalválasztó kiszámolja a legrövidebb utakat. Ekkor az OSPF protokoll csak annyi hálózati forgalmat generál, amivel meghatározott időközönként megnyugtatják egymást az útvonalválasztók, hogy semmi változás nem történt.

Az OSPF konformancia vizsgálata

A tesztek egy bizonyos részéhez szükség lehet „valódi” útvonalválasztók használatára. Ugyanis némelyik eset-

ben nem elegendő egy szimulátor programmal megteremthető statikus tesztkörnyezet. Egy ilyen program működése során mindvégig a beállított konfiguráció alapján működik. A konfiguráció átállítása csak a program újraindításával érhető el. Ekkor azonban a szimulált útvonalválasztó ismét alaphelyzetbe kerül. Ezért az olyan teszteknel, amelyek futása során a vizsgált útvonalválasztó (IUT) hálózati interfészeinek állapota változik, kapcsolatok szakadnak meg, vagy épülnek fel, mindegyikben valódi útvonalválasztókat kell alkalmaznunk.

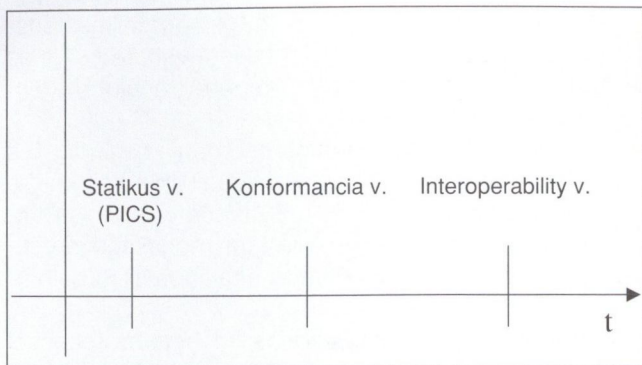
A tesztek írását célszerű az általános konfigurációs paraméterekre kiterjedő vizsgálatokkal kezdeni, így például az IP fejlécstruktúra megfelelőségére, hiszen ezen funkciók működése nélkül nem volna lehetséges az IP csomagba ágyazott OSPF adatok megfelelő kezelése. Itt természetesen az IPv4-es és az IPv6-os struktúra közötti különbségekre tekintettel kell lenni. A ténylegesen OSPF-fel kapcsolatos tesztek első csoportja a Hello protokoll funkcióival, adatstruktúrájával és időzítéseivel kell, hogy foglalkozzon. A harmadik, egyben legnagyobb rész pedig lefedheti a flooding procedúrát, az adatbáziscserét, valamint a szomszédosági viszonyok megfelelő kialakítását is igyekszik megvizsgálni.

Ha csomagtipusok szerint szeretnénk csoportosítani a teszteseteket, akkor az első csoport a Hello csomagok, míg a második a különböző LSA és DD csomagok küldésére és fogadására épül.

A tesztek ezzel azonban még korántsem fedik le a teljes spektrumot. További vizsgálatok szükségesek az OSPFv3-ban újonnan bevezetett LSA csomagok kezelésére. Ezenkívül az alapfunkcióknál komplexebb működések vizsgálata is elképzelhető. Ezek a tesztek már inkább az útvonalválasztók együttműködését (interoperability) vizsgálják. Ilyenek lehetnek például a tényleges útvonalválasztáskor történő számítások helyes-ségének vizsgálatai.

Célunk tehát az OSPFv2-es és OSPFv3-as protokollok konformanciavizsgálatára alkalmas tesztek előállítás volt. Így a megfelelő tesztkészlet birtokában már vizsgálhatjuk a rendelkezésre álló útvonalválasztókat, hogy megfelelő-e a rajtuk működő OSPF protokoll.

Esetünkben a megfelelő dokumentumok (PICS, PIXIT) hiányában a tényleges programozási munkát megelőzően azt is nekünk kellett megfogalmaznunk, hogy valójában mit is akarunk tesztelni. Az ajánlás fejezeteinek értelmezése után előállítottuk a tesztcélokat, amik röviden leírják, hogy a működés egy bizonyos fázisát hogyan, s milyen konfiguráció mellett tudjuk ellenőrizni. A konformanciavizsgálat során lényeges, hogy csak egy útvonalválasztót vizsgálunk, míg a megfelelő hálózati környezetet (akár több alhálózatot több routerrel) szoftver útján nekünk kell szimulálnunk. Ha megvan a megfelelően előkészített tesztcélok, akkor már viszonylag könnyű dolgunk van a tesztek megírásával. Ha problémába ütközünk, akkor ez (az esetek többségében) azt jelenti, hogy a tesztcélokat nagyobb figyelemmel kell megírunk. Esetleg azt kell részletesen megvizsgálunk, hogy hogyan juthatunk el a működésben egy adott köztes állapotig (az útvonalválasztó működése



3. ábra A vizsgálatok sorrendje

során kialakuló állapotok közül egy bizonyosig), s helyesen kell szimulálnunk a működést eddig a pontig is.

A GateD program segítségével ellenőriztük, hogy elképzeléseink a működést illetően helytállóak voltak-e, ezután az így helyesnek bizonyult tesztekét gyári útvonalválasztókon is kipróbáltuk. A működést megfigyeltük egy kizárólag monitorozást végző gép beiktatásával, ami a hálózaton haladó csomagokat láthatóvá tette számunkra, így észlelhettük a rendellenes működést, annak okait, s hibáinkat, illetve a gyári készülékek eltérő (de nem a protokollajánlásnak ellentmondó) viselkedését. A tesztek futtatása és ezen monitoros megfigyelés közben fel kellett tételeznünk, hogy egyes gyári útvonalválasztóknak lehetnek egyedi funkciói, melyek segítségével a hálózatban kiderítik, ha azonos típusú útvonalválasztóval kommunikálnak és akkor egy sajátos párbeszédet folytatva, kihasználva az OSPF lehetőségeit, egyszerűsíthetik a párbeszédet.

Az ábrából is láthatóan adott protokoll vizsgálata során a legelső teendő tehát egy statikus vizsgálat, ez tulajdonképpen az implementációs megfelelőségi adatlap átböngészéséből állhat. Ezen lépés során sorra vesszük a PICS-ben rögzített képességeket és összehasonlítjuk azokat a kívánalmakkal. Ezután következik a konformanciavizsgálat, amelynek a megfelelő módon történő elvégzése leegyszerűsítheti a sorrendben utána következő együttműködési képesség vizsgálatát. A konformanciateszt alapos elvégzése egyben elengedhetetlen is ahhoz, hogy az interoperability teszt során valóban a rendszer komponenseinek együttműködésére koncentrálhassunk, és ne az egyes eszközök szabványhoz való hűségével kelljen foglalkoznunk.

OSPF v2

Az OSPF a Link-State algoritmus alapján működik. AS-en (Autonomous System) belüli működésre tervezték. Jellemzően minden egy AS-en belüli OSPF útvonalválasztó azonos adatbázissal rendelkezik a rendszer topológiáját illetően. Ebből az adatbázisból számolják a útvonalválasztó táblát, a Bellman-Ford algoritmust felhasználva. A protokoll tervezése során szintén fontos szempont volt, hogy minél gyorsabban képes legyen reagálni a hálózatban történő topológiaváltozásokra.

A csomagok számára az útvonalakat kizárólag az IP fejlécben található cél IP cím (Destination IP Address) alapján választjuk ki. Az IP csomagok változtatás nélkül kerülnek továbbításra az AS-en belül, vagyis az eredeti IP csomag nincs megtöltve még egy protokollfejléccel.

Tehát minden útvonalválasztó megegyező Link-State adatbázissal rendelkezik. Ezen adatbázis egyedi részleteiben tárolja az adott útvonalválasztó környezetének állapotát. Ezeket az információkat a rendszeren belül a Flooding mechanizmus segítségével terjeszti az útvonalválasztó. Minden OSPF-et implementáló útvonalválasztó pontosan megegyező algoritmust futtat párhuzamosan. A Link-State adatbázisból mindegyik felépít egy fastruktúrát, amelyben magát jelöli gyökként. Ez a fastruktúra szolgál térképként az AS-en belül. A külső eredetű útvonalválasztási információ levélként jelenik meg ebben a struktúrában.

Abban az esetben, ha egy célhoz több egyenértékű útvonal is található a rendszerben, a forgalom egyenlő mértékben oszlik meg közöttük. Egy adott útvonal költségét tárolja az adatbázisban a Metric mező, ami egy dimenzió nélküli egész szám.

Az OSPF lehetővé teszi különböző felépítésű hálózatok csoportokba szervezését. Ezeket a csoportokat hívjuk OSPF területeknek (Area-áknak). Egy ilyen terület topológiája az AS többi tagja elől rejtve van. Az információnak ilyen módon történő elrejtése jelentős forgalomcsökkenést eredményezhet. Egy területen belüli útvonalválasztást kizárólag a terület topológiája határozza meg, ezáltal egyfajta védelmet kölcsönözve a területeknek a rossz útvonalválasztási információk ellen. Másképpen szemlélve az OSPF terület egy IP alhálózat (subnet) általánosítása. Lehetséges az IP alhálózatnak rugalmas konfigurálása is. Minden egyes az OSPF által terjesztett útvonal rendelkezik egy céllal (Destination) és egy maszkkal (Mask). Azonos IP azonosítóval rendelkező két különböző alhálózatnak eltérő lehet a mérete, vagyis különböző maszkkal rendelkezhet.

DR, BDR, DROther

Minden hirdetési (broadcast) és NBMA (Non-Broadcast Multiple-Access – nem hirdetési, de többszörös hozzáférésű) hálózat rendelkezik egy kitüntetett útvonalválasztóval, ez a Designated Router (DR). Ez az útvonalválasztó két fő funkciót lát el az útvonalválasztó protokoll szempontjából. A DR származtatja a hálózatot leíró network-LSA üzeneteket. Ebben az LSA-ban található meg felsorolásszerűen a hálózatba kapcsolódó útvonalválasztók listája, és magának a DR-nek az azonosítója is.

A DR központi szerepet tölt be az adatbázis-szinkronizáció során. A DR közvetlen szomszédságba (adjacent) kerül a hálózatban lévő összes többi útvonalválasztóval (DROther). Ez azért szükséges, mivel az összeköttetések állapotára vonatkozó (Link-State) adatbázisok váltása a közvetlen szomszédok között játszódik le.

A Designated Routert a Hello protokoll mechanizmusain keresztül választjuk ki. Minden útvonalválasztó egy bizonyos típusú csomagja tartalmazza az adott útvonalválasztó prioritását, amely érték interfészenként konfigurálható.

Általánosságban amikor egy útvonalválasztó valamely interfésze először kapcsolódik egy hálózatra, az eszköz megvizsgálja, hogy az adott hálózat rendelkezik-e már DR-rel. Amennyiben igen, az útvonalválasztó elfogadja a jelenlegi DR-t, függetlenül annak prioritásától. Ez elsőre nem tűnhet túl jó megoldásnak, hiszen így elég nehéz megjósolni a DR kilétét. Azonban ez a mechanizmus biztosítja, hogy a DR kiléte ritkábban változik, amely a hálózatokban előrébb való szempont lehet. Ha még nincs DR a hálózatban, az újonnan belépő útvonalválasztó fogja betölteni ezt a szerepet, amennyiben nincs egy magasabb prioritással rendelkező útvonalválasztó, ami szintén erre a tisztságra pályázik. Fontos kikötés, hogy nullás prioritással rendelkező útvonalválasztó nem lehet DR (sem BDR). A prioritásokat célszerű úgy beállítani, hogy a leginkább üzembiztos útvonalválasztó kerüljön a DR szerepébe.

A Flooding (egy útvonalválasztó adatbázisának terjesztése) eljárás optimális lefolyásának érdekében a DR hirdetési (broadcast) hálózatokon egy speciális csoportcímre (AllSPFRouters multicast címre) küldi az adatbázisát leíró Link State Update csomagjait, ahelyett, hogy különálló csomagokat küldene minden egyes közvetlen szomszédjának.

Annak érdekében, hogy a DR választása gördülékenyebben működjön, minden hirdetési (broadcast) és NBMA hálózatban található egy Backup Designated Router (BDR) is. A BDR is közvetlen szomszédságban áll minden a hálózatba bekötött útvonalválasztóval. Abban az esetben, ha valamilyen oknál fogva a DR kiesik a hálózathoz, a helyére a BDR lép.

Amennyiben ez a tartalék útvonalválasztó nem lenne megtalálható a hálózatban, a DR kiesése után ismét szükség lenne a közvetlen szomszédságok kiépítésére az új DR számára. Ez rendkívül sok időt igényelne, annál is inkább, mert ekkor szükség lenne a Link-State adatbázisok újraszinkronizálására. Ráadásul ez idő alatt a hálózat képtelen lenne egyéb hasznos hálózati forgalom lebonyolítására. Ezen procedúrát a tartalék Designated Router megléte szükségtelessé teszi. A hálózat fennakadása mindössze addig tart, míg az új Designated Routert bevezető LSA-k terjesztése lezajlik.

A Backup Designated Router választása szintén a Hello protokoll által történik. Minden Hello csomag tartalmaz egy mezőt, amely a hálózat BDR-ének azonosítóját tartalmazza. A Flooding eljárás során a BDR teljesen passzív, minden teendőt a Designated Router végez, ezzel szintén hálózati sávszélességet takarítva meg.

Alprotokollok és csomagok

Az OSPF a 89-es IP protokollazonosítót használja működése során. A protokoll nem szolgáltat a csomagok

tördeléséhez (fragmentálásához) és összeillesztéséhez támogatást. Amint fragmentálásra van szükség, az IP protokollhoz fordul. Ennek ellenére a legjobb az IP fragmentálást elkerülni.

Az útvonalválasztó protokoll csomagjait mindig 0-s szolgáltatástípussal (Type of Service (TOS)) kell küldeni. Amennyiben lehetséges, az útvonalválasztó protokoll csomagjait (kitüntetett módon) magasabb precedenciával kell kezelünk, mint az általános IP forgalomba tartozókat.

Minden OSPF csomag azonos 24 byte-os fejléccel rendelkezik, ezen fejléc alapján kerül eldöntésre, hogy mi történjen a továbbiakban a csomaggal.

0.	7. 8.	15.
Version#	Type	Packet length
Router ID		
Area ID		
Checksum		AuType
Authentication		
Authentication		

4. ábra Az OSPF csomag fejléce

A Version# mezőből olvasható ki a futó OSPF verziószáma. A Type mező 5 féle értéket vehet fel az OSPF csomag típusától függően. A következő csomagtípusok használatosak: Hello, Database Description, Link State Request, Link State Update és Link State Acknowledgement.

Az OSPF-nek alapvetően három alprotokollja van: Hello, Database Exchange, és a Flooding. A Hello csomagot a Hello protokoll használja a szomszédok felderítésére és a szomszédsági listák karbantartására. A Database Description és a Link State Request csomagok a közvetlen szomszédságok (adjacencies) kialakítására használatosak, a felhasználóik a Database Exchange és a Flooding alprotokollok. A Link State Update és Acknowledgement csomagokat szintén ezek az alprotokollok használják az adatbázisok megbízható frissítésére. A Hello kivételével minden csomag csak a közvetlen szomszédoknak kerül elküldésre. Vagyis minden OSPF üzenet csak egy linket utazik keresztül két csomópont között, kivéve a virtuális linkek esetében.

A Packet length mező tartalmazza az OSPF csomag méretét byte-okban, beleértve a fejléceket is. A Router ID a csomagot származtató útvonalválasztó azonosítója. Az Area ID egy 32 bites azonosító, amely azt az OSPF területet azonosítja, ahonnan a csomag származik. Egy kitüntetett azonosító van, a gerinchálózatra hivatkozó 0.0.0.0. A virtuális linkeken utazó csomagok szintén 0.0.0.0-s Area ID-t kapnak. A Checksum mezőben a csomag védelmére szolgáló ellenőrző összeg foglal helyet. Az AuType mező azonosítja a használt hitelesítést, amely számára a hely a következő 64 biten van fenntartva.

A Hello protokoll

A Hello protokoll segítségével deríti fel az OSPF-et futtató útvonalválasztó a működő szomszédos útvonalválasztókat. Miután az útvonalválasztó felismerte összes szomszédját, szintén ezen alprotokoll feladata a kétirányú kapcsolatok kiépítése feléjük, majd a kiépült kapcsolatok fenntartása. Az OSPF többi alprotokollja csak a kétirányú kapcsolat kiépülése után kezdheti meg működését.

A Hello csomagot minden OSPF-et implementáló útvonalválasztó (periodikusan) időközönként az összes interfészen – beleértve a virtuális linkeket is – küldeni köteles. Ez az időintervallum általában 5-10 másodperc. Az azonos hálózaton lévő útvonalválasztóknak meg kell állapodniuk néhány paraméterben, úgy, mint hálózati maszk, a Hello csomagok közötti intervallum stb. Ezek a paraméterek megtalálhatók minden útvonalválasztó Hello csomagjában. Ezen paraméterek eltérése meggátolhatja a szomszédsági viszony kialakulását.

0.	7. 8.	15.
Network Mask		
HelloInterval	Options	Rtr Pri
RouterDeadInterval		
Designated Router		
Backup Designated Router		
Neighbor		
[...]		

5. ábra Az OSPF Hello csomag felépítése

Két útvonalválasztó között akkor beszélhetünk kétirányú kapcsolat kiépüléséről, ha a útvonalválasztók olyan Hello csomagot kapnak a szomszédtól, amelyben a saját azonosítójuk szerepel az ismert szomszédok között. Mivel olyan szakasz, amelyen nem épült ki kétirányú kapcsolat, nem is kerülhet az útvonalválasztó adatbázisába, elkerüli a rendszer azt a hibalehetőséget, hogy egy csomagnak olyan útvonalon kelljen mennie, amely csak az ellenkező irányba járható. A kétirányú kapcsolat akkor szűnik meg, ha vagy az egyik útvonalválasztó, vagy valamely link megszűnik vagy meghibásodik, amit legkésőbb RouterDeadInterval idő elteltével észlel az érintett útvonalválasztó. Ezt az időintervallumot általában a Hello csomagok küldési idejének néhányszorosára szokás választani. Ezáltal néhány Hello csomag eltűnése esetén is fennmarad a kapcsolat.

Hirdetési (broadcast) és NBMA (Non-Broadcast Multi-Access) hálózatokon a Hello alprotokoll különbözőképpen működik. Hirdetési hálózatokon a Hello csomagokat csoportcímsre (multicast) kell küldeni, így a szomszédok felderítése dinamikusan történhet. A Hello csomagok tartalmazzák annak a csomópontnak az azonosítóját, akit a Hello küldője DR-nek tart, illetve azoknak az útvonalválasztóknak a listáját, amelyekről már kapott Hellót. NBMA hálózatokon a hirdetési képesség hiányát azzal lehet kiküszöbölni, hogy minden útvonalválasztónak előre megadjuk a hálózatban sze-

replő többi útvonalválasztó azonosítóját, így ezek már közvetlen kommunikációval tudnak dönteni. Point-to-MultiPoint hálózatokon minden útvonalválasztó minden hozzákapcsolt útvonalválasztónak direkt Hellót küld, ezeket a szomszédokat dinamikusan deríti fel, például Inverse ARP segítségével, vagy szintén előre konfigurált információkból.

Miután az útvonalválasztó összes szomszédját azonosította – valamint biztosítva van a kétirányú kapcsolat és a hálózatban már van egy megválasztott DR –, egy döntés születik, vagy kell-e közvetlen szomszédságot (adjacency) kialakítani az adott szomszéddal, vagy sem. Ha szükség van közvetlen szomszédság kialakítására, az első lépés a kapcsolat- (Link-State) adatbázisok szinkronizálása. Ez azonban már a Database Exchange alprotokoll feladata.

A Database Exchange protokoll

Egy Link-State algoritmust futtató útvonalválasztó eszköz számára rendkívül fontos, hogy az adatbázisa folyamatosan szinkronizálva legyen. Az OSPF esetében elegendő a közvetlen szomszédságban (adjacent) lévő eszközök szinkronizáltságát megteremteni. A szinkronizáció megkezdődik, amint az útvonalválasztók kiépítik szomszédsági kapcsolataikat. Minden egyes útvonalválasztó Database Description csomagok segítségével írja le az adatbázisát. Amint egy szomszéd észrevesz egy a sajátjainál újabb keletű LSA-t a rendszerben, feljegyzi, hogy ezt az LSA-t le kell kérdeznie.

Az LSA (Link State Advertisement) funkcionálisan két részből áll: egy fejlécből és egy adatrészből. Az LSA egyértelműen azonosítható a fejlécének tartalma alapján.

A DD-csomagok cseréje során az útvonalválasztók Master/Slave viszonyt alakítanak ki. A Master/Slave viszony kialakítása a DD-csomag Options mezéjének segítségével történhet. Minden DD csomagban található egy szám (sequence number), ami a csomagot segít azonosítani. A Slave az adatbázis csere során ennek a számnak a visszaküldésével igazolja vissza a csomag átvételét. A Master ütemezi a DD csomagok küldését, egy interfészenként előre beállított konstans szerint (RxmtInterval).

Az adatbáziscsere során az újabbnak ítélt LSA-kat Link State Request csomagokban kérdezik le az útvonalválasztóktól. Az adatbáziscsere végeztét az összes lekérdezés kiszolgálása jelenti. Az adatbázisok cseréje elvileg elvégezhető lenne úgy is, hogy az útvonalválasztók letöltik egymás teljes adatbázisát. Az OSPF azonban egy ennél kisebb forgalmat generáló megoldást használ. Ugyanis a DD-csomagokban csupán az LSA-k fejléc része szerepel. Ezek után csak a Link State Request csomagokban kért LSA-k kerülnek elküldésre az ún. Link State Update csomagokban.

A Flooding protokoll

Minden Link State Update csomag egy új garnitúra Link State Advertisementet (LSA) szállít mindössze egy kapcsolattal távolabb a származási helyüktől. Egy

Link State Update csomag több útvonalválasztó több különböző LSA-ját is szállíthatja. Minden LSA fel van címkézve az őt létrehozó útvonalválasztó azonosítójával és a tartalmának ellenőrző összegével. A mechanizmus megbízhatóságának érdekében minden LSA-ra kell küldeni/kapni egy visszaigazolást. Erre a célra szolgálnak a Link State Acknowledgement csomagok.

A Flooding protokoll akkor kezdi meg működését, amint az útvonalválasztó kap egy Link State Update (LSU) csomagot. Az LSU egy bizonyos szomszédra és egy bizonyos OSPF területre (area) vonatkozik. Amint az útvonalválasztó kap egy számára új keletű LSA-t, elkezdheti terjeszteni azt interfészeinek egy részén, attól függően, hogy milyen típusú volt az adott LSA. A megfelelő interfész kiválasztása után az LSA hozzáadódik az adott szomszédra vonatkozó továbbítási listához, majd a protokoll vezérlésével továbbításra kerül.

Az OSPFv3

Az OSPF protokoll hármas verziójának megalkotásakor a fő szempont az internetprotokoll 6-os verziójának (IPv6) támogatása volt. Az OSPF alapvető mechanizmusai, úgy mint Flooding, DR választás, Area-k támogatása stb. változatlanok maradtak. Több változtatásra is szükség volt, egyrészt az IP protokoll megváltozása miatt, vagy egyszerűen csak azért, mert az IPv6 bevezetésével egy jóval nagyobb címteret kell kezelni.

Az új verzióban új LSA típusok kerültek bevezetésre, ezek hivatottak kezelni a megnövelt IPv6-os címeket és címelőtagokat (prefixeket). A hitelesítés kikerült az OSPF hatóköréből, ellenben ez megtalálható magában az IPv6-ban [9]. A legtöbb OSPF csomag az új címezést használva is hasonlóan tömör maradt, mint volt az OSPF kettes verziójában. A különböző opciók kezelése rugalmasabbá vált. Az OSPF által használt algoritmusok szintén megmaradtak alapjaiban változatlanul.

IPv6-os címek már nem szerepelnek OSPF csomagokban, kivéve az LSU-k által szállított LSA-kban, ezáltal a rendszer hálózati protokoll függetlenné vált. Az OSPF Router ID, Area ID, Link State ID mezők megmaradtak 32 bitesnek, így már nem alkalmazható az a megoldás, amikor ezeket az azonosítókat megfeleltetjük egy IP címnek, hiszen az IPv6-os címek már 128 bitesek. Az IPv6-ot támogató OSPF-ben a szomszédos útvonalválasztók azonosítása minden esetben a Router ID alapján történik. Valamint a 0.0.0.0 Router ID kitüntetett, ezért tilos használni.

Miután a hitelesítés kikerült az OSPF-ből, az AuType és Authentication mezők nem szerepelnek az OSPF fejlécben, valamint minden hitelesítéssel kapcsolatos mező megszűnt az adatstruktúrákban. Az OSPF csomag védelmét a véletlenszerű adatvesztéstől az IPv6-os 16-bites CRC kód végzi. Az OSPF fejlécben elhelyezésre került egy Instance ID nevű mező, ami lehetővé teszi az OSPF több példányának egyidejű futtatását egy linken.

Az LSA-k köre kibővült és bevezetésre került két új típus, név szerint a Link-LSA és az Intra-Area-Prefix-LSA. Az OSPFv2-es Summary-LSA-ból pedig két új LSA típus keletkezett. Az Intra-Area-Prefix-LSA szállítja az összes IPv6-os előtag (prefix) információt, ellentétben az előző verzióval, ahol ezt a feladatot a Router és a Network-LSA-k látták el.

A nem felismerhető LSA típusok kezelése is rugalmasabbá vált, az ilyen csomagok általában eltárolódnak és terjesztésre kerülnek, mintha értelmezhetőek lettek volna. Ez az OSPFv2-es megoldással szemben, melynek során az ilyen csomagok egyszerűen eldobásra kerültek, előnyösebb módszer. A felismerhetetlen csomagok eldobása abban az esetben nem jó megoldás például, ha a Designated Router kevesebb funkciót támogat, mint a többi csatlakozó útvonalválasztó.

A szimuláció eszközei

A GateD a Merit GateD Consortium Linux operációs rendszer alatt futó útvonalválasztót szimuláló terméke. A szoftver többféle útvonalválasztó protokollt támogat, ezek közé sorolható a RIP, a BGP, az EGP és az OSPF. A GateD egy futó processzként jelenik meg az operációs rendszerben, és konfigurálható bármely támogatott protokoll szimulálására.

Az egyes protokollok egymástól függetlenül, párhuzamosan működtethetők, egymással csak megfelelő konfigurálás után működnek együtt. A GateD mindenkor aktuális verziójánál régebbi verziókért nem kell fizetni. Miután a GateD-t rengeteg szervezet és gyártó használja, a segítségével nagy valószínűséggel hibamentesen tudjuk szimulálni az OSPF-et implementáló útvonalválasztó működését.

A program használata során lehetőséget nyújt a csomagok születésének és továbbításának nyomkövetésére. A megfigyelésre a GateD által automatikusan előállított nyomkövető állományt (trace) használhatjuk, amely tartalmaz minden fontos információt a működésről.

A vizsgálatok egy bizonyos részéhez szükségünk lehet „valódi” útvonalválasztók használatára, mert a GateD működése során mindvégig a beállított konfiguráció alapján működik. A konfiguráció átállítása csak a program újraindításával léptethető érvénybe. Ekkor azonban a szimulált útvonalválasztó ismét alaphelyzetbe kerül. Ezért az olyan teszteknel, amelyek futása során a vizsgált útvonalválasztó (IUT) hálózati interfészeinek állapota változik, kapcsolatok szakadnak meg, vagy épülnek fel, mindenképpen valódi útvonalválasztókat kell alkalmaznunk. A hálózati kapcsolatok megszakadását és felépülését kábel megszakításával és újracsatlakoztatásával tudjuk „szimulálni”. Azonban például azonos márkájú útvonalválasztó egyidejű használata során nem várt működés jöhet létre. Ennek oka valószínűleg abban rejlik, hogy az azonos gyártótól származó két eszköz egy nem ismert közös protokollt használva is kommunikál egymással. Erre a következtetésre vala-

milyen hálózatmonitorozó program használatával juthatunk, miután megfigyeljük a két útvonalválasztó együttműködését.

Futtató környezet

A TTCN (Tree and Tabular Combined Notation) nyelven írott konformanciatesztek futtatása különböző platformokon történhet (Linux, Unix, Solaris, Win32). Ez csak a megfelelő fordító létezésének kérdése. Az áttekinthető formában létrejött tesztek átültetésre kerülnek C nyelvre. A hibakeresés során szintén jól jöhet a C kód áttekintése. Ezek után a kód hordozható, és végül egy C compilerrel bináris formában kaphatjuk meg a kész teszteket.

Az így elkészült futtatható tesztek az IUT-vel egy szintén C nyelven íródott tesztporton keresztül kommunikálnak. A tesztport egy adott protokoll csomagjainak kezelésére hivatott, így egy adott protokoll minden

verziójához (például OSPFv2 és OSPFv3) külön meg kell írni.

Irodalom:

Adamis Gusztáv: TTCN – kézirat – BME-TTT

Cisco Systems Inc.: OSPF Design Guide – 2001.

ETSI: Methods for Testing and Specification (MTS); The Tree and Tabular Combined Notation version 3 – ETSI ES 201 873-1 V1.1.1 2001.

IETF – Network Working Group: RFC2328 – OSPF Version 2 – 1998.

IETF – Network Working Group: RFC2740 – OSPF for IPv6 - 1999.

Moy, John T.: OSPF (Anatomy of an Internet Routing Protocol) – 1998. Addison Wesley Longman, Inc.

University of New Hampshire Interoperability Lab.: IP Consortium Test Suite; Open Shortest Path First; 2000.

Hírek

A hongkongi 3G világkongresszuson CDMA2000 és GPRS hálózatokon az Ericsson bemutatta több technológiát átfogó multimédiás üzenetkezelési szolgáltatásait. Az MMS lehetővé teszi, hogy a felhasználók képeket, szöveget és hangot tartalmazó üzeneteket küldjenek és fogadjanak.

Az MMS megoldást használó bemutató része volt MMS küldése CDMA-2000 PDA-ról GPRS végberendezésre. Az MMS azáltal, hogy a szöveg mellett lehetővé teszi színes képek és videoklipek küldését is, a mobil-mobil üzenetküldési lehetőségek drasztikus bővülését eredményezi. Ez utat nyit olyan tartalomgazdag alkalmazások és szolgáltatások előtt, mint például a multimédiás prezentációk és e-mailek.

Az Ericsson Magyarország és a Westel Mobil Távközlési Rt. 2002. június 4-én Nemzetközi Multimédia Messaging Fórumot rendezett. A budapesti Marriott Szállodában hat ország kilenc mobilszolgáltatója tájékozódott a világ MMS szolgáltatásának bevezetéséről és eddigi tapasztalatairól.

2002. április 18-án az Ericsson csúcstechnológiát képviselő rendszerén, a világon elsőként Magyarország piacvezető mobilszolgáltatója, a Westel indította el az első teljes körű, kereskedelmi multimédiás üzenetközvetítési szolgáltatást (MMS). A magyarországi mobil-előfizetők e naptól küldhetnek és fogadhatnak képeket, szöveget és hangot tartalmazó multimédiás üzeneteket.



Az Ericsson bemutatta a CDMA 2000 1X 1130 makro-rádióbázisállomást (RBS) a hongkongi 3G CDMA világkongresszuson. Az RBS 1130 az Ericsson iparág vezető CDMA 2000 rádió-hozzáférési termék választékának legújabb tagja, és az Ericsson globális 3G platformján, a Cello Placket Platformon (CPP) alapul.

Az Ericsson globális 3G Cello Placket Platformján alapuló RBS 1130. Ez a 3G CDMA 2000 megoldáshoz kapcsolódó legújabb termék. A mindössze két szekrénnel rendelkező beltéri RBS 1130 akár 12x3-as konfigurációt is képes támogatni optimális redundancia mellett; nagy teljesítménye kielégíti a nagyvárosi hálózati követelményeket, kis mérete pedig minimálisra csökkenti az üzemeltetőknél jelentkező helyigényt.



A közelmúltban került sor a pécsi Zipernowksy Károly Műszaki Szakközépiskolában az első vidéki Java szakértői központ átadására, amely a Sun Microsystems tervei szerint a jövőben folyamatosan kiépülő regionális hálózat első tagja. Az új központ a dél-magyarországi régióra terjeszti ki tevékenységét. Ez a második olyan, a Sun által létrehozott labor, amely a középiskolában került kialakításra. A szakközépiskola a Java programozási nyelvet oktatási tervébe, illetve egyéb képzéseibe is beépíti. A tervek szerint a központ hosszabb távon egyfajta tanácsadói, szakmai fórumként fog működni a technológia iránt fogékony érdeklődők számára.

1 GHz frekvencián működő, változtatható osztásarányú frekvenciaosztó integrált áramkör

BOGNÁR GYÖRGY (PROXIMA5@FREEMAIL.HU)
SZOMBATHY GERGŐ (CENTAUR@FREEMAIL.HU)

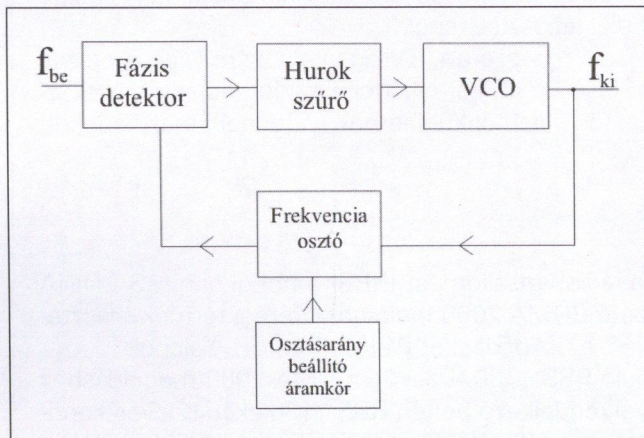
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Elektronikus Eszközök Tanszéke

Reviewed

A cikk témája egy szilíciumhordozón, 0,6 μm BiCMOS – kombinált bipoláris és CMOS – technológián megvalósított frekvenciaosztó áramkör tervezése. A frekvenciaosztó az 1 GHz bejövő frekvenciát egy 64 és 71 közötti számmal képes osztani, és ez az osztásarány az áramkör működése közben szabadon megváltoztatható. Az áramkört széles hőmérséklettartományra ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$), és minimális fogyasztásra optimalizáltuk. A technológiai szórások és a tesztelhetőségre tervezés figyelembevételével készült el az áramkör layout terve.

1. Bevezetés

A frekvenciaszintézerek feladata a bejövő jelnek és a beállított osztásarányának megfelelően egy pontos, stabil, nagyfrekvenciás jel előállítás. Ezt a kimenő jelet rádiófrekvenciás átvitel esetén vivőfrekvenciának használják fel. A frekvenciaszintézerek leginkább a visszacsatoló ágba lévő frekvenciaosztókban különböznek. A frekvenciaosztók fő feladata a „fáziszárt-hurkos” (Phase-Locked Loops) frekvenciaszintézerek (1. ábra) kimenő frekvenciájának pontos beállítása, behangolása.



1. ábra PLL

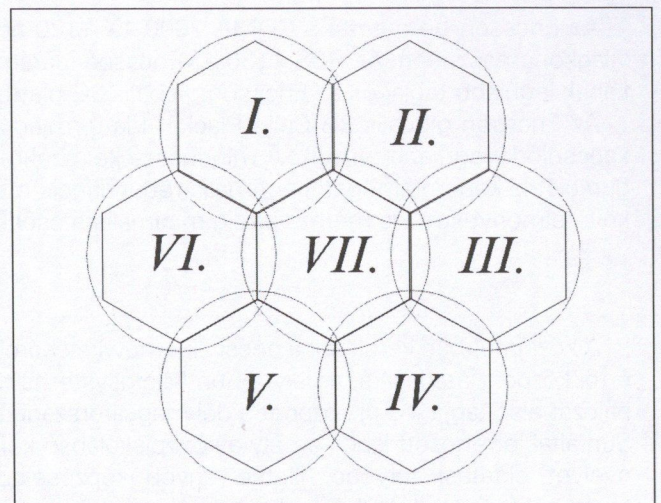
Az európai mobil hírközlő rendszerek felépítése – a frekvencia újrafelhasználásának érdekében – a cellás elvet követi. A lefedni kívánt területet fűrtökre (cluster), a fűrtöket hatszögletű cellákra tagolják. Minden cella közepén egy bázisállomás található. A cella lényegében a bázisállomás által lefedett területet jelképezi. A GSM 900 rendszer esetén egy fűrtöt 7 cella alkot (2. ábra). A rendelkezésre álló frekvenciasávot az egyes fűrtökon belül a cellák között szétosztják, így

egy fűrtön belül, az egyes cellák más-más frekvenciasávot használnak. Így elérhető, hogy az azonos frekvenciasávot használó cellák kellő távolságba kerüljenek, így egymás működését nem zavarják.

Az egyes cellákban lévő bázisállomás és a mozgó állomás között jön létre rádiófrekvenciás összeköttetés. A földi mobil hírközlő rendszerek 450MHz, 900MHz vagy 1800MHz körüli sávban üzemelnek. A mobilkészülék és a bázisállomás (uplink), illetve a bázisállomás és a mobilkészülék (downlink) közötti kapcsolat két külön frekvencián, egy időben jön létre, azaz az összeköttetés duplex üzemmódú. A duplex távolság a GSM 900 rendszer esetén $f_D=45\text{ MHz}$.

A rendelkezésre álló üzemi frekvenciasáv 890-915 MHz (uplink) és 935-960 MHz (downlink), a szomszédos csatornák vivőinek a távolsága 200 kHz. Így a rendelkezésre álló csatornaszám 125 egy fűrtön belül.

A földi mobil hálózatok időosztásos többszörös hozzáférésű (TDMA) rendszerek. Egy vivő frekvencián



2. ábra Egy fűrt felépítése (GSM 900)

Referencia	Technológia	V _{cc} [V]	Osztásarány	Sebesség [GHz]	Fogyasztás [mW]
[1]	0.8μm BiCMOS	2	16-30	1.80	100
[2]	0.8μm CMOS	5	4/5, 8/9	1.75	50-60
[3]	1.0μm BiCMOS	3	16/17	2.00	2.2
[4]	0.2μm BiCMOS	2.58	64/65	1.00	3
[5]	1.0μm GaAs	5.2, 2	128-255	9.72	650
[6]	0.6μm CMOS	3	32-63	1.80	22
A cikkben bemutatott áramkör	0.6μm BiCMOS	2.2	64-71	1.00	5.8-11.3

1. táblázat A frekvenciaosztók összehasonlító táblázata

megvalósítható összeköttetést 8 időrésre osztják fel. Így egy vivőfrekvencián 8 darab folyamatos kommunikáció is megvalósulhat.

A mobil rendszerekhez szükséges frekvenciaszintézisnek pontosnak, gyors átváltásúnak kell lennie, hiszen összeköttetés közben az állandó kapcsolathoz folyamatosan váltani kell az uplink és a downlink vivőfrekvenciája között. A GSM 900 szabványban 270 frekvenciaugrást kell végrehajtani másodpercként. A vivőfrekvencia gyors átváltásáért a frekvenciaosztók a felelősek.

A mobil eszközök akkumulátor-élettartama szempontjából is lényegi kérdés a megvalósított áramkör fogyasztása. Célunk egy olyan frekvenciaosztó integrált áramkör megvalósítása volt, amely 1 GHz frekvencián, széles hőmérséklettartományban (– 40 °C – +85 °C), az eddig már létező áramköröknél kisebb fogyasztással képes működni és az osztásarány 64 és 71 között menet közben változtatható. A fogyasztás csökkentése érdekében kis tápfeszültséget alkalmaztunk (2.2 V).

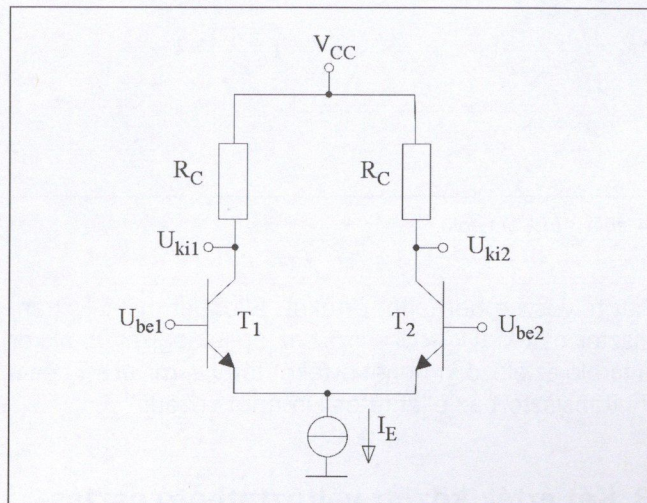
A jelenleg használatban lévő frekvenciaosztó áramkörök fogyasztása, maximális működési sebessége, osztásarányának változtathatósága és ára nem megfelelő egyes nagyfrekvenciás alkalmazásokhoz.

Ezen tulajdonságok javításával hosszabb élettartam, szélesebb alkalmazási lehetőség érhető el.

Az 1. táblázatban összefoglaltuk az irodalomjegyzékben szereplő frekvenciaosztók különböző paramétereit. A 0.8 μm CMOS [2] technológián megvalósított áramkör fogyasztása jelentős és az osztásarány kis tartományban változtatható. A 0.6 μm CMOS [6] technológián megvalósított áramkör osztásaránya széles tartományban állítható és fogyasztása egy kicsivel több, mint az általunk tervezett áramköré. A GaAs alapú [5], illetve a 0.2 μm BiCMOS [4] technológiájú áramkörök előállításának ára nagyon magas a rendkívül költséges technológia miatt. A 0.8 μm BiCMOS [1] technológiájú frekvenciaosztó fogyasztása nagyon nagy. A 1.0 μm BiCMOS [3] technológiájú áramkör működéséhez az általunk alkalmazott tápfeszültségnél nagyobb tápfeszültség használatával lehetőség nyílt egy speciális architektúra megvalósítására, amely kisebb fogyasztást tett lehetővé.

2. ECL áramkörök

Az 1 GHz frekvencián működő áramkörök megvalósítására Si hordozón az ECL (Emitter Coupled Logic) tech-



3. ábra ECL alapkapcsolás

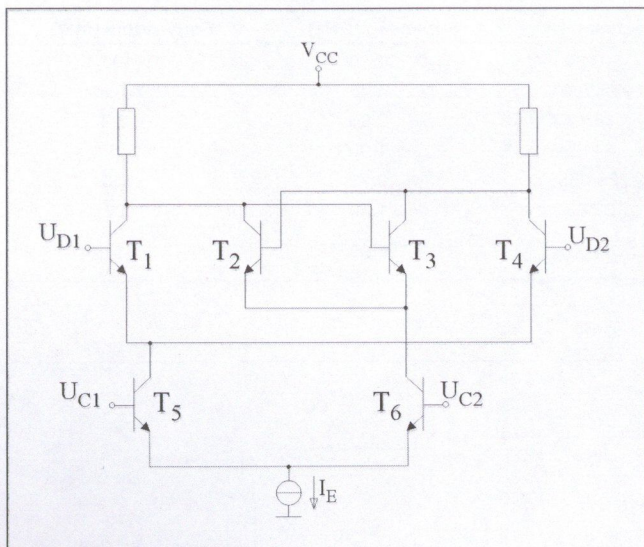
nika kínál a fogyasztás szempontjából elfogadható lehetőséget. Az ECL áramkörök a nagy sebességet két „eszközzel” érik el:

1. Az egyik elv, mely szerint a bipoláris tranzisztorok működésük során nem mennek telítésbe, végig aktív tartományban maradnak, ezáltal gyors átkapcsolásra képesek.
2. A másik sebességfokozó gondolat a logikai szintek közötti különbség jelentős csökkentése. Így a viszonylag nagy árammal működő eszközök a terhelő kapacitásokat gyorsan áttölthetik a másik logikai szintre.

ECL áramkörökben a jel differenciális formában terjed. A két ellentétes fázisú jel miatt az áramkör sokkal zavarvédettebb.

A 3. ábrán látható kapcsolásban a két bipoláris tranzisztor ellentétes ütemben működik. Amikor a T_1 tranzisztor kinyit ($U_{be1} > U_{be2}$), akkor a közös áramgenerátor áramának jelentős része ezen a tranzisztoron keresztül folyik. Ez az áram az R_C kollektor ellenálláson feszültséget hoz létre. Emiatt a kimeneteken az $U_{ki1} = V_{CC} - I_E \cdot R_C$, $U_{ki2} = V_{CC}$ feszültségek adódnak, tehát a kapcsolás egy invertert valósít meg.

A 4. ábrán egy ECL D tároló kapcsolási rajza látható. A közös áramgenerátor árama az órajeltől függően vagy T_5 vagy a T_6 tranzisztoron folyik át. Ha a T_5 tranzisztor vezet ($U_{C1} > U_{C2}$, azaz az órajel logikai 1), akkor az U_{D1} és U_{D2} bemeneti feszültségektől függően vagy a T_1 vagy a T_4 tranzisztoron folyik az áram, így a kime-



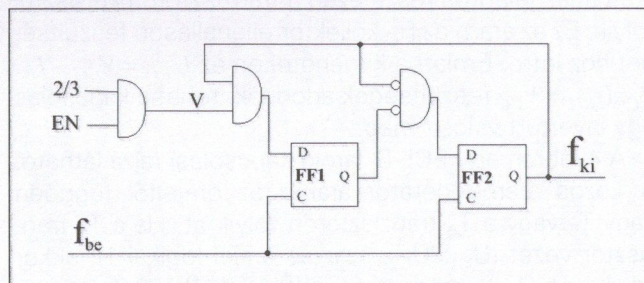
4. ábra ECL D tároló

net felveszi a bemenet értékét. Ellenben ha a T_6 tranzisztor nyit ki ($U_{C1} < U_{C2}$, azaz az órajel logikai 0), akkor a tároló az előző kimenet értékét tárolja, mivel a T_2 és a T_3 tranzisztort az ellentétes kimenet vezérli.

3. Két érték között változtatható osztásarányú frekvenciaosztó

Az általunk megvalósított áramkör egy „pulzuselnyelő” (pulse swallower) típusú frekvenciaosztó, amely két érték között változtatható osztásarányú frekvenciaosztókból (dual-modulus prescaler – DMP) épül fel. Az ilyen frekvenciaosztók működése során egy előre meghatározott számú ütem elérésekor (N) jelenik meg egy impulzus az áramkör kimenetén. Ha a működés során ezen ütemek közül F darabot elnyelünk, akkor az áramkör kimenetén megjelenő jel pontosan F ütemmel késleltetve jelenik meg, tehát az osztásarány $N+F$ értékre fog változni. Ez az F érték menet közben változtatható, így nagyon rugalmas, gyorsan állítható frekvenciaosztót tudunk megvalósítani.

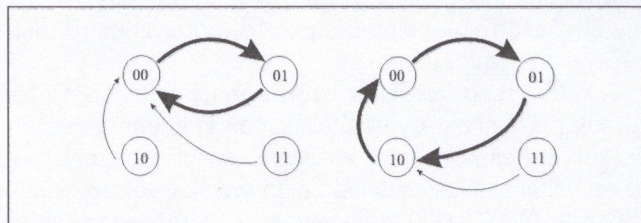
A két érték között változtatható osztásarányú frekvenciaosztó (továbbiakban DMP) használata esetén az osztásarány két előre megtervezett, rögzített érték lehet. Így a bemeneti jelet az osztásarányt kiválasztó jelnek megfelelően osztja le. Ez az osztásarány akár menet közben is változtatható.



5. ábra DMP blokkismája

A bejövő frekvencia osztása kettővel vagy hárommal az FF1 és a FF2 jelű D flip-flop feladata (5. ábra). A V vezérlőjel értéke határozza meg az aktuális osztásarányt. Ha ez az érték „0”, akkor kettővel, ha „1”, akkor hárommal oszt a frekvenciaosztó áramkör.

Az 5. ábrán látható blokkiséma alapján felírhatók a $Q_i^{n+1} = Q_2^n \cdot V$ és $Q_2^{n+1} = Q_1^n \cdot Q_2^n$ összefüggések, amelyekben az egyes tárolók aktuális belső állapotát Q^{n+1} , a következő állapotát Q^n jelöli. Az összefüggések alapján felrajzolható az áramkör működését szemléltető állapotgráf (6. ábra).



6. ábra DMP állapotgráfja

Az állapotgráfról leolvasható, hogy ha a DMP működése közben a V jel „1”-re változik, akkor az áramkör még kettes osztásarányban működik egészen addig, amíg a belső állapota el nem éri a 01-et. Ezen állapot elérésekor tér át a DMP hármass osztásarányra, nyel el impulzust egészen addig, míg a V jel aktív „1” szinten marad.

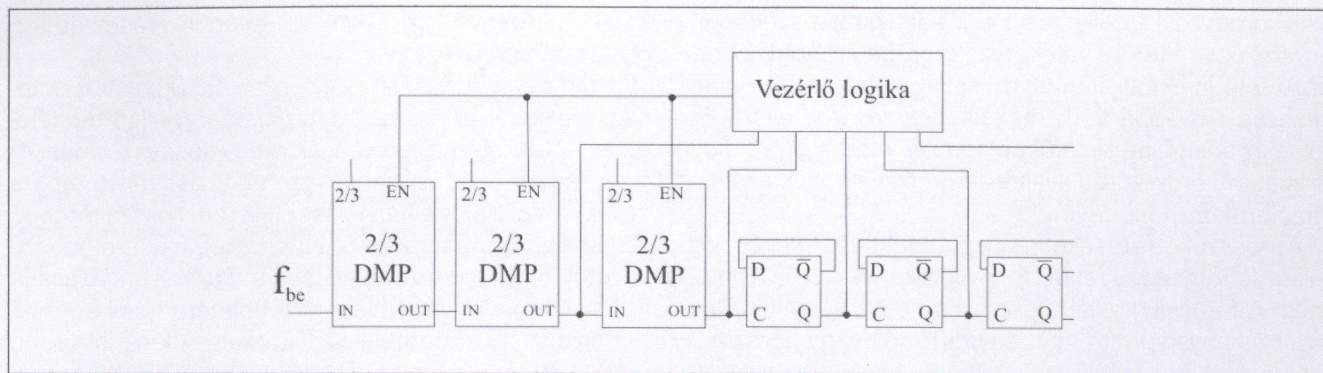
A megvalósított architektúrában a DMP csak egy impulzust nyelhet el, ezért biztosítani kell, hogy a V bemeneten olyan impulzus jelenjen meg, hogy „1” legyen, mikor a DMP már 01 állapotba kerül, és „0” legyen, mire az áramkör újra eléri működése során ezt a 01 állapotot.

4. Frekvenciaosztó áramkör

A 7. ábrán látható a teljes frekvenciaosztó blokkdiagramja, amely három jól elkülöníthető részből épül fel: vezérlő logika, három D tárolóból álló állandó osztásarányú fokozat és három DMP egységből felépülő változtatható osztásarányú fokozat.

Az egyes DMP fokozatok pulzuselnyelő tulajdonsággal rendelkeznek megfelelő vezérlés esetén. Az áramkör 64-gyel oszt, ha a DMP fokozatok osztásaránya kettő. Ha az első DMP osztását egy ütem elnyelésének idejéig átállítjuk háromra, és utána visszaállítjuk kettes osztásra, akkor az áramkör 65-tel osztja le a bejövő jelet. Ha csak a második DMP fokozat osztásarányát állítjuk át háromra, akkor két ütem lesz elnyelve, hiszen a kettővel leosztott bemenőjelből nyel el egy pulzust. A harmadik DMP fokozat pedig négy ütemet nyel el.

Így három darab DMP 0-7 ütemet nyelhet el, azaz az osztásarány 64 és 71 között szabadon állítható. A pulzus(ok) elnyelésének nem kell feltétlenül pontosan a teljes periódus elején vagy végén megvalósulnia. Egy perióduson belül bármely pulzus elnyelésével a kívánt osztásarány elérhető.



7. ábra A frekvenciaosztó felépítése

Az osztásarány időben történő megváltoztatásáért felel az áramkör vezérlőegysége. Ez a vezérlő logika érzékeli a periódus végét, és különböző engedélyező jeleket küld az állítható osztásarányú fokozatoknak. E jelek hatására a fokozatok a kívánt osztásarányuknak megfelelően elnyelnek, illetve nem nyelnek el egy-egy ütemet.

A két érték között állítható osztásarányú frekvenciaosztó osztásarányt kiválasztó bemenetére (2/3) érkező jelnek olyan szélesnek kell lennie – csak annyi ideig kell átállítani a fokozatot kettőről hármas osztásarányra –, hogy az áramkör csak egy impulzust nyeljen el. Ez a kívánt szélesség azonban az egyes fokozatoknál különböző a frekvencia függvényében, és még függ a fokozat aktuális állapotától is, hiszen a DMP fokozat csak a 01 állapotából tér át egy olyan állapotba, amikor pulzust nyel el. Az egyes DMP fokozatok EN bemenetére az egyes fokozatok periódusidejének ($T = 1/f$, f az egység működési frekvenciája) figyelembevételével, olyan széles impulzus érkezik, hogy a 2/3 DMP egységnek van ideje áttérni hármas osztásarányra, elnyelni pontosan egy impulzust és visszatérni kettes osztásarányra.

Az áramkör funkcionálisan megegyező cellákból épül fel, amelyek különböző frekvenciákon működnek. Az alacsonyabb frekvencián működő celláknak a megfelelő működéshez kevesebb áram is elegendő. A minimális fogyasztás elérése érdekében az egyes cellák áramait külön-külön kell meghatározni úgy, hogy a vizsgált fokozat megfelelő jelregenerálási tulajdonsággal rendelkezzen.

Ha egy cella ront a ECL jelszintkülönbségen, azaz a kimenetén a jelszintkülönbség kisebb, mint a bemenetén, akkor több ilyen tulajdonságú cellát egymás után kapcsolva a jelszintkülönbség addig romolhat, amíg az áramkör nem fog helyesen működni. Ha azonban minden cella kimenetén nagyobb a jelszintkülönbség, mint a saját bemenetén, más szóval regenerálja a jelszintet, akkor biztosabb lesz az áramkör működése.

Azonban bizonyos celláknál nem elég, hogy éppen csak regenerálja a jelet. Az áramkör néhány kritikus pontján előfordulhat, hogy a különböző hosszú jelutak miatt egy cella bemeneteire más késleltetéssel érkeznek a bemeneti jelek. Emiatt kevesebb idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy a cella a kimenetén a megfelelő jelszintet előállítsa. Ezért néhány cellánál nagyobb áramértékre van szükség.

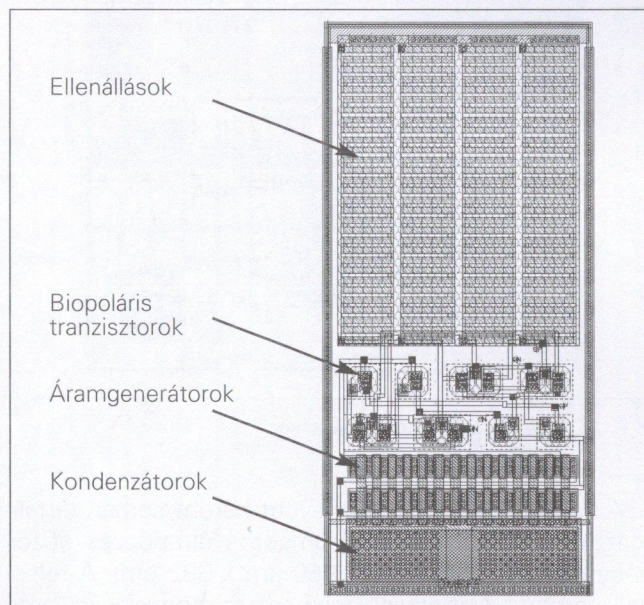
5. A frekvenciaosztó megvalósítása

A layout elkészítése során az integrált áramkör gyártásához szükséges különféle maszkok állnak elő. Először az egyes cellák layout rajzát kell elkészíteni, majd ezeket egymás mellé rakva és összehuzalozva elkészül a teljes áramkör layout rajza.

Az egyes cellák magassága ($132\ \mu\text{m}$), tápkialakítása, a cellákat felépítő alkatrészek elhelyezése azonos. A földsín és a tápsín vízszintesen húzódik végig a cellán, és minden cellánál az azonos szélességű vezeték azonos magasságban halad. Így ha a cellákat egymás mellé helyezzük, akkor a cellák tápellátása automatikusan kialakul.

A cellán belül legfelül vannak az ellenállások, alattuk a bipoláris tranzisztorok és ezek alatt az áramgenerátorokat megvalósító MOS tranzisztorok (8. ábra). A földsín és a MOS tranzisztorokat vezérlő jelsín közé minden cellánál legalulra még egy kapacitás került, aminek a szerepe az, hogy a vezérlő jelle kerülő esetleges nagyfrekvenciás változásokat szűrje. Értéke $1..2\ \text{pF}$ nagyságrendű.

További védelem a cellát körülvevő keretdiffúzió. Ez egy erősen adalékolt p típusú diffúzió. Ez a diffúziós



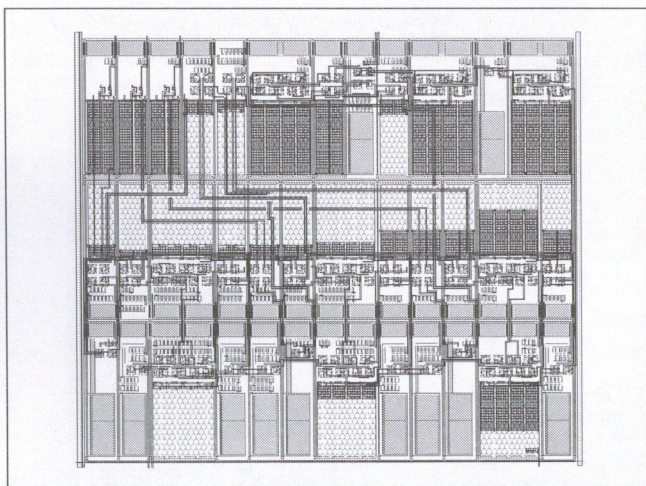
8. ábra A cella felépítése

csík körbeveszi a cellát, és a legnegatívabb feszültségű pontra, azaz a földre van kötve. Szerepe az, hogy a hordozó felé injektált áramokat összegyűjtse, és a földre vezesse. Továbbá védelmet nyújt a zavarok ellen. Ez főleg az analóg áramköröknél fontos, mert a gyors digitális áramkörök sűrű jelváltásai megzavarhatják az analóg áramkör működését.

Az összeköttetések a nagy működési sebesség miatt lehetőség szerint fém vezetékkel valósítjuk meg. A fémcsík késleltetése a kis négyzetes ellenállás miatt elhanyagolható, míg egy diffúziós vagy poliszilícium vezeték hosszabb távon jelentős késleltetéssel rendelkezik, ezért nem használható nagy sebességű jel vezetésére, vagy egy jel távolra való elvezetésére. Távoli összeköttetésekhez lehetőség szerint a felső fémréteget kell használni, mert ez a réteg van legfelül, legtávolabb a hordozótól, ezért legkisebb a parazita kapacitása.

Egy fémvezeték terhelhetősége a vezeték szélességétől függ: az adott technológián 1mA μm -enként. A legtöbb vezetéken azonban nem folyik nagy áram, ezért az adott technológia által előírt minimális szélességűek (0.9 μm) lehetnek. A két fémréteg közötti parazita kapacitásértéke kétszer nagyobb, mint a felső fémréteg és a hordozó között lévő szórt kapacitás, ezért a felső fémrétegen haladó vezetéknek legalább egy csíkszélességgel arrébb kell futnia, mint az alsó fémrétegen lévő vezetéknek. Ez különösen fontos a bipoláris tranzisztorok bázis és kollektor kivezetéseinél: ha a két vezeték egymás felett halad, akkor nagy lesz a Miller-kapacitás, ami jelentősen lassíthatja a működést.

Az azonos típusú cellák csak a MOS tranzisztorok számában és az ellenállás méretében különböznek. A bipoláris tranzisztorok és ezek összeköttetései minden cellában ugyanazok.



9. ábra A frekvenciaosztó layout terve

A 9. ábrán látható teljes layout három sorban tartalmazza a cellákat. Ez a háromsoros elrendezés közel négyzet alakzatot biztosít (450 μm x 392 μm). A felső cellasorban a fix osztásarányú osztót megvalósító tárolókat, továbbá a vezérlő logikát helyeztük el. Az alsó

két sorban DMP egységekből felépülő változtatható osztásarányú fokozat van.

A táp és a föld fésűs kialakítású: a cellákban vízszintesen az alsó fémsíkon, a négyzet alakzat mellett függőlegesen a felső fémsíkon vannak megvalósítva a sínek.

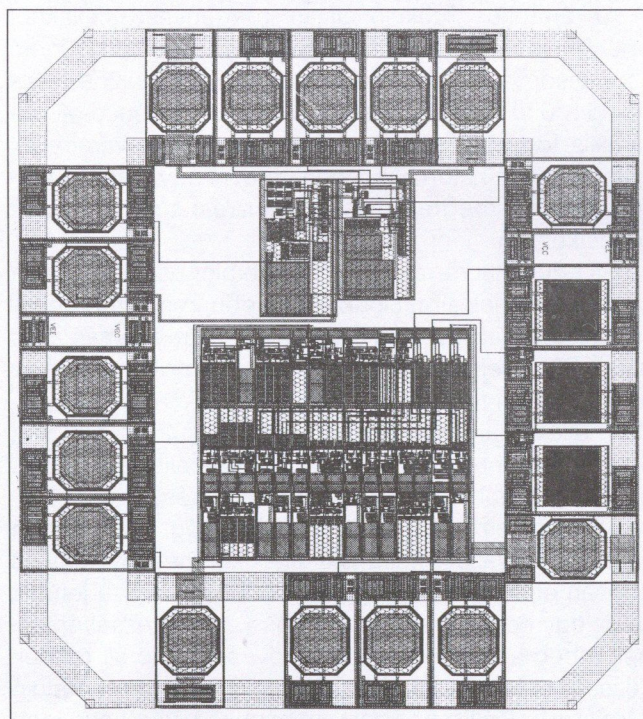
A nagy működési sebesség miatt nagyon fontos a cellák megfelelő elhelyezése. Ha két összekötendő cella nagyon messze kerül egymástól, akkor a hosszú vezeték nagy parazitakapacitása miatt annyira lelassulhat az áramkör, hogy jelentős többletárammal sem lehet biztosítani a megfelelő működést. A legkritikusabb természetesen a leggyorsabb fokozatok közötti összeköttetések hossza. Az elhelyezés során először a legnagyobb frekvenciájú (1GHz) jelvezetékek hosszát kell minimalizálni.

6. Az áramkör működésének vizsgálata

Az áramkör mérése céljából elkészítettük egy teljes csip tervét. Mivel ezt a csipet csak tesztelésre fogjuk használni, ezért helytakarékoság és gyártási költségek csökkentése céljából a frekvenciaosztó áramkörünk mellé felkerült egy másik vizsgálandó áramkör is.

A teljes csip layout (10. ábra) tartalmaz olyan funkcionális egységeket, amelyek az áramkörnek a külvilággal folytatott kommunikációját biztosítják. Ezek az egységek ESD védelemmel és áramkorláttal rendelkeznek, így megvédik a belső áramkört a túlfeszültségtől, illetve túláramtól.

A megtervezett áramkörünk szimulációs vizsgálata során teljesítette az előírt paramétereket. Az osztásarány menet közben széles skálán változtatható. A frekvenciaosztó széles hőmérséklettartományban (– 40 °C



10. ábra A csip layout terve

– +85 °C) is képes 1 GHz frekvencián működni. Az áramkör tervezése során figyelembe vettük az adott technológia paramétereit és az áramkört a technológiai szórások figyelembevételével optimalizáltuk. Szimulációk alapján a fogyasztást sikerült minimalizálni az adott technológián, amely a technológiai szórásoktól függően 5.8 mW és 11.3 mW között alakulhat.

Az általunk megtervezett csip gyártásba került. A legyártott áramkör működését mérésekkel is igazoltuk. A vizsgált áramkörök mérése során 7.2 mW fogyasztást mértünk.

7. Összefoglalás

Az általunk megtervezett frekvenciaosztót egy magyar cég gyártatta le. A legyártott áramkör mérése igazolta a szimulációs eredményeket. A frekvenciaosztó tervezése során megszerzett tapasztalatokat a cég a további fejlesztéseknél tudja kamatoztatni. Az elkészült frekvenciaosztó áramkör tényleges felhasználásra kerülhet egy vezeték nélküli, rádiófrekvenciás adatátviteli eszközben.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani dr. Székely Vladimir professzornak, aki szakmai tapasztalataival, észrevételeivel támogatta munkánkat, és e cikk elkészítését segítette.

Külön köszönettel tartozunk Erdélyi Jánosnak és Benedek Zsoltnek, akik szakmai forrásokkal, tanácsok-

kal láttak el minket és biztosították az áramkör tervezésének, kivitelezésének és gyártásának feltételeit.

Irodalomjegyzék

1. Wei-Zen Chen and Jieh-Tsorg Wu, „A 2-V, 1.8-GHz BJT Phase-Locked Loop”, IEEE Journal of Solid-State Circuits vol. 34. no. 6. p. 784–789, June 1999
2. Patrik Larsson, „High-Speed Architecture for a programmable Frequency Divider and a Dual-Modulus Prescaler”, IEEE J. of Solid-State Circuits vol. 31. no. 5. p. 744–748, May 1996
3. Turgut S. Aytur, „A 2-GHz, 6mW BiCMOS Frequency Synthesizer”, IEEE Journal of Solid-State Circuits vol. 30. no. 12. p. 1457–1462, December 1995
4. Moriaki Mizuno, Kirokayu Suyuki, „A 3-mW 1.0-GHz Silicon-ECL Dual-Modulus Prescaler IC”, IEEE Journal of Solid-State Circuits vol. 27. no. 12. p. 1794–1798, Dec. 1992
5. N.-H. Sheng, L. Pierson, K.-C. Wang and M.-C. F. Chang, „High Speed Multimodulus HBT Prescaler for Frequency Synthesizer Applications”, IEEE Journal of Solid-State Circuits vol. 26. no. 10. p. 1362–1367, October 1991
6. Michael H. Perrot, Theodore L. Tewksbury III and Charles G. Sodini, „A 27-mW CMOS Fractional-N Synthesizer Using Digital Compensation for 2.5 Mb/s GFSK modulation”, IEEE Journal of Solid-State Circuits vol. 32. no. 12. p. 2048–2059, December 1997

Hírek

Az újraeledő lendkerék az űrtechnikában és más alkalmazásokban felülmúlja az ólomakkumulátort. Űrállomáson az ugyanakkora térfogatú és súlyú ólomakkumulátornál jobb hatásfokú (90% fölött), kapacitása kétszeres, élettartamát 3-10-szeresére becsülik. Három lendkerékkel az űrállomás térbeni irányultsága is egyúttal fenntartható.

A szén újabban felfedezett rendkívüli szilárdságú módosulatainak alkalmazásával kis tömegű, 100 000 fordulat/perc sebességű, villamos motorgenerátorral egybeépített, alacsony légnyomású tartályban mágneses csapágyakon gördülő, henger alakú lendkerekek készíthetők. A kutatók számos földfelszíni békés és katonai célú alkalmazásán dolgoznak.



Magyar részről ellenállás mutatkozik DT ama terve ellen, hogy összes mobil leányvállalatát T-Mobile gyűjtőnév alatt kívánja a piacon működtetni, annak demonstrálására, hogy a földgolyó milyen nagy részén vetette meg a lábát. A Westel arra hivatkozik, hogy a magyar piacon eleve igen jól be van vezetve, a névváltozásból a cégnek semmi haszna sem lenne. A T-Mobile szóvivője szerint a marketingkampány további célja, hogy elrejtse azt, hogy német vállalatról van szó, ugyanakkor a közép-európai előfizetőknek azt sugallja, hogy ugyanolyan kiszolgálásban részesülnek, mint a nemzetközi cég angol vagy amerikai előfizetői. Egy londoni elemző szerint a jó viszonyra tekintettel a T-Mobile nem fogja erőltetni, hogy a magyar cég neve rövid időn belül megváltozzon.

2.4 GHz-es integrált oszcillátor tervezése

MATYI GÁBOR

e-mail: gabor_matyi@freemail.hu

Reviewed

A cikk vázolja az Si-re integrált induktivitások néhány tulajdonságát, és egy egyszerű modellezési eljárást. Vázolja továbbá a fáziszaj egy lehetséges matematikai leírását, néhány átfogó megfontolást a fáziszajról és egy teljesen integrált kivitelű oszcillátor tervezésének főbb lépéseit, valamint a szimulációk eredményeit.

Bevezető

Áramkörökben széles körben alkalmazunk félvezető alapú eszközöket, melyek többsége monolit kivitelben készül és összetett feladatok elvégzésére képes. Az egyre növekvő követelmények kielégítésére egyre nagyobb fokon integrált áramköri rendszereket gyártottak, és gyártanak. Fontos, hogy az áramkör tegyen eleget az egyre fokozódó hely- és energiatakarékosági követelményeknek. Különösen nagy hangsúlyt kapnak akkor, amikor hordozható kivitelben kell előállítani egy hírközlési rendszert.

A továbbiakban teljesen integrált kivitelű oszcillátor tervezési folyamatát ismertetem, aminek során a fenti szempontok érvényesültek.

Néhány szó a monolit induktivitásról [1]

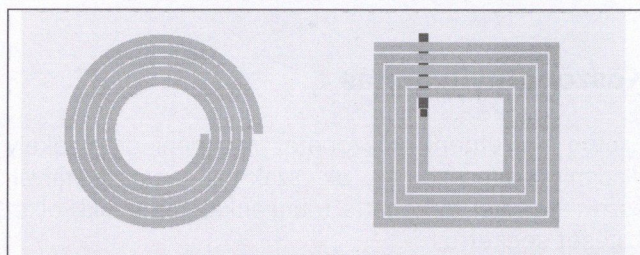
Az eddigiekben a monolit induktivitások számos fajtáját fejlesztették ki, ezek közül látható néhány az (1–2. ábrán).

Az 1. és 2. ábra között a fő különbség a felhasznált fémrétegek számában rejlik. Míg az 1. ábrán a teljes induktivitás egy fémrétegen van, addig a 2. ábrán láthatók két fémrétegen foglalnak helyet. Ezek nagy előnye, hogy a 2. ábrán látható induktivitások sokkal szimmetrikusabbak, mint az egy fémrétegen elhelyezkedő társaik.

Röviden a monolit induktivitások modellezéséről [2], [3]

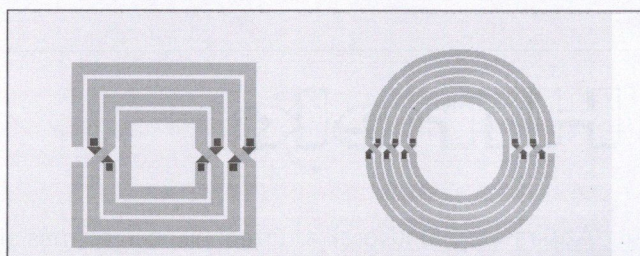
Ahhoz, hogy modellünk könnyen kezelhető, rugalmas és elég pontos legyen, néhány feltételnek meg kell felelni:

- Elégséges pontosság a működés ferkvenciatartományában,



1.a. ábra

1.b. ábra



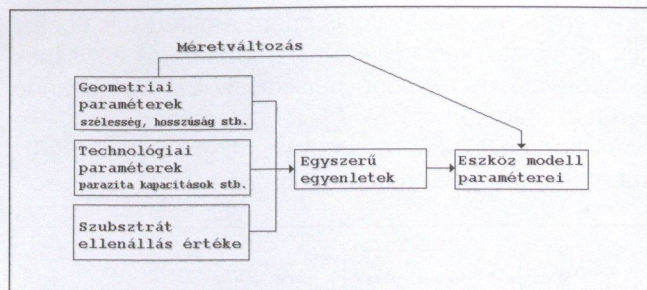
2. ábra

- Könnyen számolható modellparaméterek,
- Az eszköz méretváltásaira ne kelljen újraszámolni a modellparamétereket.

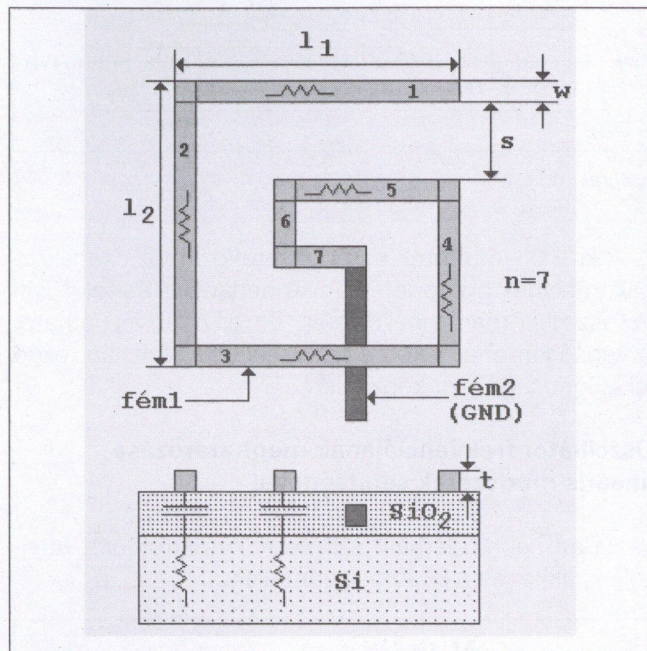
Mivel az oszcillátor 2.4 GHz-en működik, ezért a modellnek legalább 3×2.4 GHz-ig (a harmadik felharmonikusig) kell kielégítően pontosnak lennie. Egy egyszerű modellezési technika vázlatos folyamatát láthatjuk a 3. ábrán.

A 4. ábrán az 1.b. ábrán bemutatott struktúra egy részletét láthatjuk, feltüntetve a jellemző, fontos méreteket. Az 1. táblázat tartalmazza a struktúra paramétereinek leírását.

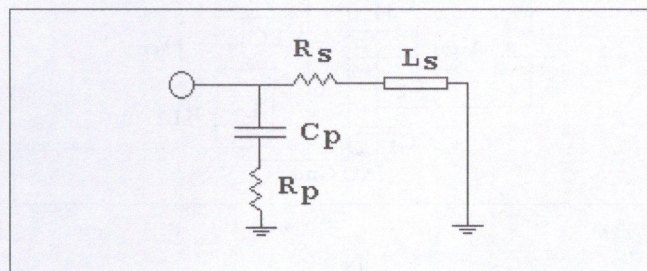
A parazitaelemeket, mint a soros ellenállás (R_S), parazitakapacitás (C_P) és szubsztrát (magyar megfelelője hordozó) ellenállás (R_P), a 5. ábrán láthatjuk. Mivel szá-



3. ábra



4. ábra



5. ábra

mos alkalmazásban (köztük a miénkben is) az induktívitás egyik vége AC földön van, így az ekvivalens hálózat a 5. ábra szerint alakul. Az alábbiakban egy olyan modellező eljárást ismertetünk, amely ilyen típusú, egyik végén földelt induktívítások modellezésére jó.

Név	Leírás
l_i	Az i-dik szegmens hossza
w	A fémcsík szélessége
t	A fémcsík magassága az Si-n
s	Két szomszédos szegmens közötti távolság
n	Szegmensek száma

1. táblázat

Név	Leírás
R_s	A fém négyzetes ellenállása
C_{sub}	Egységnyi felületre vett parazitakapacitás a fém és a szubsztrát ellenállás között

2. táblázat

Az 1.b. fajta struktúra LS induktivitása a Greenhouse eljárással számolható, mely az 1. táblázatban látható geometriai paraméterek segítségével dolgozik.

Egy 1.b. szerinti négyzetes struktúra szétbontható négyzetes szegmensekre, melyek hossza l_i , és szélessége w . Az i-dik szegmens induktivitása:

$$L_i = f(l_i, w, t) \quad (1)$$

a geometriai paraméterek függvénye. A kölcsönös induktivitás az i-dik és a j-dik szegmens között:

$$M_{ij} = g(l_i, l_j, w, n, i, j) \quad (2)$$

szintén geometriai paraméterek függvénye.

A spirál teljes induktivitása:

$$L_s = \sum_{i=1}^n L_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_{i,j} \quad (3)$$

módon számolható, ahol

$$i \neq j \quad (4)$$

A fémcsík soros ellenállása a 2. táblázatban feltüntetett paraméterek segítségével

$$R_s = \left(R_s \sum_{i=1}^n l_i \right) / w \quad (5)$$

számolható. A fém és a hordozó között lévő parazita kapacitás

$$C_p = C_{sub} w \sum_{i=1}^n l_i \quad (6)$$

módon számolható. Az R_p szubsztrátellenállás értékét már lényegesen nehezebb számolni. Ehhez először ismernünk kell L_s , R_s és C_p értékét. Ezután a [2] szerinti eljárást követjük. Eszerint egy előzetes optimalizációt hajtunk végre. Különböző méretű spirálokat megmérve a 5. ábra szerinti hálózatot hozzáoptimalizáljuk a szabad paraméter segítségével. Ezen a módon kapunk minden egyes mérettartományra egy R_p -t. Ekkor [2] lineáris összefüggést feltételez az $1/R_p$ és a terület között. Mivel az $1/R_p$ a hordozó vezetőképességét reprezentálja, a szubsztrát egységnyi területre eső vezetőképessége (G_{sub}) számolható. Ha ismerjük a G_{sub} -ot, akkor $1/R_p$ az alábbiak szerint számolható:

$$R_p = 1 / \left(G_{sub} w \sum_{i=1}^n l_i \right) \quad (7)$$

Látható, hogy egyenleteink segítségével minden modellparaméter kiszámolható, így mérettől függetlenül szimulálhatjuk a négyzetes spirális induktívításokat, amíg a hálózat nem lesz elosztott.

A fent leírt módszer segítségével könnyen modellezhetünk kapacitásokat és ellenállásokat is.

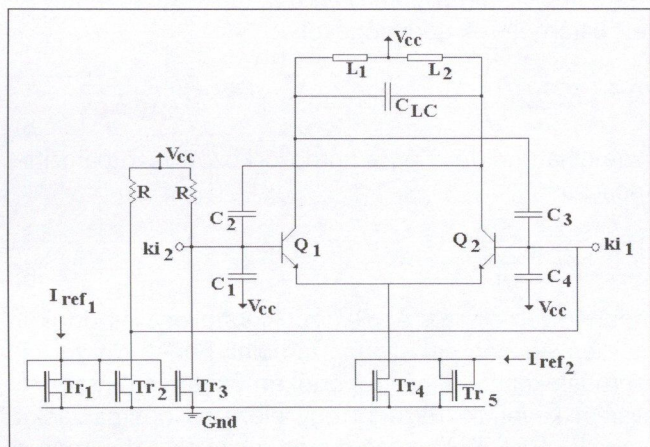
Oszcillátorok frekvenciastabilitása [3]

Egy oszcillátor frekvenciastabilitását jelentősen befolyásolják az áramkör nemlineáris tulajdonságai is. Ugyanis a nemlinearitások miatt a körben megjelennek az alapharmonikus felharmonikusai, melyek a nemlinearitáson különbségi frekvenciaként rálapolódnak az alapharmonikusra. Ez hozzáadódva az alapharmonikushoz, megváltoztatva annak fázisát, befolyásolja a rezgés frekvenciáját.

A használt struktúra

Az oszcillátorkapcsolásokban tehát megjelennek a felharmonikusok, amelyeket, ha a kapcsolás aszimmetrikus, csak valamilyen szabályozási rendszer segítségével lehet csökkenteni.

Ha viszont szimmetrikus struktúrát alkalmazunk, akkor csak minden páratlan felharmonikus komponens marad benn, s ezáltal javul a jel torzításmentessége, s a zajjellemzői is. Mivel itt maga a struktúra van a segítségünk, ezért terjedt el az utóbbi időben igen széles körben ennek az elrendezésnek a használata. Ennek a rendszernek az előnyös tulajdonságai miatt választottuk mi is ezt az áramköri elrendezést kiindulási alapként.



6. ábra

A 6. ábrán látható az általunk kiválasztott kapcsolás részletes rajza. Ennek a kapcsolásnak az alapját a differenciálerősítő Q_1 , Q_2 tranzistorai adják

$$Q_1 \equiv Q_2 \quad (8)$$

Nagyon fontos a szimmetria szempontjából, hogy az alábbi feltételek teljesüljenek:

$$L_1 \equiv L_2 \quad (9)$$

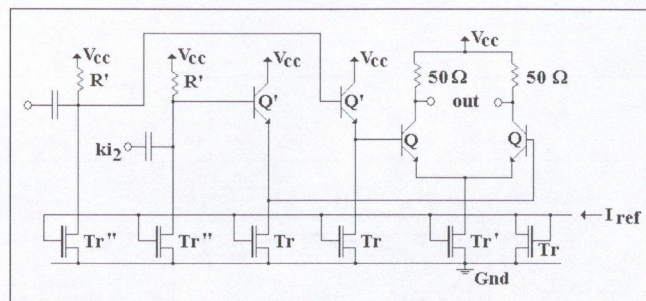
$$C_1 \equiv C_3 \quad (10)$$

$$C_2 \equiv C_4. \quad (11)$$

Kapacitív visszacsatolás esetén a DC csatolás megszűnik és az amplitúdóosztás segítségével kézbentart-hatjuk állandósult állapotban a bázisra jutó rezgés amplitúdóját. A kapacitív osztó másik (nem a kollektorra kapcsolódó) vége AC szempontból földelve van.

A kapacitív visszacsatolás imént említett tulajdonsága miatt, biztosítani kell a Q_1 - Q_2 tranzistorok bázisának a megfelelő munkaponti beállítását. Ezt biztosítandó került az áramkörbe a Tr_1 - Tr_3 , R-R áramkör.

A differenciálerősítő munkaponti áramát a Tr_4 - Tr_5 áramtűkőrtarnisztorpár állítja be.

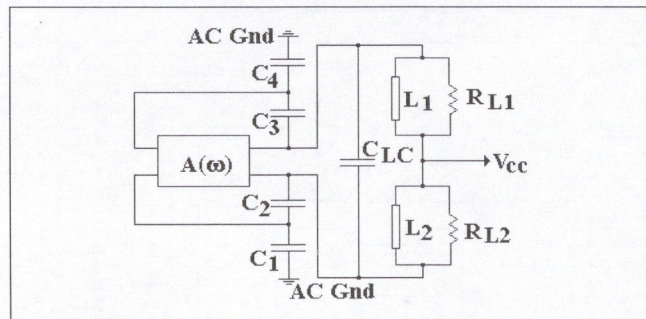


7. ábra

A ki_1 - ki_2 kimenetek egy buffrefokozathoz csatlakoz-nak, melynek bemenete nagyimpedanciás és felerősíti az oszcillátorban előálló jelet. Ez a 7. ábrán látható. A végső kimenet a két, egymással ellenfázisban rezgő jel különbségként képződik.

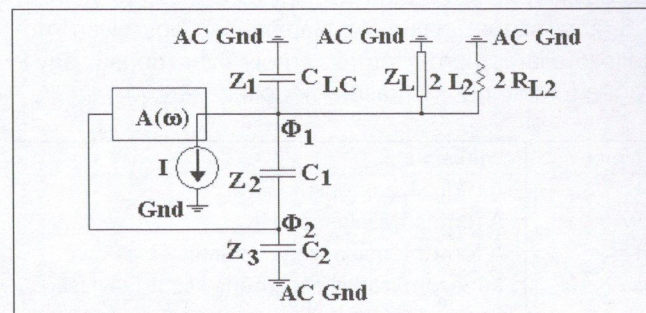
Oszcillátor frekvenciájának meghatározása lineáris módszerek segítségével

Ha a 6. ábrán látható szimmetrikus struktúrát átraj-zoljuk, akkor az a 8. ábra szerint alakul.



8. ábra

Mivel a használt elrendezés szimmetrikus, és a szimmetrikus erősítő (differenciálerősítő) két bemene-tét szimmetrikusan vezéreljük, az erősítőt két részre vág-hatjuk, az 9. ábra szerint. Mivel differenciálerősítőt



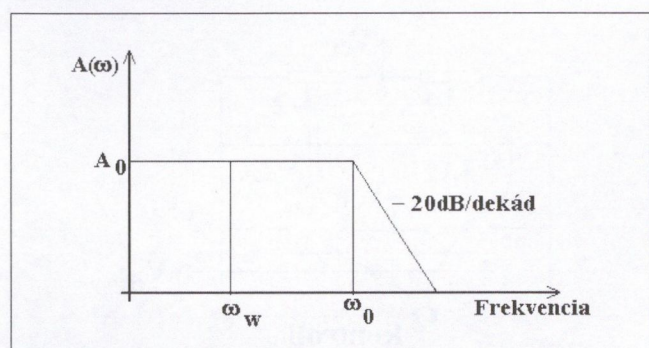
9. ábra

használunk, ezért az két egyenlő, földelt emitteres részre bontható.

Ebben az esetben néhány egyszerűsítő feltételt tehetünk:

- Az erősítő bemeneti impedanciája végtelen (mivel áramgenerátor van a tranzisztor emitterénél) és a kimenet áramgenerátoros, mivel kis jelű működést feltételezünk.
- A kis jelű működés miatt a nemlineáris erősítő átviteli karakterisztikáját közelíthetjük egy egy töréspontos lineáris karakterisztikájával (ez látható a 10. ábrán).

Ezzel a feladatunk jelentősen egyszerűsödött. A 9. ábrán látható kapcsolat csak a berezgési feltétel, és a rezgési frekvencia kiszámítására használható.



10. ábra

Tegyük fel, hogy az oszcillációs frekvencia lényegesen kisebb, mint a törésponti frekvencia, így az oszcillációs frekvencia közelében nem kell az erősítő frekvencia függésével számolnunk ($\omega_w \ll \omega_0$).

Az 9. ábra segítségével felírhatjuk a Kirchoff-egyenleteket:

$$\begin{aligned} A(\omega)\Phi_2 + \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{Z_2} + \frac{\Phi_1}{Z_1} + \frac{\Phi_1}{Z_L} + \frac{\Phi_1}{Z_{L2}} &= 0 \\ \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{Z_2} + \frac{\Phi_2}{Z_3} &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

amit átrendezve:

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_L} + \frac{1}{R_{L2}} & A(\omega) - \frac{1}{Z_2} \\ -\frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \end{pmatrix} = \bar{0}$$

egyenletet kapjuk. Ha a triviálisától eltérő megoldást szeretnénk kapni, akkor a fenti mátrix determinánsát egyenlővé kell tennünk 0-val. Kifejtve és átrendezve a fenti mátrix determinánsát az alábbi egyenletet és megoldásokat kapjuk:

$$\omega^2(C_{LC}C_1 + C_{LC}C_2 + C_1C_2) - \frac{C_1 + C_2}{2L_2} - j\omega \left[\frac{C_1 + C_2}{2R_{L2}} - AC_2 \right] = 0$$

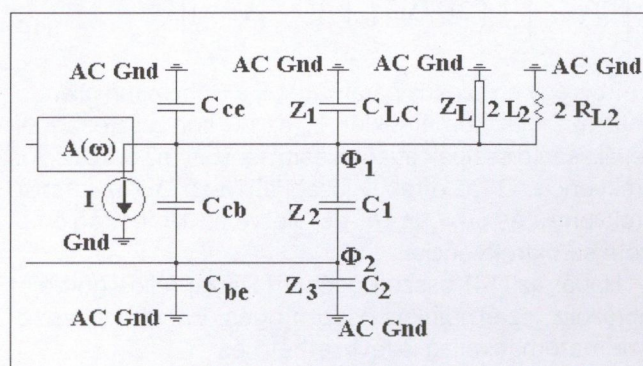
ekkor a berezgési feltétel:

$$A(\omega) = \frac{1}{2R_{L2}} \frac{C_1 + C_2}{C_2} \quad (13)$$

és a rezgési frekvencia

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{2 L^2 \frac{C_{LC} C_1 + C_{LC} C_2 + C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

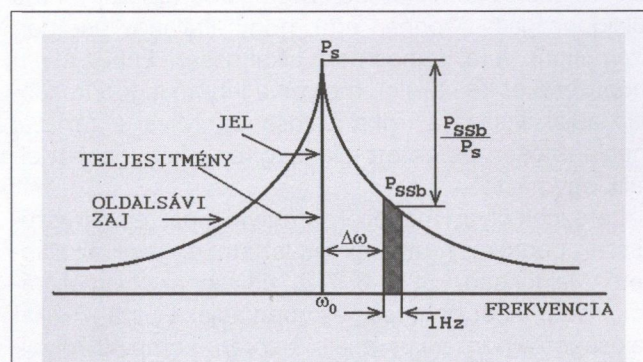
Fent látható a rezgési feltétel és a rezgési frekvencia értéke. Jól látható, hogy a rezgési feltétel kifejezésében az induktivitás jósági tényezőjét jellemző mennyiség, és a visszacsatolás mértéke határozza meg az erősítő szükséges erősítését. A rezgési frekvencia minden, az áramkörben szereplő kapacitástól függ.



11. ábra

A fentiekben kihagytuk számításunkból a parazita kapacitásokat. Ezeket tüntettük fel a 11. ábrán. Jól látható, hogy ezek párhuzamosan kapcsolódnak a visszacsatoló kapacitásokkal, tehát befolyásolják mind a rezgési feltételt, mind a rezgési frekvenciát. Mivel ezek a kapacitások nemlineárisak, függnek az időtől és a tranzistor kapcsain megjelenő feszültségektől, ezek hatásait kívánatos elnyomni. Ezek akkor érvényesülnek kevésbé, ha minél nagyobb impedanciát (azaz kis kapacitásértéket) képviselnek. Ezeket viszonylag nagy visszacsatoló kapacitásértékekkel lehet elnyomni.

A fáziszaj matematikai modelljei [4], [5], [6], [7], [8]



12. ábra

Az 12. ábrán azt a spektrumot mutatjuk, melyet mi is láthatunk, ha egy spektrumanalizátorral megnézzük oszcillátorunk kimeneti jelét.

Itt P_s : vivő teljesítmény, P_{ssb} : az oldalsáv vivőtől $\Delta\omega$ távolságra 1 Hz-es sávban mérhető teljesítménye. A fáziszajt e két teljesítmény hányadosaként (P_{ssb}/P_s) értelmezzük a $\Delta\omega$ függvényében [5]. Látható, hogy annál kisebb ez a hányados, minél kisebb a zajoldalsáv teljesítménye és minél nagyobb a jelteljesítmény.

A fáziszaj egy lehetséges matematikai leírását először 1966-ban D. B. Leeson adta meg [4]. Ez a modell a legismertebb és Leeson-modellként emlegetik. Ez az LC tag lineáris, idő-invariáns megközelítésén alapszik és az alábbiak szerint adja meg a fáziszaj mértékét a vivő körül:

$$L\{\Delta\omega\} = 10 \log^*$$

$$* \left[\frac{2FkT}{P_s} * \left[1 + \left(\frac{\omega_0}{2Q_L\Delta\omega} \right)^2 \right] * \left(1 + \frac{\omega_{1/f^3}}{|\Delta\omega|} \right) \right] \quad (14)$$

Itt F egy empirikus paraméter, k a Boltzmann-állandó, T az abszolút hőmérséklet, P_s az LC kör veszteségi ellenállásán disszipált átlagteljesítmény, ω_0 az oszcillációs frekvencia, Q_L az effektív jósaági tényező, $\Delta\omega$ az offszet-frekvencia és ω_{1/f^3} az $1/f^2$ -es, illetve az $1/f$ -es régió közötti sarokfrekvencia.

Habár az (14) összefüggés a fáziszaj teljes görbáját ábrázolja, ez empirikus összefüggés. Ennek $1/f^2$ -es része matematikailag is levezethető és

$$L\{\Delta\omega\} = 10 \log \left[\frac{2FkT}{P_s} * \left(\frac{\omega_0}{2Q\Delta\omega} \right)^2 \right] \quad (15)$$

módon adja meg a teljes fáziszajgörbe $1/f^2$ -es részét. Habár (15) könnyen számolható, sajnos az ω_{1/f^3} frekvenciához nem juthatunk el hasonló gondolatmenet segítségével, mint az $1/f^2$ -es tartományhoz. Ebben az esetben ez sajnos leginkább kísérleti úton, méréssel határozható meg. Ennélfogva a számolás kissé nehézkessé válhat.

Azonban létezik a fáziszajnak egy idővariáns leírási módja is [6, 8], amely kiküszöböli a „Leeson-modell” hiányosságait.

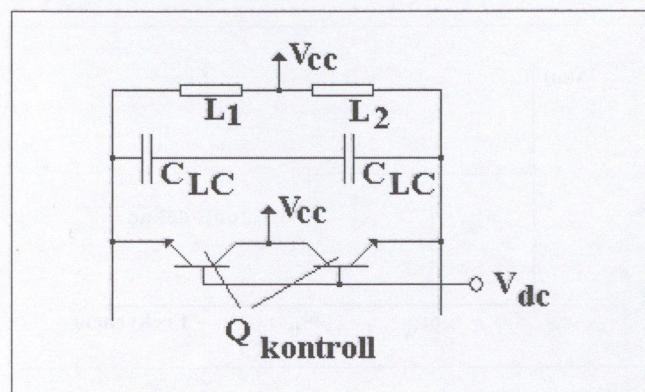
Az eddigiekben olyan matematikai modelleket mutattunk be, melyek számos egyszerűsítés után adódtak, és ezért szemléletesen mutatják a fáziszaj fontos tulajdonságait. Azonban arra, hogy általános esetben számoljunk vele, sajnos nem alkalmasak. Ehhez olyan módszereket kell találni, melyek a lehető legpontosabban adják vissza a fizikai valóságot. Mivel a fáziszaj meglehetősen összetett jelenség, ez a két vonal itt elválik egymástól.

Léteznek olyan modellek, amelyek hasznos tervezési szempontokat mutatnak, és láttatni engedik az alapvető tulajdonságokat [4, 6, 7, 8], és vannak olyan eljárások, melyek bár pontosan és hűen adják vissza a fizikai valóságot a numerikus analízis során, kompakt mivoltuknál fogva alkalmatlanok arra, hogy egyszerre töltsék be a szemléletesség szerepét is [9, 10, 11]. Egy ilyen

numerikus eljárás a „Harmonic-Balance”, mely felhasználásával könnyen és gyorsan tudunk fáziszajt számolni. Ez a módszer eredetileg a nemlineáris áramkörök numerikus analízisát volt hivatott segíteni, de szerkezeténél fogva könnyen alkalmassá tehető a fáziszaj számolására is.

Az áramkör numerikus számítógépes szimulációja a HP-ADS program segítségével történt, amely a kialakuló rezgések amplitúdóját, frekvenciáját és a fáziszajt is a fent elmített „Harmonic Balance” eljárás segítségével számolja. Erről a [9, 10, 11] irodalmakban található bővebb információ.

Néhány hasznos tervezési szempont



13. ábra

Az 13. ábrán látható bipoláris tranzisztorok bázis emitter kapacitását használjuk hangolható kapacitásgyanánt. Mivel a helyes működéshez biztosítani kell a tranzisztorok lezárt állapotát, s jó, ha a bázis emitter kapacitás is meglehetősen lineáris, a bázisra kapcsolt kontroll feszültség (V_{dc}) 0,2-0,3 V-nál jobban nem közelítheti meg a kollektorfeszültséget.

Mivel a differenciálerősítő erősítése nagyban függ munkaponti áramától és ezen keresztül a kialakuló jelamplitúdó, s vele a fáziszaj is, ezért nagyon fontos ennek meghatározása.

A működés szempontjából két paramétról nem szoltunk. Az egyik a Q_1 - Q_2 tranzisztorok bázisfeszültsége, a másik ezzel összefüggésben az emitterek feszültsége. A Q_1 - Q_2 tranzisztorok emitterén lévő feszültség minimális értékét a Tr_4 tranzisztor határozza meg, mivel itt még elegendő feszültségnek kell maradnia ahhoz, hogy a Tr_4 tranzisztor ki tudjon nyitni. Ha most feltesszük, hogy a Q_1 - Q_2 tranzisztorok bázis-emitter diódáin normál aktív üzemmódban 0,9 V (worst case) esik, akkor a Q_1 - Q_2 tranzisztorok bázisain a DC feszültség minimálisan 1,2 V lehet. A Q_1 - Q_2 tranzisztorok DC bázisfeszültségeit pontosan csak a szimulációk végére fogjuk megismerni, mivel nagyon fontos szempont, hogy időtartományban a Q_1 - Q_2 tranzisztorok kollektorán fellépő jel minimuma ne legyen kisebb a bázisokon fellépő jel maximumánál, vagyis a bázisfeszültség az időben soha ne tudjon a kollektorfeszültség felé emelkedni. Ebben az esetben ugyanis az alkalmazott modellek elvesztik

érvényességüket. A kollektorokról a bázisokra jutó jel amplitúdóját a kapacitív osztó is meghatározza, ezen keresztül viszont az oszcilláló rendszer összes egyéb lényeges paramétere (alapharmonikus frekvenciája, fáziszaj) is megváltozik. Tehát a végleges, pontos DC bázisfeszültség csak egy olyan komplex optimalizációs szimulációs eljárásorozattal lefuttatásával meghatározható, ahol minden fontos egyéb paramétert is figyelembe veszünk (alapharmonikus frekvenciája, fáziszaj).

A bufferfokozat

A bufferfokozat elsődleges szerepe esetünkben nem más, mint megakadályozni, hogy a külvilág befolyásolja az oszcillátor működését.

A ki1-ki2 kimenetek csatlakoznak a bufferfokozathoz, mely a kellő mértékben felerősíti az oszcillátorban előálló jelet. Ez a 7. ábrán látható. A végső kimenet a két szimmetrikus, ám egymással ellenfázisban rezgő jel különbségeként képződik. Hogy a bufferfokozat ne terhelje DC-ben az oszcillátort, egy DC leválasztó kapacitást rakunk be, majd a Q' tranzisztorok munkapontját a Tr'', R' pár segítségével állítjuk be.

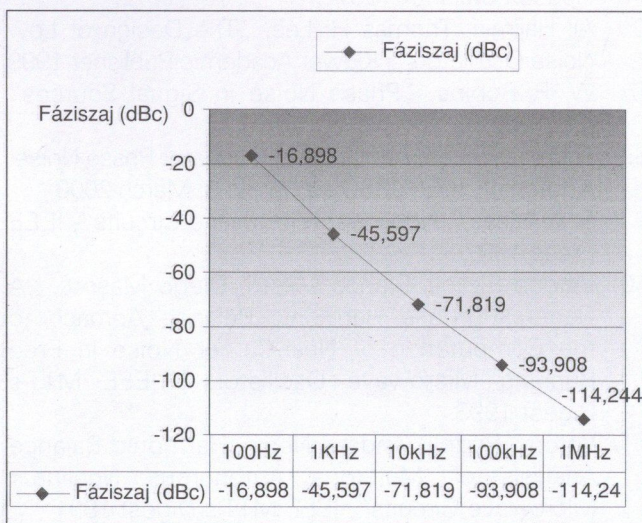
Fontos, hogy a kimeneten lévő differenciálerősítő teljesen szimmetrikusan legyen lezárva.

Szimulációs eredmények

Az alábbiakban ismertetem az oszcillátor szimulációs eredményeit. Az alábbi táblázat a szimulált fáziszajértékeket mutatja.

Érdekes lehet összevetni a matematikai modellel számolható fáziszajváltozást a szimulált értékekkel. Ehhez első lépésben vizsgálnunk kell a kollektoron és a bázison fellépő amplitúdók változását a munkaponti áram függvényében (14. ábra).

A szimulált fáziszajértékek:



14. ábra

A kollektoron és a bázison fellépő amplitúdók változása a munkaponti áram függvényében:

Munkaponti áram (mA)	Amplitúdó a kollektoron (V)	Amplitúdó a bázison (V)
2	0.047	0.0185
2.5	0.0955	0.0375
3	0.1305	0.052
3.5	0.1615	0.0645
4	0.2	0.08

A IV. fejezetből ismerjük a Leeson-formulát, amelynek segítségével könnyen számolható a fáziszaj változása az alábbiak szerint:

$$\Delta L\{\Delta\omega\} = L_1\{\Delta\omega\} - L_2\{\Delta\omega\} = 10 \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 20 \log\left(\frac{U_{\text{amplitúdó1}}}{U_{\text{amplitúdó2}}}\right).$$

Tehát

Munkaponti áram változása (mA)	A fáziszaj változása a szimuláció szerint (dBc)	A fáziszaj változása a Leeson-formula szerint (dBc)
4 - 3.5	1.2	1.4
3.5 - 3	1.6	1.85
3 - 2.5	2.5	2.712
2.5 - 2	6.1	6.15

Tudjuk, hogy az oszcillátor fáziszaja a visszacsatolt amplitúdó nagyságától is függ. Ebben az esetben csak a kapacitív visszacsatoló hálózat visszacsatolási hányadosától függ a bázisra jutó amplitúdó. Ebben a vizsgálatban a C₂, C₃ kapacitások értékeit egyszerre változtatva módosítjuk a kapacitív visszacsatolást.

Ha változtatjuk a kapacitív visszacsatolás mértékét, akkor változik a frekvencia is, amit kompenzálni kell a kapacitások változtatásával. A fáziszajértékek csak abban az esetben hasonlíthatók össze, ha az alapharmonikus frekvenciája a különböző szimulációs elrendezésekben azonos.

A fentiek alapján vizsgáljuk meg, hogyan változik a fáziszaj a C₂, C₃ (femto-Farad (fF)) kapacitások változásának függvényében:

A C ₂ , C ₃ kapacitások változása (fF)	A fáziszaj változása a szimuláció szerint (dBc)	A fáziszaj változása a Leeson-formula szerint (dBc)
600-550	0.3	0.09
550-500	0.4	0.23
500-450	0.7	0.47
450-400	1.1	0.89
400-350	2.5	2.26

Most nézzük meg, hogyan változik a fáziszaj, ha állandó értéken tartjuk az amplitúdót és a frekvenciát, s a kapacitív visszacsatolás mértékét és a differenciálerősítő munkaponti áramát változtatjuk. Ekkor megváltoztatva a C₂, C₃ kapacitások értékét, a Q₁-Q₂ tranzisztorokon átfolyó munkaponti áram segítségével beállítjuk az amplitúdót, a hangolható kapacitás segítségével a frekvenciát, és nézzük a fáziszajt.

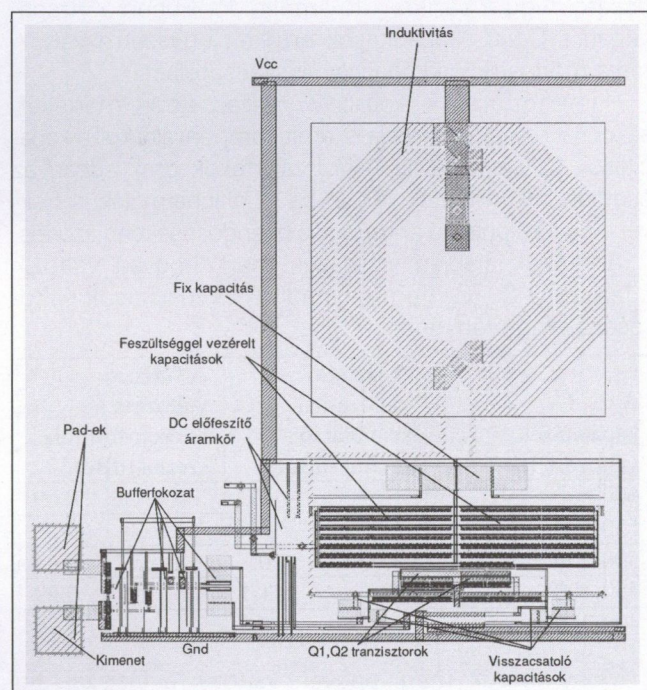
A C2,C3 Kapacitások (fF)-munkaponti áram (mA)	A fáziszaj 1MHz távolságban az alapharmonikustól (dBc)
300 fF - 5.24 mA	-109.6
350 fF - 4.75 mA	-111.5
400 fF - 4.5 mA	-112.5
450 fF - 4.33 mA	-113
500 fF - 4.22 mA	-113.4
550 fF - 4.13 mA	-113.7
600 fF - 4.06 mA	-113.9
650 fF - 4 mA	-114

A layout (15. ábra)

Az alábbi ábrán az oszcillátor layout rajza látható, a bufferfokozattal.

Jól látható, hogy a legnagyobb helyet az induktivitás foglalja el. Ez alatt foglalnak helyet a fix kapacitások és ez alatt találhatók a változtatható kapacitásként használt tranzisztorok. A Q_1 , Q_2 tranzisztorokat a teljesebb szimmetria érdekében X alakban egymással keresztbe helyeztem el, ezzel is csökkentve a technológiai szórásból származó aszimmetriát. Az áramtűkrök és a DC előfeszítést végző hálózatok ez alatt, illetve oldalt találhatók, majd emellett foglal helyet a bufferfokozat.

Az ilyen jellegű szimmetrikus oszcillátorok tervezésénél fokozottan kell vigyázni arra, hogy ne csak az áramkör egyes elemeinek értéke és formája legyen összhangban a szimmetria elvével, hanem az áramkör topológiája is.



15. ábra

Konklúzió

A szimulációs eredményekből jól látható, hogy a „Leeson-modell” meglehetősen hűen követi a fáziszaj

változását mindaddig, amíg ez az amplitúdó változásától is függ. Ha viszont az amplitúdó változatlan marad, akkor látszik, hogy léteznek olyan hatások is, melyek a „Leeson-modell” segítségével már nehezen, vagy egyáltalán nem kezelhetők. Ha a „Leeson-modellt” vesszük alapul, akkor ezek a hatások az „F” paraméterben vannak belefoglalva, ami empirikus paraméter [6]. Ezeknek a hatásoknak a feltárása, és a fáziszaj minimumát jellemző szükségességi és elégségességi feltételek meghatározása ezért számos nehézségbe ütközik.

Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton fejezi ki köszönetét dr. Berczeli Tibor, dr. Eged Bertalan tanár uraknak, továbbá Mernyei Ferencnek és Zólmay Atillának hasznos tanácsaikért és segítségükért.

Irodalom:

1. Ali M. Niknejad, „Analysis, Simulation, and Applications of Passive Devices on Conductive Substrates”, University at California Berkely 2000 (PhD disszertáció)
2. Ryuichi Fujimoto, Osamu Watanabe, Fumie Fujii, Hideyuki Kawakita, Hiroshi Tanimoto, „High-Frequency Device Modeling Techniques for RF-CMOS Circuits”, IEICE Trans. Fundamentals, vol. E84-A. no.2. February 2001
3. Komarik József, „Analóg Integrált Áramkörök Kapcsolástechnikája, Nemlineáris alkalmazások”, 1988 Egyetemi jegyzet
4. DB Leeson, „A simple Model of Feedback Oscillator Noise Spektrum”, Proceedings of the IEEE vol.54. no.2. 1966
5. Lawrence E. Larson, „RF and Microwave Circuit Design For Wireless Communication”, Artech House Publisher 1997
6. Ali Hajimiri, Thomas H. Lee, „The Design of Low Noise Oscillators”, Kluwer Academic Publisher 1999
7. W. P. Robins, „Phase Noise in Signal Sources” IEE 1982
8. Thomas H. Lee, Ali Hajimiri, „Oscillator Phase Noise: A Tutorial”, IEEE JSSC vol.35. no.3. March 2000
9. S. A. Maas, „Nonlinear Microwave Circuits”, IEEE Press 1997
10. Vittorio Rizzoli, Franco Mastri, Diego Masotti, „A General-Purpose Harmonic Balance Approach to the Computation of Near-Carrier Noise in Free Running Microwave Oscillators”, IEEE MTT-s Digest 1993
11. Vittorio Rizzoli, Andrea Neri, „Harmonic Balance Analysis of Multitone Autonomus Nonlinear Microwave Circuits”, IEEE MTT-s Digest 1991
12. Vittorio Rizzoli, Franco Mastri, Diego Masotti, „General Noise Analysis of Nonlinear Microwave Circuits by the Piecewise Harmonic Balance Technique”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques vol. 42. no. 5. May 1994

MTBA – Magyar nyelvű telefonbeszéd-adatbázis

VICSI KLÁRA*–TÓTH LÁSZLÓ+–KOCSOR ANDRÁS+–GORDOS GÉZA*–CSIRIK JÁNOS+

*Budapesti Műszaki Egyetem Távközlési és Telematikai Tanszék

+Szegedi Tudományegyetem Számítástudományi Tanszék

E-mail: vicsi@alpha.ttt.bme.hu

Magyar nyelvű, telefonon keresztül rögzített beszédatadatbázist hoz létre a Budapesti Műszaki Egyetem Távközlési és Telematikai Tanszék (Beszédakusztikai Laboratóriuma) a Szegedi Tudományegyetem Számítástudományi Tanszékével együttműködve. A magyar telefonbeszéd-adatbázis (MTBA) a statisztikai feldolgozási módszereken alapuló, telefonon keresztül működő beszédfelismerő rendszerek betanítására és tesztelésére ad lehetőséget. Ilyen lehetséges alkalmazások az izolált szavas rendszerek, szókereső és azonosító rendszerek, dialógusrendszerek, valamint az ún. szótárfüggetlen felismerők, amelyeknél a felismerés a szónál kisebb felismerési egységek modellezésén alapul.

Az adatbázis szabályrendszerét európai szakértői bizottsági ajánlások alapján [1, 2] szerkesztettük meg. Az EU adatbázis-specifikációban nem szerepel a beszéd fonéma szintű szegmentációja és címkézése. Mivel a specifikáció összeállítása óta a beszéd kutatás folyamatosan fejlődik, egy most létrehozandó adatbázisnál fontos az adatbázis egy részének fonéma szintű szegmentálása és címkézése, hiszen ez teszi lehetővé a szótárfüggetlen rendszerek betanítását, és így ilyen típusú felismerők létrehozását. A készülő új adatbázis fonéma szintű szegmentálást és címkézést is tartalmaz.

Az adatbázis hanganyaga 500 beszélő által telefonon bemondott szövegből (300 vezetékes, 200 mobil hívás) áll. Az összeállított szöveganyag a sokfeladatos elvárásoknak megfelelően igen sokrétű, változatos. Tartalmazza például a magyar településneveket, a Magyarországon működő legjelentősebb intézmények neveit, valuták neveit, dátumokat, család- és keresztnéveket, speciálisan a magyar nyelv sajátosságait tükröző mondatokat stb.

1. Bevezetés

A statisztikai beszédfeldolgozás elterjedésével általánosságban, de különösen a gépi beszédfelismerés területén, határozott és sürgető igény lépett fel a jól megszerkesztett, nagyméretű beszédatadatbázisok létrehozására. A felismerők betanítása ugyanis nem egyéb, mint egy statisztikai alapú paraméterbecslés, a pontos becsléshez pedig nagy számú minta alapján történő betanítás szükséges. E minták gyűjteményei – a szükséges jegyzetekkel, címkézésekkel és átírásokkal ellátva – képezik az adatbázist. Az adatbázisoknak tartalmazni kell azokat a megfigyeléseket, amelyek a paraméterbecsléshez szükségesek, tehát mindazokat a mintákat, amelyek egységesen lefedik a beszéd (és a környezeti zajok) változatosságát.

A beszédatadatbázis nagyméretű hangadathalmaz, amelyet igen sokféle csoportosítás szerint hozhatunk létre. Általában a felhasználási terület határozza meg az adatbázis nagyságát és belső szerkezetét. A telefonon keresztül történő felismerés megoldására olyan betanító és tesztelő anyagra van szükség, amely telefonon keresztül rögzített hanganyagot tartalmaz. Továbbá minden olyan tipikus esetváltozatnak, alapvariációnak elő kell fordulnia a tananyagban, ami a felismerés során előfordulhat, mert elegendően pontos felismerési biztonság csak így érhető el.

A személyfüggetlen, telefonon keresztül működő beszédfelismerők betanítására és tesztelésére alkalmas adatbázisok létrehozásának szabályrendszerét az

Európai Közösség által létrehozott szakértői bizottság állította össze (MLAP LRE-63343 SPEECHDAT (M) [1, 2]). A nemzetközi szakértői bizottság által összeállított szabályrendszer biztosítja azt, hogy az előírások alapján létrehozott adatbázisok hasonlóak és egységes alapot képviselve hasonló beszédtechnológiai fejlesztési lehetőséget nyújtanak a feldolgozott nyelvekhez. Az MTBA adatbázist ezen szabályrendszerek betartásával hoztuk létre, kibővítve azt a fonéma szintű automatikus szegmentálással és címkézéssel.

Az adatbázis létrehozása három munkaszakaszban történt, ezeket ismertetjük az alábbiakban:

Az első munkaszakaszban a készítendő beszédatadatbázis tartalmát, szabványait definiáltuk. Az adatbázis parancsszavakat, különállóan kiejtett szavakat, mondatokat és spontán beszédet is tartalmaz, valamint fonetikailag kiegyensúlyozott mondatokat és szavakat, amelyben a magyar fonémák és a leggyakoribb fonemakapcsolatok elegendő számban fordulnak elő, de a szöveg még kezelhető méretű.

A második szakaszban történt az adatbázis felvétele és annotálása. Ennek főbb részfeladatai a következők voltak:

- felvevő berendezés (telefonszerver) létrehozása
- szövegbemondó lapok megszerkesztése
- az adatbázisgyűjtő dialógus elkészítése
- beszélők toborzása
- beszédfájlok készítése, a folyamat nyomon követése
- annotációk készítése a beszédfájlokhoz, a fonetikailag gazdag mondatok és szavak fonotipikus átírása

- automata szegmentáló szoftver elkészítése
- az adatbázis tartalmának dokumentálása.

A harmadik szakaszban került sor a fonéma szintű audiovizuális szegmentálásra és címkézésre, a teljes adatbázis ellenőrzésére és a CD-n való rögzítésre.

2. A telefonbeszéd-adatbázis szövegének összeállítása

Az adatbázis számos különböző típusú beszédfelismerő betanítására és tesztelésére kell, hogy lehetőséget adjon. Ezek a felismerők az izolált szavas rendszerek, szókereső és azonosító rendszerek, dialógusrendszerek, valamint a folyamatos beszédfelismerő rendszerek. Az összeállított szöveganyag a sokfeladatos elvárásoknak megfelelően igen sokrétű. Tartalmaz tipikus szavakat, szókapcsolatokat stb. A pontos összeállítást az 1. táblázat mutatja.

Típus	Darabszám
parancsszavak	29 db
számjegysorozatok	10 db
Telefonszám	500 db
hitelkártyaszám	150 db
PIN kód	200 db
spontán dátum	500 db
relatív dátum	500 db
parancsszavas kifejezés	145 db
számjegy	166 db
betűzött spontán vezetéknév	166 db
betűzött városnév	500 db
betűzött szó	100 db
pénzmenység (forint/euró)	250 db
természetes szám	200 db
spontán vezetéknév	166 db
spontán városnevet, cégnév	166 db
vezeték + keresztnév	500 db
fonetikailag gazdag mondat	1992 db
Időpont	166 db
fonetikailag gazdag szavak	2000 db

1. táblázat Az MTBA adatbázis szövegeinek tartalmi felépítése

A fonetikailag gazdag mondatok szerepe az anyagban az, hogy a fonémaalapú felismerők részére elegendő mennyiségű betanító és tesztelő adatot szolgáltatasson.

2.1. Egy beszélő szöveganyaga

A teljes szöveganyagot az egyes beszélők szöveganyagára kellett lebontani, tehát meg kellett szerkeszteni, hogy egy beszélő pontosan milyen szöveganyagot mondjon be. Ezeket a megszerkesztett szövegcsoportokat beszédsszöveglapokon rögzítettük. A lapok két részből álltak:

- Az első rész olyan általános kérdéseket tartalmazott (pl. név, születési idő és hely stb.), amelyek minden beszélőnél azonosak.

- A második rész különböző szempontok alapján összeválogatott szöveget tartalmazott (ld. a 2. táblázat), ez beszélőnként különböző volt.

Az adatbázisban 500 beszélő szerepel, tehát 500 ilyen szöveglapot készítettünk el és küldtünk szét az országban. A szöveglapok alapján érkező bemondásokat a felvételi rendszer rögzítette, és típusok szerint csoportosította. Egy hívás ideje a teljes dialógusra átlagosan 12 perc volt, amelyből a hasznos felvett szöveg ideje hívásonként kb. 6-7 perc.

2.2. A fonetikailag gazdag mondatok összeállítása

Ma a legsikeresebb felismerők alapegysége a szónál kisebb nyelvi egység, rendszerint beszédhang, hangkapcsolat, vagy szótag. Szónál kisebb alapegység esetén a szótárkészlet nem kötött, és általában a felismerés is biztonságosabb. Ezen felismerők részére igen fontos a jól összeállított betanító és tesztelő anyag, ahol a megfelelő felismerési elemek elegendő számban szerepelnek. Ezért fektettünk nagy súlyt a fonetikailag gazdag mondatok előállítására, hogy ezek révén a magyar nyelvre is legyen elegendő, a fonémaalapú felismerők tanítási kritériumainak megfelelő hanganyag.

Tehát a feladat egy olyan optimális méretű szöveganyag megszerkesztése volt, ahol a magyarban előforduló fonémák, valamint a leggyakoribb bi- és trifonok – kettős, hármas hangzatok – megfelelő számban fordulnak elő [3].

A mondatok összeállításához használt szöveg újságcikkeken alapult, kb. 1,6 MB méretű volt és kb. 14 000 mondatot tartalmazott. Először a szöveget megtisztítottuk az extra karakterektől, jelentés nélküli szavaktól, oldalszámoktól stb. Utána a szöveget fonémák sorozatára alakítottuk egy speciális algoritmus segítségével. A szövegfonéma-átírást többféleképpen is el lehet végezni, ebben az esetben a fonotipikus fonetikai átírást volt célszerű alkalmazni, vagyis a karakterek átírását a nyelv fonetikai szabályainak alapján kellett elvégezni úgy, hogy a szöveggörnyezetet is figyelembe vesszük (pl. koartikuláció, hasonulás) [4].

A fonémaátírás után statisztikai vizsgálatokat végeztünk az anyagon. Megvizsgáltuk a fonéma-, bifon- és trifoneloszlást az eredeti 1,6 MB méretű szövegadatbázison. Ebből az eredeti szövegből válogattuk ki a bemondandó anyagot úgy, hogy a kapott anyagban minden fonémából, bifon és trifon hangkapcsolatból elegendő számú minta legyen.

Egy bemondó 12 különböző mondatot olvasott fel. A teljes szöveganyag 166 bemondásra készült el azért, hogy a szöveganyag 3-szor kerülhessen ismétlésre az 500 bemondás során. Így a teljes szöveganyag 12x166, azaz összesen 1992 db különböző mondatból áll. Az 1992 mondat kiválasztása a következő szempontok szerint történt: a fonémastatisztika alapján az 1%-nál gyakoribb fonémákat legalább egy példányban tartalmaznia kellett minden csoport valamelyik mondatának. Az összesen 69 darab fonémából ez 52-t jelen-

Szövegtest- azonosító	Szövegelem- azonosító	Szövegtest tartalma	Szövegcsoport
A	1-6	6 db applikációs kifejezés	applikációs szavak
B	1	1 db tíz önálló számjegyből álló sorozat	
C	1	1 db szöveglap sorszáma	4 hosszabb szám
C	2	1 db telefonszám (9-11 jegy)	
C	3	1 db hitelkártyaszám (14-16 jegy)	
C	4	1 db PIN kód (6 jegy)	
D	1	1 db spontán dátum (pl. születésnap)	3 dátumkifejezés
D	2	1 db kijelölt dátum (szavakkal)	
D	3	1 db dátumkifejezés	
E	1	1 db „word spotting” mintamondatok egy applikációs szóval	
I	1	1 db önálló számjegy	
L	1	1 db spontán betűzött keresztnév (saját)	3 betűzött szó (betűk sorozata)
L	2	1 db betűzött városnév	
L	3	1 db betűzött szó (a fonémák lefedése érdekében)	
M	1	1 db pénzmennyiség (forint)	
M	2	1 db pénzmennyiség (euró)	
N	1	1 db természetes szám	
O	1	1 db spontán keresztnév (saját)	6 lista kezelését segítő szó
O	2	1 db spontán városnév (születési hely)	
O	3	1 db gyakori városnév	
O	5	1 db gyakori cégnév	
O	7	1 db vezeté- és keresztnév	
O	8	1 db vezetéknév	
Q	1	1 db döntően „igen” válaszú kérdés	2 kérdés, várhatóan igen/nem válasszal
Q	2	1 db döntően „nem” válaszú kérdés	
S	0-9	10 db fonetikailag gazdag mondat	
Z	0-1	2 db fonetikailag gazdag mondat	
T	1	1 db spontán időpont (óra és perc)	2 időkifejezés
T	2	1 db időkifejezés (szavakkal)	
W	1-4	4 db fonetikailag gazdag szó	

2. táblázat A bemondólapok részletes szövegtartalma.

tett. A mondatoknak legalább 30, legfeljebb 50 fonémából kellett állnia.

A teljes szöveg és a válogatott szöveg bifon statisztikáinak alapján a leggyakoribb 98,8% bifon mindegyike szerepel mindkét anyagban, és csak itt kezdenek el hiányozni a válogatott szövegből a bifonok. Az előzőhöz hasonlóan, a trifonstatisztikák alapján a teljes szöveg trifonjainak leggyakoribb 72,2%-ának mindegyike szerepel a válogatott anyagban, a hiányzások csak itt kezdődnek el, de az ennél ritkább trifonok közül még így is jó néhány megtalálható. A bifon és trifon statisztikák nagyarányú egyezése alapján a kiválasztott szöveget jónak minősíthetjük.

A ritkább fonémák előfordulásának szaporítására készült egy szóblokk is, amely fonetikailag gazdag szavakat tartalmaz.

2.4. A felvételek készítése és a beszédfájlok formátuma

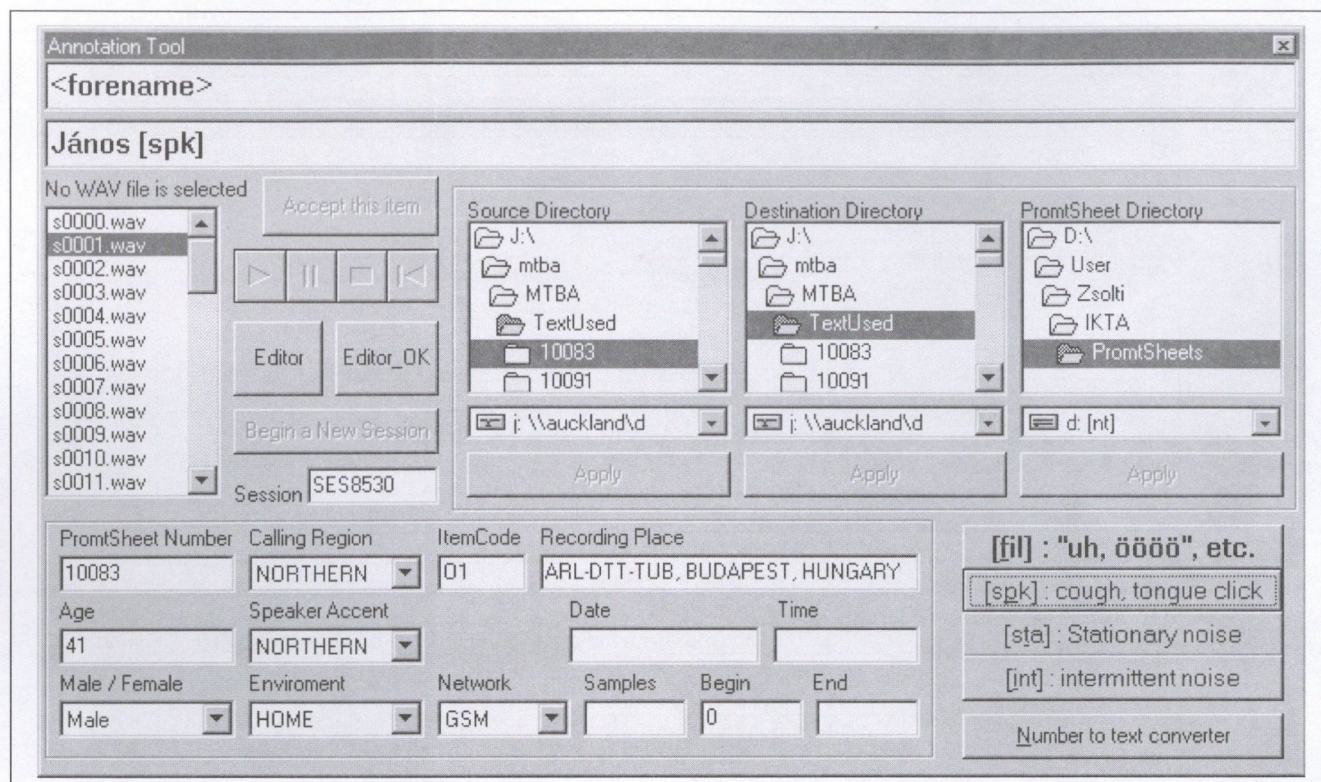
A szükséges technikai háttér létrehozása után ISDN vonalon keresztül vettük a hívásokat, egy zöldtelefon-szám biztosításával. Megszerkesztettük az adatbázisgyűjtő dialógust, amely a bemondásokat könnyebbé, természetesebbé tette. Minden egyes hívás számára

önálló alkönyvtárat hoztunk létre, az egyes bemondásokat pedig külön WAV fájlokban rögzítettük. A rögzített hanganyagot 8 bites, 8 kHz-es A-law formátumban tároltuk. Minden egyes beszédfájlhoz egy ASCII formátumú SAM címkefájl is tartozik.

3. A hanganyag annotálása, címkézése, szegmentálása

A beszédadatbázisoknak a beszéd digitális tárolása mellett annak nyelvi információtartalmát is meg kell adniuk. Ezért a hullámforma tárolása mellett a hozzátartozó ortografikus karaktereket is rögzíteni kell. Különböző zajok, embertől származók (ilyen a köhögés, nyelés, különböző szájmozgásból adódó zajok), vagy környezetiek (járművek, motorok zaja, székcsikorgás stb.) szintén bejelölésre kell, hogy kerüljenek a legtöbb adatbázisban, vagy a szöveganyagban, vagy magában az időfüggvényben.

A teljes hanganyagot annotáltuk, felcímkéztük. Továbbá a fonetikailag kiegyensúlyozott mondatokat és szavakat fonetikai szinten is szegmentáltuk [5], annak érdekében, hogy fonémaalapú felismerőt lehessen konstruálni a felhasználásukkal.



1. ábra Az annotáló program kezelői felülete

3.1. Az annotáció

Az annotálás annyit jelent, hogy minden hangfájl mellé egy címkefájlt készítünk, amely különféle információkat tartalmaz a hangfájl paramétereivel és tartalmával kapcsolatban. Jelen esetben az annotálás során megadtuk a hívás régióját, a beszélő életkorát és a többi szükséges információt. A felvétel dátumát és idejét, továbbá a hangminták számát a megfelelő WAV fájlból nyertük ki. Mindezeket az adatokat a címkefájlokban rögzítettük. Bejelöltük továbbá a beszélő által elkövetett hibákat, illetve a felvételen hallható esetleges zajokat. Az annotáló program kezelőfelülete az 1. ábrán látható.

3.2. Audiovizuális fonetikai átírás

A kézi szegmentálásra előkészített anyagot, vagyis a fonetikailag gazdag szövegeket fonetikailag átírtuk, vagyis betűk helyett fonetikus szimbólumokkal jegyeztük le. A betűk átírását beszédhangokká a magyar nyelv fonetikus szabályai alapján végeztük, a szövegkörnyezet függvényében (pl. hasonulási szabályok figyelembevételével). Ezt az átírást nevezik fonotipikus átírásnak.

A SAMPA jelölésrendszer

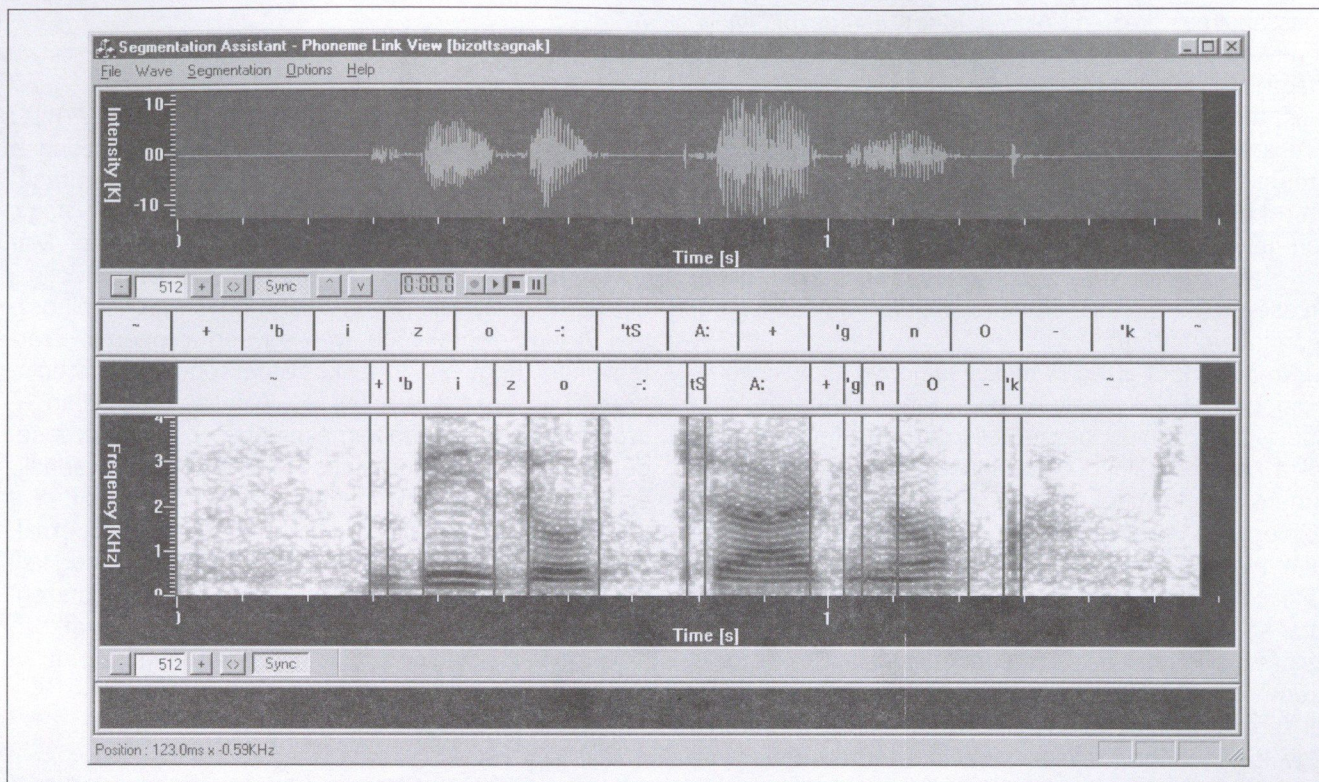
Általában a beszédhangok lejegyzésére fonetikai leírásoknál az IPA szimbólumrendszert szokás használni. Egy adott IPA szimbólum nyelvtől függetlenül egy meghatározott hangot szimbolizál. Sajnos ez a jelölésrendszer nem illeszkedik a számítógép billentyűzetéhez,

ezért nemzetközi szinten bevezetésre került egy újfajta, úgynevezett SAMPA jelölésrendszer [6, 7], amely alkalmazkodik a számítógéppel kezelhető karakterkészlethez. Így a számítógépes gépelés és továbbítás egyszerűen megoldható, ellentétben a hagyományos IPA jelölésrendszerrel.

3.3. Fonetikai szintű szegmentálás és címkézés

A fonetikai szintű szegmentálás és címkézés célja kézi, vagy esetleg egy automatikus szegmentáló rutin támogatásával, a beszéd időfüggvényében, a fizikailag megfigyelhető fonémáknak és azok határainak a bejelölése. Ezt az ún. „audiovizuális fonetikai átírást” az 1997-ben elkészült BABEL nemzetközi projekt ajánlása alapján [8] végeztük. Az átírásban a szöveg lehallgatása, továbbá az időfüggvény és/vagy a színek elemzése nyújt segítséget. Ezen elemzések elvégzéséhez készítettünk egy speciális célprogramot, amelynek felületét a 2. ábra mutatja.

A program felső panelja a beszédjel hullámképét mutatja, az alsó panel pedig a színekélemzés révén előálló ún. spektogramot. A lehallgatás mellett ez a két vizuális információ segíti a szegmentálás elvégzését. Középen látható a fonetikus szimbólumok sorozata, amelyet hozzá kell rendelni az adott hangfelvételhez. Ez a fonetikus átírat természetesen javítható is, ha a beszélő esetleg mást mondott, mint amit a szoftver feltételezett. A fonetikus jelek és a hangjel egyes részleteinek összerendelése a határvonalak segítségével történik, amelyek elhelyezése után a jelek automatikusan a megfelelő hangrészlet fölé ugranak, így segítve a tájékozódást.



2. ábra A szegmentálóprogram kezelői felülete

A hanganyag szegmentálását nyolc, fonetikailag kelőn felkészített szakember végezte. A munka során szakaszosan ellenőrizték egymást, a nagyobb pontosság érdekében. Az adatbázis teljes elkészülte után pedig még egy ellenőrzést végeztünk.

A tapasztalatok szerint a kézi szegmentálás optimális menete a következő: először lehallgatjuk a felvételt, figyelve az esetleges zajokra, hibákra, illetve a fonetikus átírat lehetséges hibáira. Ezután egy kisebb felbontás mellett (mint amilyen a 2. ábrán látható) érdemes végezni egy durva szegmentálást. Végezetül egy jóval erősebb nagyítás mellett véglegesítjük, pontosítjuk a fonémák határait, illetve kijavítjuk az esetleges ejtési eltéréseket.

A fonémák közötti szegmenshatárok helye nagyon sok esetben nem egyértelmű. Ilyenkor az alábbi, már a BABEL adatbázis során kifejlesztett [8] szabályrendszerhez igyekeztünk tartani magunkat:

- A szegmenshatárokat célszerű a null átmenetekhez illeszteni. (Zöngés hangok esetében a pozitív merekségű null átmenethez.)
A bejelölés pontossága lehetőleg min. 1 ms legyen. Zöngétlen hangoknál ez azt jelenti, hogy 1 ms pontossággal jelöltük be a zöngétlen hangok kezdetét. A zöngés hangok esetében mindig a null átmenetekhez igazodtunk szintén 1 ms pontossággal. Zöngés hangok között a határ bejelölésének bizonytalansága legfeljebb alapperiódusnyi hosszú.
- A magánhangzó kezdetét a zöngé indulásánál jelöljük (zöngétlen hang után).
- Zárhangok, affrikáták jelölésénél ezen hangok kezdetét a megelőző hang utolsó lecsengő periódusa előtt

jelöltük, vagyis a megfelelő hang utolsó periódusát a zárhangok és az affrikáták részének tekintettük.

- A magánhangzó-magánhangzó vagy magánhangzó-rezonáns mássalhangzó kapcsolatokban a határt az átmeneti rész 50%-ánál jelöltük be. A határ pontos bejelölése egy-két periódust ingadozhat, ugyanis a hangok kettéválasztása ekkor bizonytalan (ilyenkor gyakran a szakértők is különböző helyre teszik a határt [8].

A címkézés szabályai:

- Címkézésre SAMPA karaktereket használtunk.
- A karaktereket a határbejelölések között tüntettük fel.
- Mindig azt jegyeztük le, ami ténylegesen elhangzott.
- Az aktuális kimondásnál kimaradt hangokat megjelöltük, a követő hang előtt zárójelbe tettük.
- A beszéd közben tartott szünetet ~ jellel jelöltük.
- A co-artikulációs zörejeket és a köhögést {spk} karakterekkel jelöltük.
- A kitöltött szünetet (az ún. ö-zést) {fil} karakterekkel jelöltük.
- Zajt akkor jelöltünk, ha az egyértelműen azonosítható volt, és a zaj nem a környezeti zajhoz tartozott. A tranziens zajt {int}, a stacioner zajt {sta} karakterekkel jelöltük.

4. Automata szegmentálás

A fonémaszintű szegmentálást és címkézést tökéletesen csakis nagy figyelmet igénylő, fárasztó és

hosszadalmas kézi munkával lehet elvégezni. Megkönnyítheti és meggyorsíthatja viszont a munkát egy megfelelő, speciálisan erre a célra kialakított algoritmus, amely megkísérli automatikusan elhelyezni a fonetikai határokat. Habár ez a feladat jelenlegi tudásunk szerint tökéletesen nem megoldható, olyan program azért készíthető, amely a határok jó részét elég pontosan helyezi el. A szegmentáló személy feladata ilyenkor csak az automata szegmentáló javaslatának ellenőrzése és korrekciója, ami által a szegmentálás elvégzése felgyorsítható.

Az automata szegmentálási algoritmusok közül a legjobbak azok, amelyek gépi tanuláson alapulnak. Speciálisan, a gépi beszédfelismerők is felhasználhatók a szegmentálási feladat elvégzésére. A beszédfelismerő algoritmusok ugyanis egy mondat felismerése közben egy keresést végeznek: a felismerendő hangjelre megpróbálják ráilleszteni az összes lehetséges fonetikai átíratot. Mivel a felismerés során a fonémák határai sem ismertek, ezért a felismerők végigpróbálják az összes lehetséges szegmentálást is. A felismerés eredményeképpen azt az átíratot, illetve szegmenshatár-sorozatot adják vissza, amelyet az adott jel esetén a legvalószínűbbnek találtak. Egy beszédfelismerési alkalmazás esetén persze nincs szükségünk a szegmenshatárookra, így az eredménynek ezt a részét figyelmen kívül hagyjuk. Viszont a felismerőnek ez az amúgy rejtve maradó „képessége” remekül kihasználható az automatikus szegmentálás céljaira. Ilyenkor ráadásul könnyebb a feladat, mint a felismerés esetén, ugyanis a fonetikai átírat adott, így azt nem is kell keresni; csupán az adott átírat és a jel közötti legoptimálisabb fonémahatár-összerendelést kell megtalálni.

Miután az első 100 beszélő hanganyagának feldolgozása elkészült, mi is megkíséreltük egy automata szegmentáló rutin elkészítését, mégpedig a fent leírt módon, egy beszédfelismerő felhasználásával. A beszédfelismerő az MTA-SZTE Mesterséges Intelligencia Kutatócsoportnál fejlesztett „OASIS” rendszer volt, amely fonémaalapú, és mesterséges neuronhálókat alkalmaz a fonémafelismerésre. Az OASIS rendszer fonémafelismerési technológiájáról bővebben [11]-ben tájékozódhat az olvasó; a felismerő mondatszintű működési elvét pedig [12]-ben ismertettük. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk a rendszer mögött meghúzódó matematikai elveket.

4.1. A beszédfelismerés és az automatikus szegmentálás kapcsolata

A gépi beszédfelismerő algoritmusok statisztikai, illetve valószínűségi számítási alapokon nyugszanak. Kiindulópontjuk az a döntésméleti alaptétel, hogy a döntésből származó hibák számának minimalizálásához mindig az (a posteriori) legvalószínűbb lehetőséget kell választani [13]. Azaz, ha X -szel jelöljük a felismerendő objektumot (esetünkben a beszédjelet), W -vel pedig a lehetséges osztályokat (esetünkben a lehetséges mondatokat), akkor a felismerő által keresett $\hat{W}$ output:

$$\hat{W} = \arg \max_w P(W|X).$$

Ebből következik, hogy a gépi tanulás célja a $P(W|X)$ eloszlás minél pontosabb modellezése. Mivel azonban mind a lehetséges W mondatok száma, mind a lehetséges akusztikai megfigyelések X tere rendkívül nagy, ezért W -t és X -et valamilyen módon fel kell bontani. Magyarul, mivel képtelenség teljes mondatokat modellezni, ezért azokat valamilyen kisebb egységekre kell osztani. A legkézenfekvőbb ilyen egység a fonéma. Ezért tegyük fel, hogy a W fonetikus átírat fonetikai szimbólumokból áll, azaz $W = w_1 w_2 \dots w_N$. A felismerés során viszont ezeknek az építőelemeknek nemcsak a milyenségét nem tudjuk, hanem azt sem, hogy hányan vannak, és hogy akusztikus megfelelőjük hol helyezkedik el a jelben. Mivel – legalábbis elvileg – az egyes fonémák határa bárhol lehet, ezért minden eshetőséget meg kell vizsgálni. Ha S jelöli az X megfigyelés lehetséges szegmentációit, akkor a teljes eseményterekre vonatkozó alapvető valószínűségi számítási összefüggés szerint

$$P(W|X) = \sum_s P(W|X, S) \cdot P(S|X).$$

Ha feltételezzük, hogy a jelnek van egy „helyes” szegmentálása és a többi elég valószínűtlen, akkor a fenti képletben az összegzés jól közelíthető maximalizálással:

$$P(W|X) \approx \max_s P(W|X, S) \cdot P(S|X).$$

Ezt a képletet beágyazva a legelsőbe azt kapjuk, hogy a (fonémaalapú) beszédfelismerés voltaképpen két dimenzió szerinti keresést jelent: egyrészt meg kell találnunk az X -hez legjobban illeszkedő W -t, másrészt minden egyes W esetén meg kell találnunk a legjobb S szegmentálást. Ebből következik, hogy a (fenti elven működő) beszédfelismerő nyilvánvalóan felhasználható automatikus szegmentálásra is, hiszen a felismerés során implicit módon minden jelnek megkeresi az optimális szegmentálását. Az automatikus szegmentálás esetén annyi a könnyebbesség, hogy a W fölötti keresést nem kell elvégezni, hiszen a fonetikai átírat adott. Tehát csak az adott átírat adott jelhez való legjobb illeszkedését kell megtalálni, ezért az ilyenfajta felhasználást „forced alignment”-nek nevezi a szakirodalom.

4.2. Beszédfelismerés és automatikus szegmentálás neuronhálókkal

A gyakorlatban használt beszédfelismerők túlnyomó része a Hidden Markov Model elnevezésű technológián alapszik [14], amely – a Bayes-tételt kihasználva – $P(W|X)$ helyett $P(X|W)$ -et, azaz az ún. „class-conditional” eloszlást modellezi (ami nem befolyásolja lényegesen a fenti okfejtés érvényességét). Ez azt jelenti, hogy az egyes fonémákhoz tartozó lehetséges akusztikai jelek eloszlását tanulják, többnyire Gauss-eloszlások súlyozott összegeként.

Alternatív lehetőségként egyre több helyen alkalmazák a mesterséges neuronhálókat, amelyek viszont az eredeti a posteriori, azaz a $P(W|X)$ eloszlás modellezésére használhatók fel [13]. Mivel a mi rendszerünk ez utóbbi elven alapszik, ezért a továbbiakban csak ezt ismertetjük.

Alakítsuk hát tovább az előbbieken $P(W|X)$ -re felírt közelítő képletet. Láthatjuk, hogy egy szorzatból áll, tehát két fő komponense van. Vizsgáljuk most az elsőt, $P(W|X, S)$ -t. Mint már említettük, a lehetséges W -k és X -ek nagy száma miatt ezt az eloszlást tovább kell bontani kisebb egységekre, esetünkben fonémákra. Ehhez függetlenségi feltevésekkel kell élnünk a $P(W|X, S)$ eloszlást illetően. Az első függetlenségi feltevésünk az lesz, hogy a szomszédos fonémák egymástól függetlenül fordulnak elő¹. Ezzel

$$P(W|X, S) = \prod_{i=1}^N P(w_i|X, S).$$

A másik feltevésünk az lesz, hogy a fonémák milyensége nem függ a teljes hangjeltől, csak annak az adott szegmentálás mellett az adott fonémához tartozó részletétől. Jelölje ezt a részletet $X_{i(S)}$. Ezzel

$$P(W|X, S) = \prod_{i=1}^N P(w_i|X_{i(S)}).$$

A $P(w_i|X_{i(S)})$ eloszlás tehát azt adja meg, hogy egy adott akusztikus szegmentum milyen valószínűséggel tartozik az egyes fonémaosztályokba. A rendszernek ezt a komponensét ezért *fonémaosztályozónak* fogjuk nevezni. Ez a valószínűség jól modellezhető neuronhálókval, ennek egyetlen feltétele, hogy a szegmenseket (amelyek hossza változó) mindig ugyanannyi számú jellemzővel írjuk le.

A másik komponens a rendszerben $P(S|X)$. Ennek feladata az egyes lehetséges szegmentálások valószínűségének megadása. Ha ezt is neuronhálókval akarjuk tanulni, akkor ismét fel kell bontani valamilyen módon. Ehhez ismét egy függetlenségi feltevésre van szükség: feltételezzük, hogy az egyes s_i szegmentumok független módon befolyásolják a teljes szegmentálás valószínűségét. Továbbá, mivel az egyes lehetséges szegmentálások egymással „versenyeznek”, ezért a képletben nemcsak az éppen vizsgált szegmentálás szegmentumait, hanem az összes többi lehetséges szegmentálás szegmentumainak értékét is szerepeltetni fogjuk. A közelítő képletünk tehát:

$$P(S|X) = \prod_{s_i \in S} P(s_i|X_{s_i}) \prod_{\bar{s}_i \in \bar{S}} P(\bar{s}_i|X_{\bar{s}_i}),$$

ahol $s \in S$ egy adott szegmentálás szegmentumait jelöli, $\bar{s} \in \bar{S}$ pedig az összes többi lehetséges szegmentálás-

ban előforduló szegmentumokat. $P(s_i|X_{s_i})$ azt a valószínűséget jelenti, hogy az adott szegmens egy fonéma, pedig azt, hogy nem-fonemikus szegmentumról, ún. „antifonémáról” van szó (azaz egy fonéma-részletről vagy több fonémát átfedő darabkáról). A szegmentumoknak ez a kétosztályos klasszifikációja ismét jól tanulható neuronhálókval.

A gyakorlatban túl sok a lehetséges szegmentumok száma, ezért a fenti képletet tovább egyszerűsítettük azzal, hogy az $\bar{s} \in \bar{S}$ szegmentumok közül csak azt a kettőt vettük figyelembe, amelyek – határait tekintve – legközelebb esnek s -hez [12].

4.3. A tanításhoz használt jellemzők

Mint minden beszédfelismerési feladatnál, így a tanuláson alapuló automatikus szegmentációnál is kulcsfontosságú, hogy milyen akusztikus jellemzőket emelünk ki a jelből. Esetünkben az egyes szegmentumok leírására az alábbi jellemzőket használtuk (összesen 102 jellemző):

A, **Kritikus sávok energiája logaritmikus skálán.** Az emberi fül a hang frekvenciafelbontását logaritmikus skálán végzi, azaz a magasabb frekvenciákon rosszabb felbontóképességgel rendelkezik, mint az alacsonyokon. Továbbá az egymáshoz közel, egy ún. kritikus sávon belül eső frekvenciákat hasonló módon dolgozza fel. Ennek a logaritmikus skálának a leírására többen dolgoztak ki (lényegében hasonló) képleteket, mi az ún. barkskálát használtuk. A telefonos beszédminták 8000 Hz-es mintavételi frekvenciájából következően a jelekből megmaradó 4000 Hz-es sávot 16 barkszűrőre bontottuk fel; a szűrőkbe eső komponensek energiáját FFT-vel számolt energiaspektrumból kiindulva trianguláris súlyozással számoltuk. Mivel az egyes fonémák hossza változhat, ezért a szegmentumokat időben 5 sávra bontottuk: a szegmentumot magát három harmadra vágtuk, és ugyanilyen méretű egy-egy sávot figyelembe vettünk a szegmentum két szomszédjából is, a kontextus modellezésére. Ezeket a sávokat átlagoltuk a barkszűrők kimenetét, így tehát $5 \cdot 16 = 80$ jellemzőt kaptunk.

B, **Modulációs spektrum és deriváltak.** Bizonyos kutatási eredmények arra mutatnak, hogy az emberi hallás a szomszédos kritikus sávokat összevonva kezeli. Klasszifikációs vizsgálataink is arra mutattak, hogy bizonyos hangkategóriák megkülönböztetésére elég-séges a spektrumnak egy durvább felbontását vizsgálni. Ehhez a spektrumot 3, barkskálán egyenletes szélességű sávra bontottuk, és ebből a durva felbontásból kétféle jellemzőt vontunk ki: Egyrészt a sávok ún. modulációs spektrumát, pontosabban annak 4 Hz-es komponensét, amely feltehetőleg

¹ Ez természetesen nem igaz; a fonémák egymástól való függését a beszédfelismerők nyelvi modulja szokta modellezni. Esetünkben azonban erre nem lesz szükség, hiszen a fonetikai átirat rögzített.



3. ábra A Magyarországon kijelölt dialektusterületek

nagy szerepet játszik a szótagok elhatárolásában. Továbbá minden sávon vizsgáltuk az energiákat, illetve azok első két deriváltját a szegmentumok két határán – ezen jellemzőkkel a szegmensek pontos határának felismerését kívántuk elősegíteni. Ezek a jellemzők tehát további $3+2 \cdot 3 \cdot 3=21$ jellemzőt adtak szegmentumonként.

C, **Hossz.** A harmadik felhasznált jellemzőtípus a szegmentumok hossza volt. Ennek rendkívül nagy szerepe van bizonyos rövid-hosszú hangpárok elkülönítésében, mivel azok spektruma a hosszról eltekintve nem különbözik lényegesen.

4.4. Automatikus szegmentálás a gyakorlatban

Az első száz beszélő hanganyagában összesen 62 015 fonéma-előfordulás volt, ezeken tanítottuk be a rendszert. Az általános tapasztalat a rutinnal az volt, hogy általában jó helyre teszi a határokat, de nem azzal a nagy pontossággal, amit az adatbázis specifikációja során magunk elé tűztünk. Ezért csak a szegmentálási folyamat első lépését, a durva szegmentálást volt képes kiváltani; a határok finom beállítása a rutin elkészülte után is kézi feladat maradt.

5. A beszélők demográfiai adatai

Régiók és dialektusok

Egy-egy dialektust reprezentáló tiszta anyagot nehéz felvenni, két okból is. Egyrészt Magyarországon a la-

kosság keveredése miatt nincsenek olyan egybefüggő területek, ahol jellemzően egy dialektust beszélnek. Másrészt a hivatalos oktatásban, a médiákban egyeduralkodó a magyar köznyelv használata. A fiatalabb generációk hivatalos környezetben, mikrofon előtt jellemzően ezt a köznyelvet használják, még akkor is, ha ott-hon, kötetlenebb viszonyok között dialektusban beszélnek. Ennek ellenére Magyarországon belül négy dialektusterületet különítettünk el; ennek megfelelően a következő négy kategóriába soroltuk a beérkező hívásokat (ld. a 3. ábrát):

- Észak-Magyarország (NORTHERN)
- Magyarország középső része (SOUTHERN)
- Nyugat-Magyarország (WESTERN)
- Kelet-Magyarország (TISZA)

A beszélők neme és életkor szerinti megoszlása

Az adatbázisnak tükröznie kellett a várható felhasználók kor szerinti eloszlását. Statisztikai adatok alapján ezt az adatbázis 4. táblázatban közölt kor szerinti eloszlása jól közelíti.

Korcsoport	Férfi beszélők	Női beszélők
16 év alatt	2,20%	1,80%
16...30 év	22,80%	26,20%
31...45 év	11,60%	13,60%
46...60 év	9,40%	9,80%
60 év felett	2,00%	0,60%

4. táblázat A beszélők neme és életkor szerinti megoszlása

6. Eredmények

A BABEL magyar tisztabeszéd-adatbázis mellett tehát most létrejön egy magyar telefonbeszéd-adatbázis, amitől a magyarországi beszédtechnológiai kutatások és fejlesztések jelentős fellendülését várjuk. Az adatbázis alkalmas személyfüggetlen beszédfelismerők betanítására és tesztelésére. Ezzel megnyílik az út különböző telefonon keresztül működő beszédfelismerési szolgáltatások kifejlesztésére. Ilyen szolgáltatások például szóval vezérelt alközpontívás. A dialógusrendszerek létrehozása közvetlen automatikus információszolgáltatást tesz lehetővé. A szokásos megoldásban a telefonáló egy dialógus keretében elmondja, hogy mit szeretne megtudni, és a rendszer beszédszintetizátora közli a kívánt információt, pl. banki árfolyamokat, vonatmenetrendet stb.

Nyelvészeti, beszédtechnológiai kutatási célokra is kíválóan alkalmas lesz az összegyűjtött hanganyag, különösen a felszegmentált, címkézett szavak és mondatok.

500 felvétel természetesen nem sok, ha figyelembe vesszük a beszéd, a felvételi körülmények és az átvitel variáltságát. Így ezzel a hanganyaggal egy meghatározott felismerési pontosság érhető el. Annak ellenére, hogy a beszédgyűjtés és -feldolgozás igen költséges feladat, további adatbázis-készítésre van még szükség.

7. Köszönetnyilvánítás

A telefonbeszéd-adatbázist az Oktatási Minisztérium IKTA 3 kutatási és fejlesztési programja keretében hoztuk létre.

Irodalom

1. Proceedings of the 1992 Workshop of the International Coordinating Committee on Speech Database and Speech I/Q Systems Assessment, Banff, Canada, October 1992.
2. Pollak, P., Cernocky, J., Boudy, J., Choukri, K., Heuvel, H. van den, Vicsi, K., Virag, A., Siemund, R., Majewski, W., Sadowksi, J., Staroniewicz, P., Tropf, H., Kochanina, J., Ostrouchov, A., Rusko, M., Trnka, M. SpeechDat(E) – Eastern European Telephone Speech Databases. Proceedings LREC' 2000 Satellite workshop XLDB – Very large Telephone Speech Databases, 29 May 2000, Athens, Greece, pp. 20–25.

3. Vicsi K., Vig A.: Text independent neural network/rule based hybrid, Continuous Speech Recognition System Eurospeech '95, 4th European Conference on Speech Communication and Technology, Proceedings Volume 3, pp: 2201–2204.
4. Vicsi, K.: Beszédatbázisok a gépi beszédfelismerés segítésére, Híradástechnika, 2001/I, Budapest, pp. 5–13
5. LIAS: Language Independent automatic Segmentation Technique Using Sampa Labelling of Phonemes. First International Conference on Language Resources Education, Granada Spain, 1998. 1.317
6. Wells, J. at all.: Standard Computer-Compatible Transcription. Esprit Project 2589 (SAM), Doc. no. SAM-UCL-037. London: Phonetics and Linguistics Dept., UCL (1992).
7. W. J. Barry and A. J. Fourcin „Levels of labelling”, Computer Speech and Language, Vol. 6, pp. 1–14. (1992)
8. Vicsi K., Vig A.: Az első magyar nyelvű beszédatbázis, Beszédkutatás '98, MTA Nyelvtudományi Intézete, Budapest 1998, pp. 163–177
9. Fourcin, A. J. and Dolmazon, J-M. „Speech knowledge, standards and assessment”, Proceedings of XII International Congress of Phonetic Sciences, Aix-en-Provence, Vol. 5, 430–433 (1991).
10. Chan, D., Fourcin, A. and others, „EUROM – A Spoken Language Resource for the EU”, Proceedings of Eurospeech' 95, Madrid, Vol. 1, pp. 867–870, (1995).
11. Kocsor, A., Tóth, L., Kuba, A. Jr., Kovács, K., Jelasity, M., Gyimóthy, T., Csirik, J.: A Comparative Study of Several Feature Space Transformation and Learning Methods for Phoneme Classification, International Journal of Speech Technology, Vol. 3, Number 3/4, 2000, pp. 263–276
12. Tóth, L., Kocsor, A., Kovács, K.: A Discriminative Segmental Speech Model and its Application to Hungarian Number Recognition, in: P. Sojka, I kopecek, K. Pala (eds.): TSD '2000, LNAI 1902, pp. 307–313, Springer Verlag, 2000
13. Duda, R. O., Hart, P. E., Stork, D. G.: Pattern Classification, Wiley and Sons, 2001
14. Huang, X., Acero, A., Hon, H.-W.: Spoken Language Processing, Prentice Hall, 2001

Hírek

A Cisco Systems 2002 első negyedében megszerezte az első helyet a kommunikációs berendezések összesített piacán. Az eredmények a Synergy Research Group legfrissebb piaci jelentésében olvashatók. A jelentés a kommunikációs berendezések 25 fő kategóriájában több mint 40 nemzetközi gyártó eredményeit vizsgálja.

	2001 negyedik negyedév (%)	2002 első negyedév (%)
Cisco	11,2	13,0
Siemens	10,9	12,8
Alcatel	12,3	9,9
Nortel	9,3	9,7
Ericsson	14,0	9,6
Lucent	9,2	9,6



A Gábor Dénes Főiskola megalakulásának 10. évfordulója alkalmából konferenciát rendezett

A május 3-án tartott egynapos konferencia központi témája a távoktatás volt. A bevezető során Kovács Magda, a Gábor Dénes Főiskola kuratóriumának elnöke jól felépített előadásában bemutatta az iskola történetét. Bár a 10. évfordulót ünnepeltük, az első gondolat azonban már 1983-ban felmerült. Az Open University elképzelését néhány lelkes pedagógus már ekkor felvetette. 1988-ban kapták meg az engedélyt, hogy indulhat ez az új típusú oktatási forma. Az első kiadványok 1985-ben megjelentek már és azóta számtalan jó könyv segíti a távoktatást.

Az iskola megalapításának hátterében az információs ipar 1970-es évek közepén meginduló fellendülése állt. Jelentős példát mutatott Anglia, ahol 1977-ben távoktató lánc alakult ki. A hazai távoktatás társalapítója a Számalk volt. Érdekes módon a fenti tényezők határozták meg az iskolát létrehozó alapítvány elnevezését. A mikroprocesszorok és az integrált áramkörök jellemezték akkor a korszerű berendezéstervezést. A nagy integráltságú áramkörök angol elnevezésének rövidítése, az LSI jelenleg is az alapítvány neve. Azóta több ezer diák szerzett diplomát és ismerkedett meg az informatika alkalmazási lehetőségeivel. Különböző szakterületeken igyekeznek az informatika hasznát kamatoztatni.

A következő előadó a távoktatás XXI. században megnövekvő szerepével, az oktatás globális perspektívájával, valamint a szakképzés és távoktatás kapcsolatával foglalkoztak. Kiemelkedő előadás hangzott el a távoktatás és az információs társadalom kapcsolatáról. Az előadó hangsúlyozta, hogy bár a távoktatás iránti igényt és a lehetőséget is a technológia hozta létre, de ennek befogadása egy más minőségű társadalom kialakulásához vezet. A kapcsolatok és az ismeretek bővülése olyan előnyöket kínál, melyeket néhány évtizeddel ezelőtt még elképzelni sem tudtak.

Érdemes még megemlíteni néhány további előadást is, melyek közül kiemelkedik a kreativitást fejlesztő oktatási módszerek ismertetése. Az alkotó mérnök új ételeket tud főzni a meglévő komponensekből, míg a tudást mechanikusan elsajátító szakember csak a kész ételeket tudja feltálalni. A kreativitást újszerű példák megoldásával, a megoldás bemutatása helyett a rávezetéssel lehet elérni. Soron kapcsolódik ehhez a kérdéshez a szocializáció kérdése a tanulásban és a különböző Európa-tendenciák áttekintése.

Más előadásokból sok érdekes adatot hallhattunk az informatikaoktatás hallgatói létszámáról és a tantárgyak mennyiségéről, látogatottságáról. A számítógépes és internetes oktatás, valamint a távoktatás hasonlóságáról, különbözőségéről több előadó is beszélt. Ennek során hallhattunk előnyökről, hátrányokról, valamint a továbbfejlesztés lehetőségeiről.

A konferencia során megtekinthettük a könyvkiállítást, ahol kiemelkedően magas színvonalú matematikakönyvekbe lapozhattunk bele. Jó gazdasági és etikai könyvek is voltak a polcokon, de valamennyi tantárgy elegendő háttérrel rendelkezett ahhoz, hogy a tanulók otthon elsajátíthassák az ismereteket. Kézbe vehettük a főiskola folyóiratát, az Informatikát, mely az oktatás teljes profilját lefedő, és azon szakmailag túlmutató, színvonalasan megírt cikkeket tartalmazott.

Digitális rendszerjellemzők választása DVB-T adók besugárzástervezéséhez

KISSNÉ AKLI MÁRIA

Hírközlési Felügyelet

A földfelszíni digitális televíziózás (DVB-T) előkészítésének és bevezetésének az elmúlt 5 évben tapasztalt üteme arra enged következtetni, hogy a digitális hamarosan fel fogja váltani a jelenlegi analóg televíziózást. Ez elsősorban a DVB-T rendszerben rejlő azon tulajdonságoknak köszönhető, melyeket az analóg televíziózás lehetőségeivel összevetve egyértelműen előnyként értékelhetünk. Ilyenek többek között a frekvenciahatékonyság, a sugározható műsorok számának jelentős növekedése, változatos hálózati struktúrák kialakítási lehetősége, hordozható és mobil vétel biztosítása, interaktív szolgáltatások elérése stb.

Tervezési kritériumok meghatározása

DVB-T hálózatokat a megadott alapkövetelményeket kielégítő hálózattervek alapján valósítsák meg, mely biztosítja a kívánt területi/lakossági ellátottságot. A terv tartalmazza a szükséges számú DVB-T adóállomás földrajzi (koordináták, effektív antennamagasság stb.), sugárzási (frekvencia, kisugárzott teljesítmény, antennarendszer stb.) paramétereit, a digitális rendszerjellemzőket (modulációs mód, hibajavító kód, vivők száma, védelmi intervallum/szimbólumhossz arány), a hálózati struktúrát (MFN, SFN, multi/több- és single/egyfrekvenciás hálózat, vegyes), a vételi módot stb. A terv számos eleme nem a műszaki megfontolásokon alapuló számítások eredménye, hanem az azt megelőző döntéseké. A tervezés elemeit érintő, sok esetben egymásra épülő döntéshozatalban három szintet különböztethetünk meg, melyeken a következő kritériumokat kell meghatározni.

1. Szint (célok)

- ellátottsági százalék
- az ellátottság „minősége”
- átviteli kapacitás
- vételi mód (fix, hordozható, mobil)
- új vagy meglévő infrastruktúra alkalmazása
- a hálózatok típusa (MFN, SFN, vegyes).

Ezek alapvetően nem műszaki, sokkal inkább média-politikai, gazdasági megfontolásokat igényelnek.

2. szint (megvalósítás)

- DVB-T rendszerjellemzők (120 kombinációs lehetőség)

- Hálózati jellemzők (antennamagasság, teljesítmény, csatorna-újrafelhasználási távolság stb.)
- Besugárzás/ellátottság tervezés.

A második szint döntései az első szinten hozott döntések figyelembevételével műszaki megfontolásokon alapszik.

3. szint (együttműködés)

- a frekvenciaterv típusa (frekvenciakiosztási, -kijelölési terv vagy ezek kombinációja)

Ez utóbbi inkább „filozofikus” jellegű kérdés.

Látható, hogy vannak olyan döntések, melyek elsősorban nem műszaki megfontolásokból születnek, de alapvetően befolyásolják a technikai paraméterek választását a 2. szinten. Nem elegendő tehát a DVB-T szabvány által kínált mintegy 120 féle lehetőség jellemzőinek az ismerete az optimális paraméterválasztáshoz. Szükséges a hálózatra vonatkozó célok áttekintése is, amit az 1. szinten felállított tervezési kritériumok támasztanak. A megfelelő DVB-T rendszerjellemzők kiválasztása tehát csak úgy lehetséges, ha ismerjük a különböző vételi módok jellemzőit, a vétel minőségével összefüggő fogalmakat, az ellátottsági kritériumokat, ellátottsági számítási módszereket, hálózati struktúrákat stb.

Digitális rendszerjellemzők

A digitális rendszerjellemzők kijelölése részben a rendszervariánsok, mint

- modulációs mód (QPSK, 16QAM, 64QAM) és
- hibajavító kódarány (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)

megadását, részben az úgynevezett „Designator”, azaz a

- védelmi intervallum arány ($D/TU = 1/4, 1/8, 1/16, 1/32$) és a
- vivők számának (2k, 8k)

a megválasztását jelenti.

A különböző kombinációkhoz rendelhető C/N követelmény és az átviteli kapacitás a következő táblázatban található. Ezeket az értékeket a vivők száma nem befolyásolja.

Ellátottsági kritériumok

A ellátottság kritériumát a műsorszórásban szokásosan százalékban adják meg az ország területére vagy lakosságára vonatkoztatva. A fő kérdés egy új digitális hálózat kialakításánál a területi ellátottság kiértékelésének a módszere. Mérésen alapuló kiértékeléskor a televízió-műsor vételi helyét ellátottnak tekintjük, ha a vételi pontban a vétel minősége „megfelelő”. Analóg esetben objektív télerősségmérés és szubjektív képminőségérték alapján dől el a megfelelő vételi minőség kritériumának teljesülése.

Ellátottság tervezésekor általában sem objektív, sem szubjektív adatok nem állnak a tervező rendelkezésére. Elméleti számítások alapján kell az adott földrajzi és sugárzási paraméterekkel rendelkező televízióadó ellátottságát megállapítani. Az adó által létrehozott télerősség hely és idő szerinti statisztikus jellege miatt a pontos ellátottság nem adható meg. A választott télerősség-bebecslési módszertől és az előírt ellátottsági kritériumoktól függően azonban különböző pontossággal az ellátottság becsülhető.

Analóg televízió esetén a minimális értéknél ($E_{\min}$) nagyobb télerősséggel ellátott vételi helyeket tekintjük ellátottnak zavarmentes környezetben. A becslési eljárással meghatározott $E_{\min}$ télerősség átlagértéket reprezentál, mely egy kb. 100x100 m-es területen belül mérhető értékeknek az átlaga. Ez azt jelenti, hogy a va-

lóságban a helyek 50%-ban nagyobb, és a helyek 50%-ban kisebb a jelszint a becsült értéknél. Ebből következően az $E_{\min}$ -nél kisebb télerősségértékek is fel léphetnek a számított ellátott területen belül. Analóg vételnél a zajok és zavarok hatására folyamatos minőségromlás lép fel az ellátottsági határ közelében. Éppen ezért, ha a hasznos jel télerősségszintje a minimális érték alá csökkenne néhány dB-lel (kb. 6 dB csökkenés jelent egy kategória ugrást a minőségben), a vétel még lehetséges egy minősítési fokkal rosszabb minőségben.

Digitális televízió esetében tudjuk, hogy a vevő egészen másként viselkedik. A tökéletes képminőség és a vétel lehetetlensége kis elmozdulás esetén is bekövetkezik a valóságos ellátottsági határ közelében. Ha a hasznos jel szintje elkezd csökkenni, és a C/N vagy a C/I egy bizonyos minimum érték alá csökken, 1 dB-nél kisebb további csökkenés is elegendő, hogy a kép eltűnjön. Ezért kritikus kérdés, hogyan definiáljuk az ellátott területet. Ha az analóghoz hasonló ellátottsági kritériumot használnánk, az azt jelentené, hogy az ellátottsági határ közelében a helyek 50%-ában nem lenne vétel, vagy bármely más területen a télerősség-csökkenés a vétel teljes megszűnését eredményezhetné. Ha a helyellátottság százalék értéke (L) nagyobb 50%-nál, a háztartások nagyobb részében válik lehetővé a vétel a kritikus ellátottsági területeken, közönséges vevőberendezést feltételezve.

Digitális televízióadók ellátottságának meghatározása három lépésben történik.

- Vételi hely a legkisebb egység kb. 0.5x0.5 m kiterjedéssel, mely ellátottnak tekintett, ha a hasznos jel szintje elég nagy ahhoz, hogy a zajt és a zavaró jelek hatását kiküszöbölje az idő 99%-ában.
- „Kis terület” szokásosan 100x100 m-t jelent, melynek ellátottsága az alábbiak szerint kategorizálható. „Jó” az ellátottság, ha a vételi helyek legalább $L=95\%$ -a,

Moduláció	Hibajavító kódarány	C/N (dB)		Adatátviteli kapacitás (Mbit/s)			
		Rice csatorna	Rayleigh csatorna	$D/TU = 1/4$	$D/TU = 1/8$	$D/TU = 1/16$	$D/TU = 1/32$
QPSK	1/2	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
QPSK	5/6	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	13	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
16-QAM	5/6	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
64-QAM	2/3	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
64-QAM	5/6	20	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	21	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

„megfelelő”, ha a vételi helyek legalább $L=70\%$ -a ellátott a kis területen belül.

- Ellátott területe egy adónak, vagy adók egy csoportjának azon „kis terület”-eknek az összegzéséből adódik, melyekre a megadott kategóriának megfelelő ellátottság biztosított.

A hely ellátottsági százalék azt jelenti, hogy a kis területeken belüli vételi pontok hány százalékában nagyobb a térerősség a szükséges minimális térerősségnél az idő 99%-ában. Mindegyik kis területen belül a térerősség véletlenszerű, lognormal eloszlást mutat, ami a terep egyenetlenségéből adódik. Digitális jelekre végzett mérések szerint a szórás kültéri vételnél 5.5 dB, épületen belül 8.1 dB, melyet a vételi pont körüli környezeti jellemzők befolyásolnak. DVB-T szolgáltatnál a megkövetelt L az analóg televíziónál alkalmazott 50%-nál mindig nagyobb. Ezért az ITU-R P.370 Ajánlás görbéiből leolvasott térerősségértékeket korrigálni kell a helyszázalék korrekciós tényezővel (C_1). A dB-ben megadott C_1 a szabványos szórás (s) és a helyszázaléktól függő eloszlási tényező (pl. $\mu=0,52$, ha $L=70\%$, $\mu=1,64$, ha $L=95\%$, illetve $\mu=2,32$, ha $L=99\%$) szorzatából adódik.

$$C_1 = \sigma \cdot \mu$$

Amennyiben a hasznos jel több adótól származó jel eredője (SFN hálózat), a szórás változóvá válik az egyéni jelek függvényében. Ebből adódóan a C_1 sem állandó érték. Az azonban bizonyos, hogy mindig kisebb, mint egyedi jel esetén.

Minőségi és gazdasági szempontokat mérlegelve a 34 ország által elfogadott Chester '97 megállapodásban 95, illetve 70%-ot választottak, mint a jó, illetve a megfelelő kategóriák szélsőértékei fix és hordozható vételre. Mobil vételre a helyellátottsági kritérium még nyitott kérdés, de várhatóan 99%-os értéket kell alkalmazni.

Az ellátottság kiértékelése

Digitális állomás ellátottsági területének kiértékeléséhez szükség van a választott digitális rendszerparaméterekre, és figyelembe kell venni az összes potenciális hasznos (SFN esetén) és zavaró adót az azonos és szomszédos csatornákon, egy bizonyos távolságon belül, ami akár néhány 100 km-es sugarú kört is jelenthet.

Vételi hely vizsgálata

Egy adott vételi helyen a hasznos DVB-T adó jelszintjének nagyobbnak kell lenni annál a zaj szintjénél, ami megfelel a minimális C/N -nek dB-ben kifejezve.

$$C > \alpha + N$$

- α : a minimális C/N
- N : a minimális jelszint
- C : a hasznos jel szintje

A zavaró jelek hatásának leküzdéséhez a hasznos jel szintjének a zavaró jelszintnél a védelmi értékkel nagyobbak kell lenni. Ez az érték, szintén dB-ben kifejezve, a minimális C/I -nek felel meg

$$C > \beta + I$$

- β : a védelmi érték (minimális C/I)
- I : zavaró adók által keltett zavar szintje
- C : a hasznos jel szintje

A különböző típusú zavarok (pl. T-DAB, analóg tv, egyéb szolgálat) eltérő tulajdonságai és eltérő sávzélességei miatt különböző hatással vannak az OFDM jel vivőire. Éppen ezért a védelmi értékek is mások különböző zavartípusok esetén. Az eltérő természetű zavarok miatt a hasznos jelet nem lehet egyszerűen a zajok és zavarok jelszintjeinek teljesítményösszegzési módszerrel meghatározott értékével összehasonlítani.

Tekintettel arra, hogy egyetlen kiválasztott vételi pontban a jelszintek valóságos értékei megadhatók, a „jó” vétel feltétele egyszerűen kifejezhető:

$$\Sigma P_c \geq P_N + \Sigma P_{(\beta+I)}$$

ahol

- ΣP_c : A hasznos jel(ek) teljesítménye
- P_N : az ekvivalens zajteljesítmény
- $P_{(\beta+I)}$: az i -dik zavarójel teljesítményének a védelmi értékkel növelt értéke ($\beta_i + P_i$ (β_i))

„Kis terület” vizsgálata

A gyakorlatban nem lehet az összes vételi pontban megadni a valóságos térerősségértékeket, így az egyetlen dolog, ami kiértékelhető, a kis vételi területen belüli átlagos térerősségértékek. Ennek alapján kell eldönteni, hogy a kb. 100x100 m-es kis terület az ellátott területen belül van-e. A helyszázalék kiszámítása a következő tényezők figyelembevételével történik:

- A zaj hatása
- Védelmi értékek minden típusú zavar esetén
- Véletlenszerűen változó térerősségértékek, melyek várható értéke adható meg mind a hasznos jelre, mind a zavaró jelekre. Ehhez a legáltalánosabban használt térerősség-bebecslési eljárás az ITU-R P. 370-es (ITU-R P. 1546-os), de egyéb terepadatokat felhasználó (DTM alapú) módszer is alkalmazható.

Tekintettel arra, hogy mind a hasznos, mind a zavaró jelek teljesítménye véletlenszerűen változik, csak a várható értékük és szórásuk ismert, a fenti formula csak a hasznos és zavaró térerősségszintek várható értékeire alkalmazható. Ezért szükségessé válik a térerősség hely szerinti eloszlásának matematikai modellezése.

A hasznos (SFN esetén) és a zavaró jeleket és a zajt összegezhethetjük többféle módszerrel. Mindegyik statisztikai módszeren alapul, melyek számítógépes feldolgozást igényelnek, és a teljesítményösszegzőt kivéve azt feltételezi, hogy a térerősség lognormal el-

oszlású a hely függvényében. A jelenleg alkalmazott módszerek a következők: Monte-Carlo, Power sum, Egyszerűsített szorzat, Log-normal, t-LNM, módszer, Schwartz és Yeh.

Vételi módok

A DVB-T rendszerrel lehetőség van fix, hordozható és mobil vétel biztosítására.

Fix vétel esetén az irányított vevőantenna legalább 10 m magasságban van telepítve. A számításoknál azt is feltételezzük, hogy a vevőantenna telepítésekor közel optimális vételi feltételeket biztosítanak. Fix vételre tervezéskor nagyon gyakran 100%-os területi ellátottságot, és 95%-os helyellátottsági százalékot vesznek figyelembe. A 70%-ot többnyire csak az ellátni kívánt terület határán, pl. országhatáron engednek meg. Fix vételre tervezett hálózattal nagyméretű hálózatok létesíthetők anélkül, hogy túlságosan nagy teljesítményekre lenne szükség. A vételi körülmények fix vételi módnál a legkedvezőbbek, ezért a DVB-T standard által felkínált rendszerjellemzők bármelyik kombinációja megvalósítható. SFN hálózatoknál azonban van egy korlátozó tényező a lefedett terület nagyságára, ami az „öninterferencia” effektusból adódik. A korlátozás nagysága függ a védelmi intervallum hosszától és a választott digitális rendszerjellemzőkből adódó zavartűrő képességtől. Ennek különös jelentősége van akkor, ha a követelmény egy rendkívül nagy átviteli kapacitás, ami csak kis védelmi intervallum alkalmazásával teljesíthető. Ebből az a következtetés is levonható, hogy nagy kiterjedésű, azaz 1-2 megye területénél nagyobb méretű SFN hálózatok alkalmazása jelenleg nem túl célszerű.

Hordozható vétel

Hordozható vétel két esetre határozható meg.

Kültéri a vétel, ha a hordozható vevő egy beépített vagy csatlakoztatott antennával rendelkezik és kültéren használják, ahol az antenna magassága nagyobb 1,5 m-nél.

Beltéri a vétel, ha a hordozható vevő egy beépített vagy csatlakoztatott antennával rendelkezik, az antenna magassága nagyobb 1,5 m-nél, és egy külső ablakkal ellátott földszinti szobában van elhelyezve. Az emeleten a vétel szintén beltérinek felel meg, de korrekciós tényezőt is kell alkalmazni az antenna magasságnövekedés miatt.

Hordozható beltéri, földszinti vételhez körülbelül 30 dB-lel nagyobb térerősség szükséges, mint fix vétel esetén. Ez az épületszillapításból, az alacsonyabb vevőantenna miatti veszteségből és a kisebb antennanyereségből adódik elsősorban. Összemérhető területi ellátottság biztosításának igénye esetén a 95% helyellátottsági százalékot szinte lehetetlen teljesíteni. Ilyen megfontolásból hordozható beltéri vételre a $L=70\%$ megfelelő.

Mobil vétel a DVB-T jelet mozgás közben veszi a vevőkészülék. A mozgásmeghatározás kiterjed a sétáló ember sebességétől az autópályán száguldó autó sebességéig. A körsugárzó antenna 1,5 m-nél magasabban helyezkedik el. Jelenlegi ismeretek szerint mobil vételnél a hordozható kültéri vétel paraméterei alkalmazhatók a Doppler effektusból adódó korrekciós tényezővel kiegészítve. Erre vonatkozó elfogadott számértékek még nincsenek.

Mobil hálózat tervezésekor alapvető ellentmondás van a bitsebesség, a zavartűrő képesség és a jármű maximális sebessége között. Minél komplexebb modulációs eljárást alkalmazunk, annál bonyolultabb vevőkészülékek szükségesek a demoduláláshoz. A hibajavító kódarányon kívül más rendszerjellemzők is közvetlen módon hatnak a mobil vételi lehetőségre.

8k módban, például a vivők negyed akkora távolságra vannak egymástól, mint 2k módban, így 2k esetén négyszer nagyobb Doppler eltolódást képes kezelni a vevő.

Doppler hatás alacsonyabb frekvenciákon kisebb, ezért a VHF sáv alkalmasabb mobil vétel biztosítására nagy sebességeknél.

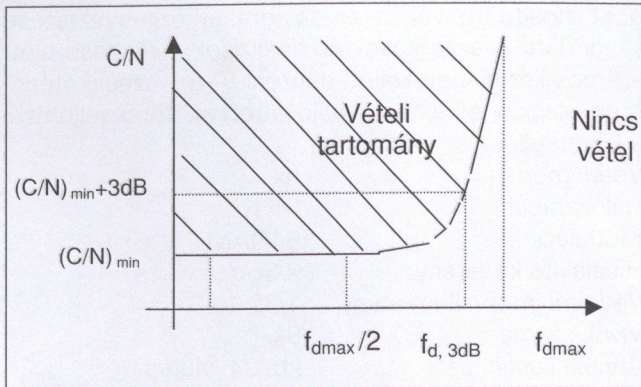
Mobil esetben, amikor a vevőnek az átviteli csatornán bekövetkező gyors változásokat kell lekezelnie, a védelmi intervallum használata hátrányokkal jár. A csatornabecslés, mely a mobil csatornában történő gyors változások követéséhez szükséges, sokkal nehezebb, ha védelmi intervallummal van a hasznos jel kiegészítve. Ebből következően mobil esetben a rövidebb védelmi intervallum előnyös. Ekkor a multiplex csatorna átviteli kapacitása is nagyobb. Ugyanakkor a rövid védelmi intervallum hátránya, hogy korlátozza a nagy kiterjedésű SFN kialakítását.

Számos rendszervariáns alapvetően nem alkalmas mobil vételre. Például 2/3-nál nagyobb hibajavító kódarányérték esetén, kritikus vételi körülmények között jelentős árat kell fizetni a szükséges minimális C/N és a Doppler hatás tekintetében. Éppen ezért mobil esetben csakis az 1/2 és 2/3 értékek alkalmasak nem hierarchikus DVB-T módban, hogy a térerősség-csökkenésből adódó jelromlást kompenzálni tudja a vevő.

A vevő viselkedése mobil környezetben

A mobil vételt leíró sokféle jellemző közül a sebesség és az ahhoz megfeleltethető Doppler frekvencia, f_d , valamint az f_d -hez tartozó szükséges C/N a legfontosabb paraméterek. Laboratóriumi tesztek azt mutatják, hogy a Doppler frekvencia egy bizonyos értékéig a vevő minden gond nélkül tudja demodulálni a vett DVB-T jelet. Ha a sebesség tovább növekszik, a demodulálás sikeressége drasztikusan csökken, majd egy sebeséghatárt elérve lehetetlenné válik.

Egy adott DVB-T módhoz és egy vételi környezethez (városi, nem városi) hozzárendelhető a – minőségi követelményeket kielégítő – minimálisan szükséges C/N érték. A C/N és a Doppler frekvencia között a fenti ábrához hasonló módon adható meg az összefüggés



minden vételi körülményre. Kis sebességeknél a szükséges C/N relatíve független a Doppler frekvenciától ($f_{dmax}/2$ -ig), ugyanakkor alapvetően függ a DVB-T rendszervariánstól és a minőségi követelménytől.

A C/N és a Doppler frekvencia (sebesség) közötti összefüggés kiértékeléséhez szükség van a digitális televíziószolgáltatás minőségére vonatkozó információkra is. A fix vételnél definiált kvázi hibamentes vételi kritérium (1 javítatlan hiba/óra) mobil vételre nem megfelelő, mert számos esetben becsülné túlságosan alá a mobil vételi lehetőséget. A Motivate projekten belül definiáltak egy szubjektív minőségi paramétert, mely szerint jó a mobil DVB-T vétel, ha 20 másodpercen belül 1-nél több látható hiba nincs a megjelenített képen. Az objektív minőségi paraméter annak a valószínűségét fejezi ki, hogy a vizsgált egy másodperces intervallumban egy vagy több hibás MPEG csomag érkezik. A vizsgálatok szerint, ha egy multiplex csatornában egyetlen műsort továbbítanak, akkor a szubjektív ítélet fent definiált értékéhez 5%-os objektív mérőszám feleltethető meg. Ha 1 multiplex csatornában több programot is elhelyeznek, ez valószínűség növekszik.

Diverziti vevők

Diverziti vevőkkel a gyors fadingek hatását lehet csökkenteni, ami mindig fellép mobil vételi környezetben. A különböző antennákon beérkező jelek – megfelelő súlyozási tényező alkalmazásával – lineárisan összegződnek, mielőtt a standard DVB-T dekódolási algoritmust alkalmazó vevőben a dekódolás megtörténne.

$$y = \sum w_i \cdot x_i$$

A diverziti vétel kulcsfontosságú a jövő mobil és hordozható DVB-T műsorszórásában. Mobil esetben ez azt jelenti, hogy diverziti vétellel 6-8 dB-lel kisebb adóteljesítményekkel lehet ugyanazt az ellátottságot biztosítani. Másik hatása a mobil vételre a mozgó jármű maximális sebességhatárának növekedése.

Hordozható vételnél szintén jelentős előnyökkel jár a diverziti vétel, különösen 8k módban. Két antennával rendelkező diverziti vevővel például könnyebb megfelelő vételi helyet találni, mint normál vevővel. Különösen fontos lehet ez a tulajdonság, ha a különböző multiplex csatornán sugárzott műsorok között szeretnénk

kapcsolgatni. (A multiplexekhez tartozó optimális vételi helyek várhatóan nem esnek egybe.)

Az eddig leírtak alapján az alábbiakban összegezhetjük a mobil vételre vonatkozó rendszerparaméter-választási követelményeket: az adatátviteli sebességtől (melyet a modulációs mód, hibajavító kódarány, védelmi intervallum befolyásol) és frekvenciától függően városi környezetben 20-243 km/h, nem városi környezetben 20-189 km/h sebességekre korlátozza a Doppler frekvencia a maximális sebességet a megfelelő vétel biztosítása mellett. Mobil vételre leginkább az 1/2 és 2/3 hibajavító kódarány választása a megfelelő. Kisebb védelmi intervallummal a Doppler effektus káros hatása csökkenthető. Diverziti vevők alkalmazásával 8k módban is megfelelő sebességet lehet elérni, bár nagyobb sebességnél a 2x kedvezőbb.

A jelenlegi ismeretek és technikai lehetőség alapján tehát megállapíthatjuk, hogy a mobil vétel QPSK, 16 QAM és 64 QAM modulációban 1/2 és 2/3 hibajavító kódarányval mind 2k, mind 8k módban megvalósítható.

Mobil vételre vonatkozó tervezési és egyéb paraméterek már rendelkezésre állnak, de elfogadásra még nem kerültek. A mobil vételi lehetőség vizsgálata, a tervezési paraméterek meghatározása, mérések és kísérletek még intenzíven folynak különböző projekteken belül. Újabb eredmények birtokában a javasolt értékek felülvizsgálatra kerülnek. Különösen igaz ez a szolgáltatás minőségének kritériumára és a diverziti vételre vonatkozó megállapítások tekintetében.

A digitális rendszervariánsok kiválasztása

A DVB-T rendszer lehetővé teszi különböző szintű modulációs mód és hibajavító kódarány alkalmazását, melyekkel az átviteli kapacitást és a rendszer zavartűrő képességét egymás rovására lehet befolyásolni. A sok lehetőség közül érdemes egy korlátozott számút, a legmeghatározóbb módokat kiválasztani, melyekre a tervezési analíziseket még egy elfogadható mértékű időráfordítással el lehet végezni. A vizsgálatokhoz legáltalánosabban használt négy ún. „tipikus” üzemmód és jellemző tulajdonságaik röviden az alábbiakban foglalhatók össze.

1. A **QPSK, 2/3** rendszervariáns alacsony átviteli kapacitást, azaz 6-8 Mbit/s-t biztosít, ellenben rendkívül zavartűrő hálózat kialakítására alkalmas.
2. A **16 QAM, 2/3** rendszervariáns alkalmazásakor az átviteli kapacitás elfogadható, 13-16 Mbit/s. Mivel a rendszer zavartűrő képessége is jónak mondható, hordozható és mobil vételhez ez a tipikus üzemmód megfelelő.
3. A **64QAM, 2/3** üzemmódnál az átviteli kapacitás magas, 20-24Mbit/s, de a hálózat zavartűrő képessége gyenge. Különösen érzékeny az öninterferenciára nagy kiterjedésű SFN hálózatokban. Jelenleg ez a legáltalánosabban választott rendszer fix vétel biztosításához az európai országokban. MFN hálózatokban a legkisebb védelmi intervallummal jól alkalmaz-

ható. SFN esetén a védelmi intervallumot nagyra kell választani.

4. **Hierarchikus** digitális rendszerben az MPEG2 bitfolyam ketté van osztva egy magas és egy alacsony prioritású részre. A magas prioritású bitfolyam a zavarúróbb rész, melyben QPSK modulációt és alkalmas hibajavító kódarányt választanak a zajjal és zavarokkal szembeni védelem biztosításához. A moduláció típusából következően az átviteli kapacitás alacsony. Annak ellenére, hogy a C/I rosszabb, mint nem hierarchikus módban, az átviteli kapacitás mégsem kisebb. Az alacsonyabb prioritású rész a törekényebb pontja a hierarchikus rendszernek, és egyaránt lehet 16 QAM vagy 64 QAM. 16 QAM esetén a kapacitás a magasabb prioritású rész kapacitásához hasonló. 64 QAM esetén azonban körülbelül kétszerese lesz. A kapacitás pontos értéke függ a két rész hibajavító kódarányának egymáshoz viszonyított értékétől. A hierarchikus rendszer sokféleképpen felhasználható. Például fix (alacsony prioritású rész) és mobil (magas prioritású rész) vétel biztosítható ugyanazon az ellátottsági területen belül egy multiplex csatornával.

Védelmi intervallum

Az OFDM, mint sokvivős rendszer relatíve hosszú szimbólumokból áll. Ez biztosítja a szimbólumok közötti interferenciával szembeni magas fokú védettségét, ami védelmi intervallum alkalmazásával még fokozható.

MFN hálózatokban kis védelmi intervallum megfelelő, míg SFN esetén a védelmi intervallumot többnyire nagyra kell választani. Adott modulációs mód és hibajavító kódarány esetén, mint az előző táblázatból is kiténik, nagyobb védelmi intervallummal kisebb átviteli kapacitás érhető el.

A DVB-T bevezetése Magyarországon

Három évvel ezelőtt a Hírközlési Főfelügyelet Frekvenciagazdálkodási Igazgatóságán három országos fedést biztosító DVB-T multiplex hálózat frekvenciaterveinek elkészítése, majd 2000-ben a kb. 90%-os fix ellátottsá-

got biztosító frekvenciatervek nemzetközi egyeztetése kezdődött. A számítások és analízisek elvégzése előtt számos kérdésben kellett döntenie. A tervezési kritériumok alapján elkészített hálózattervek főbb jellemzői a következők.

Vételi mód:	fix
Hálózattípus:	MFN
Moduláció:	64QAM
Hibajavító kódarány:	2/3
Védelmi intervallum arány:	1/32
Vivők száma:	8k
Átviteli kapacitás:	kb. 24 Mbit/s
Adótelephelyek:	Meglévő analóg gerinc adóhálózat

Összegzés

A digitális rendszer körültekintő megválasztásához az 1. szinten definiált tervezési kritériumok alapján számtalan körülményt kell figyelembe venni. A sokszor ellentmondó követelményeknek megfelelő megoldás megtalálásához a tipikus üzemmódokat/rendszervariánsokat választva kell a tervezést több változatra elvégezni. Tekintve, hogy DVB-T-nél a vétel kis térerősség-változás esetén is kritikussá válhat, elengedhetetlen, hogy a lehető legpontosabb ellátottság kiértékelési módszerek kerüljenek alkalmazásra. A pontosság növelése egyre összetettebb számítási módszerek alkalmazását igényli, melyek egyrészt számítástechnikai támogatással, másrészt nagyobb időráfordítással valósíthatók meg. A digitális televíziózás azonban annyi előnyös tulajdonsággal rendelkezik mind nézői, mind frekvenciagazdálkodási stb. szempontból, hogy megéri a gondos tervezésre fordított energiát.

Irodalom

1. The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement, Chester, 25 July 1997
2. IAB Workshop: Planning for Digital Services (Montreux, 1999. január)
3. DigiTAG Seminar on Mobil and Portable DTT (Berlin, 2000. november)
4. CEPT WGFM dokumentumok

A magyar gyártmányú ionoszféravizsgáló berendezés története és alkalmazása a hazai ionoszféravizsgálatokban

DÓSA GYÖRGY

okl. villamosmérnök, okl. műsorszóró és hírközlési szakmérnök

A kezdeti időszak

A hazai légkör elektromos állapotára vonatkozó kutatás már 1887-ben kezdetét vette Frölich Izidor egyetemi tanár munkásságával. A húszas és harmincas években Massány Ernő, Tóth Géza, Aujeszky László és később Berkes Zoltán végeztek „rádiómeteorológia-” és ionoszférakutatásokat az Országos Meteorológiai Intézetben (OMI), a Magyar Elektrotechnikai Egyesület rádió szakosztályában.

A negyvenes évek elején a posta tárnoki vevőállomása rendszeresen vette az USA és több Nyugat-Európa–Magyarország közötti távíró adásokat, és vizsgálták a vétel alakulását. Ez eredményeket adott az ionoszférikus terjedésről, az ionoszféra tulajdonságairól. E jelentős feldolgozást Flórián Endre végezte 1947–1948 között, és Az időjárás hatása a húszméteres rádióhullámok terjedésére címmel írta doktori disszertációját.

Az ionoszférakutatás megindításáról és a munkamegosztásról az érdekelt intézmények értekezletet tartottak 1948-ban a Posta Kísérleti Intézetben.

A Posta Kísérleti Intézetet Bognár Géza és Magyarai Endre, a Csillagvizsgáló Intézetet Detre László, Dezső Lóránt, Sherman Richárd, az OMI-t pedig Tóth Géza, Aujeszky László és Flórián Endre képviselte.

Az értekezlet szerint az első feladat a kísérletekhez, vizsgálatokhoz szükséges impulzus üzemű rádió-adó-vevő és az antennarendszer elkészítése.

A döntés alapján a Csillagvizsgáló Intézet vállalta az impulzus üzemű kísérleti adóberendezés elkészítését (Abaházi Richárd). 1949-ben Flórián Endre megkezdte PKI segítségével a kísérleteket, amelyekbe 1953-ban a Távközlési Kutató Intézet (TKI) is bekapcsolódott.

1954-ben a pestlőrinci obszervatóriumban üzembe helyezték a kísérleti ionoszféravizsgáló berendezést – kézi hangolású adóvevőt és az antennarendszert, és megkezdődött a Budapest feletti ionoszféra szondázása. Ez időtől dr. Flórián Endrét bízták meg az ionoszféravizsgáló csoport irányításával és vezetésével. 1954 júliusától megindult a tíznapos ionoszférajelentés elkészítése és kiadása. Az ionoszférajelentés már nagy eredmény volt, miután tartalmazta a rétegek határfrekvenciáit, magasságait 2 és 10 MHz frekvenciatarto-

mányban, tartalmazta továbbá a „szórványosnak” nevezett sporadikus E réteg adatait is.

Az EMV gyártmányú ionszondák

A mérések (szondázások) gyorsítása érdekében a kézi hangolású kísérleti ionoszféravizsgáló berendezést kiváltotta az EMV gyártmányú, „félautomata” vizsgáló rendszer nagyobb antennarendszer kiépítése után, ezeket 1955-ben üzembe helyezték. A világon ez idő tájt már kb. kétszáz mérőállomás működött. Magyarország 1955-ben a szovjet IZMIRAN Kutatóintézettel lépett kapcsolatba, melynek eredményeképpen a magyar havi ionoszférajelentésekért igen nagy területekre vonatkozóan küldött ionoszféra-előrejelzéseket az IZMIRAN központja. Az 1957 júliusában kezdődő nemzetközi geofizikai évek (ngé) vizsgálataiba – ionoszféramérésekkel, -vizsgálatokkal – az OMI is bekapcsolódott.

1955 végén a Posta Rádióműszaki Hivatal feladatuk kapta, hogy a külföldre irányuló rövidhullámú magyar és idegen nyelvű műsoradásokat úgy időben, mint területileg jelentősen bővítsék. Ehhez Dél-, Közép-Amerika, a Közel-Kelet felé hullámterjedési programokat, optimális sugárzási frekvenciaterveket kellett kidolgozni a diósdí és székesfehérvári rövidhullámú műsoradók és a rövidhullámú rádiókommunikációs viszonylatok részére.

A megnövekedett ionoszféramérési és kutatási igényeket a félautomatikus berendezés már nem tudta kielégíteni. Ezért az OMI korszerű, automatikus vizsgáló berendezés fejlesztését tervezte, melynek fejlesztésére és gyártására az Elektromechanikai Vállalat (EMV) kapott megbízást (1956). A vállalatnál ez időben sok kiváló fiatal, tehetséges szakember dolgozott.

Az automatikus ionoszféravizsgáló berendezés fejlesztése jelentősebb munka volt, és ez vezetett a további sokoldalú adó- és antennarendszerek gyártásához (KH-RH-URH-TV és antennarendszerek). A nap-, az UV- és a röntgensugarak hatására keletkező ionok és szabad elektronok az ionoszférában (70–60 km) a rádióhullámokat – frekvenciától, beesési szögtől, rétegmagasságtól és töltés- (ion-) sűrűségtől függően – eltérítik, visszaverik vagy kiengedik a világűrbe.

A rétegek tulajdonságai napszakonként, évszakonként, de a napfolttevékenységtől függően is változnak, ezért az ionoszférakutatás nagy jelentőségűvé vált a nagy távolságú rádió-összeköttetések, az űrkutatás, a rakétatechnika és az időjárás-prognózis szempontjából. A fejlesztett készülék az ionosféra hullámterjedési szempontjából a legfontosabb E és F rétegeinek mérésére készült 100-120 km, továbbá 200-800 km magasságokra. Az ÉMV vizsgáló berendezése a rádióviSSHanggal (radarelv) történő mérési módszert alkalmazta.

Az ionszonda adója 0,5–20 MHz közötti frekvenciatartományban folyamatosan hangolható, rövid impulzuscsomagokat sugároz függőleges irányba és radarelvén méri a visszaverő ionoszféraréteg magasságát, valamint az ion sűrűségére jellemző, az adott értékre még éppen visszaverődő határfrekvenciát.

A visszaverődött jeleket veszi és katódsugárcső ernyőjén megjeleníti. Az ernyőre megfelelő koordináta-rendszert vittek fel a függőleges tengelyén magassági marker jelekkel.

Az ÉMV által kifejlesztett IRX típusú ionszonda főbb műszaki adatai:

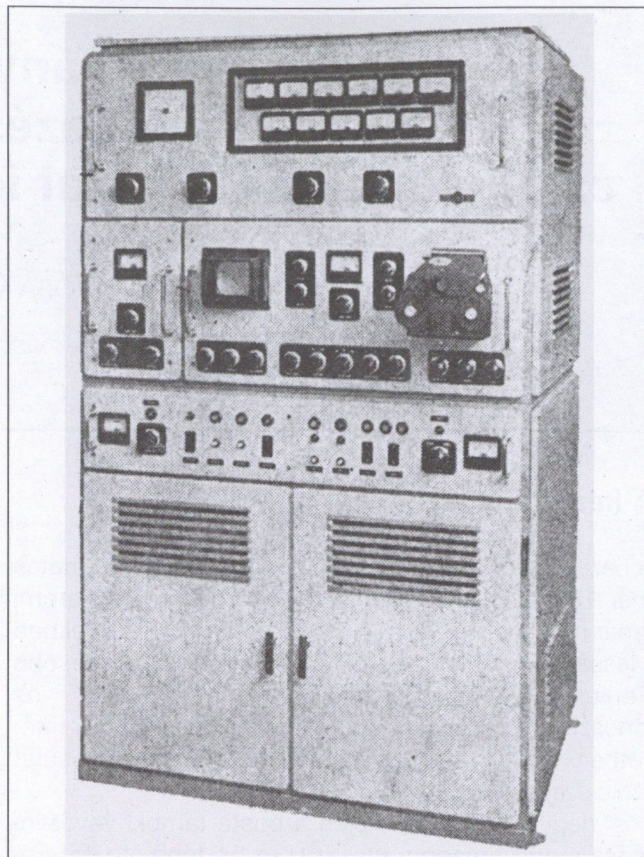
Működési frekvenciatartomány:	0,5–20 MHz
Max. mérhető magasság:	800 km
Névleges adóteljesítmény:	40 kW (később 120 kW-ra növelték)
Impulzusszélesség:	50 μ s
Frekvenciaskála:	lineáris
Frekvenciasöpési idő:	35 sec.
Ismétlődési frekvencia:	50 Hz
Antennarendszer:	36 m magas, 120 m fesz-távolságú kettős delta; függőlegesen felfelé sugárással.

Az ÉMV-IRX ionoszféravizsgáló berendezés konstrukcióját az 1. ábra, bloksémáját 2. ábra szemlélteti. A sugárzó rendszer (3. ábra) haladó hullámú delta antenna volt, két egymásra merőleges síkban elhelyezve. Az antennák felső végpontjai ellenállásokkal vannak lezárva, igen kedvező függőleges sugárást biztosított. Az adóberendezés frekvenciájának növelésével a visszavert jelek mindig magasabbról érkeznek, egy bizonyos frekvencián a visszaverődés eltűnik, az a frekvencia, amely még éppen visszaverődik, a réteg határfrekvenciája. Az a frekvencia pedig, amely éppen már nem tér vissza, az adott réteg kritikus frekvenciája. Egy adott réteg határfrekvenciája és kritikus frekvenciája között általában kb. 0,1-0,2 MHz a különbség, ez jellemző az adott réteg gyors változásaira.

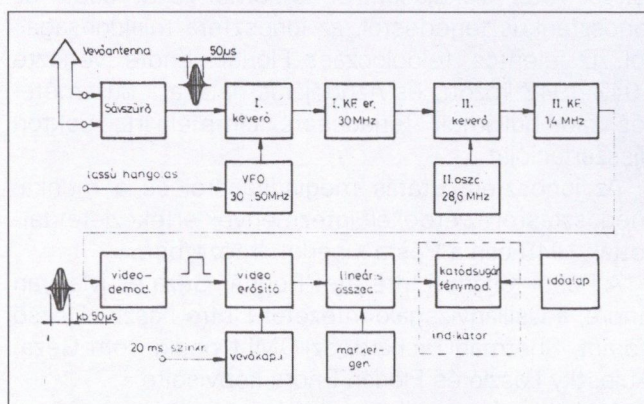
Az ionogramoknál az alábbi adatok állnak rendelkezésre:

- egyes rétegek minimális virtuális magassága (h'),
- egyes rétegek határfrekvenciái (f^0).

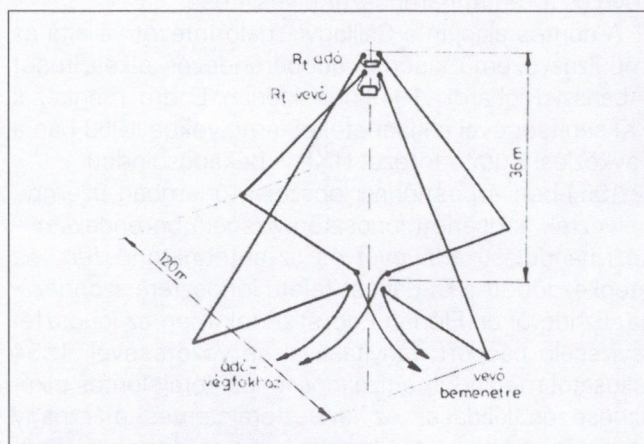
Ezekből megkaphatjuk, mely hullámsávok azok, ahol nagyobb az ionosféra abszorpciója, tehát mely sávok



1. ábra



2. ábra

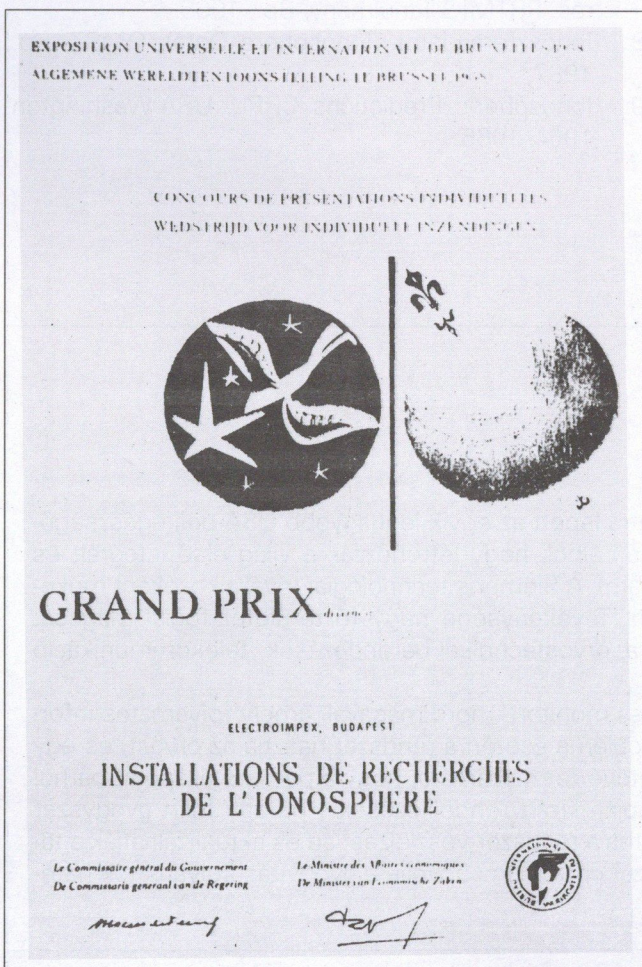


3. ábra

használata kedvezőtlen az összeköttetésekhez egy adott időszakban.

Az EMV ionoszféravizsgáló berendezés színvonalát és használhatóságát az is mutatta, hogy az 1958-as brüsszeli világkiállításon a természettudományi osztályban nagydíjat, Grand Prixet nyert (4. kép). Fejlesztőit – négy vállalati mérnököt, Szende Béla, Halmágyi Tibor, Hofgard Károly, Tófalvi Gyula – pedig Kossuth-díjjal tüntették ki. Mindennek szerepe volt abban, hogy az ÉMV egyre több, bonyolult berendezés tervezésére, fejlesztésére és gyártására kapott megbízást mind hazai, mind külföldi megrendelőktől.

Az ÉMV-BRG kooperáció ezután még 25 db hasonló berendezést gyártott exportra. Az új, automatikus működésű ionszondával a vizsgálatok, mérések 1958-tól megindultak, és így a nemzetközi kooperációba is bekapcsolódott. Ionoszféra-rétegvizsgálókat a világon kb. 300 mérőállomás végzett ebben az időszakban. A kiértékelések egyik legfontosabb eredménye a világtérképeken megadott határfrekvencia-térképek elkészítése és nemzetközi kiadása volt. E térképek használatával minden kívánt viszonylatú, rövidhullámú összeköttetés tervezéséhez az üzemi frekvenciaadatok meghatározhatók (MUF-FOT) nagy pontossággal az adott időpontra és célterületre.



4. ábra

1964-ben az ionszondát Békéscsabára telepítették, miután az obszervatóriumban a berendezés rendszeres üzeme erős zavartatást okozott egyéb vizsgálatoknál.

Tapasztalatok

A magyar rövidhullámú műsoradásunk megbízhatóságát és kedvező vételét igazolja a célterületekről beérkező levelek alapján összeállított Vétel-értékelés című dokumentációs anyag (Magyar Rádió), mely meghatározott időszakokra vonatkozott, és ezekben a kedvező vételi eredmények összefoglalása. Az alábbi táblázatban összefoglalva látható, hogy a hatvanas évek elejétől a pontosabb hullámterjedési számítások alapján hogyan alakult a vételmegfigyelések száma.

Év	Sugárzási időszak				
	Tavaszi	Nyári	Őszi	Téli	Összesen
1963	1311	2247	801	2521	6880
1964	1403	2562	927	2524	7416
1965	1591	4478	2851	4721	13 641
1966	3634	9447	3129	5879	22 089
1967	3982	6695	3552	8006	22 235
1968	4885	8565	3880	8583	25 913
1969	7708	11 175	5784	12 138	36 805

Hasznos volt az ionoszféraadatok felhasználása a jászberényi rövidhullámú rádióállomás előzetes rendszertervezésénél az optimális üzemi frekvenciatervek elkészítésénél az 1963–64-es években. 1979-ig az ÉMV-gyártmányú ionszonda már 21 évet üzemelt és alkatrész-ellátási problémák miatt újból felmerült egy hazai gyártású, korszerű, újabb ionszonda kifejlesztése és gyártása. Sajnos a hazai lehetőség a hosszú fejlesztési idő és költséghiány miatt nem jött létre. Ezért Ausztráliából a KELL-AEROSPACE cégtől új készüléket rendelt az OMSZ, az 5 kW-os IPS-42 típust. Ez a békéscsabai telephelyen 1982 februárjától kezdi meg a rendszeres méréseket.

Az 5 kW teljesítmény miatt az ionogramok minősége az ÉMV berendezésnél jóval gyengébb volt. 1990-től az OMSZ-tól az állami finanszírozást jelentősen megvonták, saját költségvetésből az ionoszféravizsgálókat, -kutatásokat nem tudták folytatni, így megszűnt az ionoszféraadatok szolgáltatása. Ugyancsak megszűnt a nemzetközi kooperáció, azaz a kölcsönös adatszolgáltatás is (CRPL, IZMIRAN stb.).

A 37 évig működő ionoszféravizsgáló állomáson az operatív vizsgálatokon kívül jelentős tudományos kutatásokat is végeztek. Legfontosabbak:

- ionoszféra-rendellenességek, ionoszféraviharok statisztikai jellemzőinek kutatása,
- szporadikus E réteg előfordulási valószínűsége (távolsági URH adások),
- Interkozmosz szervezet keretében elméleti vizsgálatok,
- függőleges besugárzás használatának vizsgálata (ez hazai vonatkozásban alkalmazásra is került az új jász-

berényi rövidhullámú adóállomáson, a 4-6 MHz frekvenciájú, ún. meredeksugárzó antennákkal, közeli területekre kb. 500 km-es sugárban),

- légköri rádiós-törésmutató napi, éves és területi változásainak meghatározásai a Kárpát-medencére,
- vizsgálatok ferde beesésű rádióhullámokkal (villámok kisülésekor képződő és terjedő, igen hosszú hullámok) és ionoszféraabszorpció mérése, vizsgálata.

1990-től tehát az ionoszférazizsgálatokkal, -kutatásokkal kapcsolatos tevékenységek befejeződtek, megszűntek.

Az ÉMV gyártmányú és aranyérmes ionszonda az OMSZ Múzeumába került 1994-ben, mint a magyar ionoszférakutatás tárgyi emléke (jelenleg a Millenáris Park kiállításán látható).

Új, jelentős kutatás terület a meghosszabbodó napfoltminimum újabb megjelenése. Már a hetvenes években több kutató (Eddy, Schneider, Mass), majd újabban Schöve, Cohen vizsgálta visszamenőleg a napfoltok alakulását, megnézték tehát a „múltat”, és számítógépes vizsgálatok alapján azt az eredményt találták, hogy a ciklus jelentősebb pontjai láthatólag kb. 170-180 évente megismétlődnek. Jól ismert, hogy a napfolt-előfordulás átlagosan egy kb. 11 éves cikluson keresztül növekszik, majd csökken.

Korábbi vizsgálatok alapján 1645–1715 között volt egy 70 éves időszak, mely folyamán az évi átlagos napfoltszám napfoltmaximumnál a 60-as értéket sohasem haladta meg, és az egyik ciklusnál 30-nál sem volt nagyobb, ezt nevezte Maunder már 1890-ben a meghosszabbodott napfoltminimumnak. Az újabb kutatók vizsgálata szerint az 1800 és 1875 közötti, kb. 70 éves időszak hasonló eredményeket mutatott a szoláris tevékenységben.

A jövő

A legújabb vizsgálatok eredményei azt jelzik, hogy kb. 1976–2045 között egy újabb meghosszabbodott, alacsony szoláris aktivitású periódus várható, és különösen alacsony lesz az aktivitás e század kb. első harmadában. A mérsékelt, átlagosnál kisebb szinten levő szoláris aktivitással elvárt vételi körülmények általában az alacsonyabb frekvenciasávokban lesznek jobbak és megbízhatóbbak. Ezért a minimumos időszakban a 6–15 MHz közötti sávok használata előnyös.

Irodalom

1. Dr. Istvánffy Edvin: Tápvonalak, antennák, hullámterjedés. Tankönyvkiadó, Bp., 1967.
2. Dr. Flórián Endre: Hullámterjedés. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1956.
3. Dr. Győry Tibor: Hullámterjedés. Tankönyvkiadó, Bp., 1969.
4. TH. J. Cohen: A meghosszabbodott napfoltminimum. Telecommunication Journal, 1979.
5. Simon Antal: Bioexponenciális rádió törésmutató modell a Kárpát-medence térségére. Időjárás, Bp., 1980/6.
6. Dósa György: A magyar rövidhullámú műsorszórás fejlődése. Magyar Híradástechnika, Bp., 1976/1.
7. Dósa György: Külföldre irányuló rádió-műsorszórás. PRTMIG Tanulmány, Bp., 1965.
8. Ionoszféraadatok (Ionosphere Data), OMSZ, Bp., 1987.
9. Ionospheric Predictions CRPL, USA-Washington, 1964–1965.

Hírek

A Siemens sok évre szóló stratégiai partneri kapcsolatra lépett az egyik legnagyobb USA-beli egészségügyi szolgáltatóval, a HealthSouth Corporationnal abból a célból, hogy létrehozzák a világ első integrált és automatizált kórházát Birmingham városban (Alabama állam). A Siemens technológiai fővállalkozóként működik közre a HealthSouth Medical Center kialakításában. Tevékenysége négy fő területet foglal magába: egészségügyi informatikai alkalmazások és infrastruktúra, orvostechnikai berendezések, telekommunikáció és intelligens épületechnika.

A kórház minden páciense egy zsinór nélküli „wellness monitort” hord magával, amely folyamatos információt továbbít mindenkor állapotáról, bárhol is van. Probléma esetén a rendszer riasztja az orvost, és egy újonnan kifejlesztett hálózati platform segítségével lehetővé teszi számára, hogy a páciens állapotát bárhol és bármikor ellenőrizze. Téves, vagy az előzmények alapján kizárt rendelkezések – pl. egy felírt gyógyszer más gyógyszerekkel való veszélyes kölcsönhatása – esetén a rendszer vészjelzést ad és aktualizálhatja a tárolt információkat. A nagyobb biztonság mellett a rendszer célja, hogy növelje a gyógyítási folyamatok hatékonyságát és csökkentse a költségeket.

A kölcsönösen előnyös kiszervezés feltételei

DR. BÖGEL GYÖRGY

Strategic Asdvisor of the KFKI Computer Systems Corporation

Associate Professor of the IMC Graduate School of Business, CEU, Budapest

Közgazdasági szempontból a kiszervezés akkor sikeres, ha általa valamilyen új, a korábbinál nagyobb érték keletkezik, amin az ügyfél és a szolgáltató megoszthatnak: növekednek a bevételek, csökkennek a költségek, jól jövedelmez a befektetett tőke. Az új érték keletkezése és az azon való osztozkodás az outsourcing problémákör talán legfontosabb eleme.

Az „outsourcing” szó jelentését kétségtelenül némi homály lengi körül. Outsourcing az, amikor egy szervezet (például vállalat vagy bármilyen intézmény) úgy dönt, hogy valamit, amit eddig *házon belül* csinált, ezentúl *kívülről*, egy másik szervezettől szerez be. Az „outsourcing” ebben az értelemben a forrás „kihelyezését”, azaz a kihelyezés aktusát jelenti. Ha egy vállalat elhatározza, hogy ezentúl nem tart saját gondnokságot, hanem a kapcsolódó munkákat (karbantartás, takarítás, festés, portaszolgálat stb.) megvásárolja egy másik cégtől, akkor azt mondjuk, hogy a gondnokságot „outsourcingolták”. Ugyanakkor nem szoktuk outsourcingnak nevezni azt az esetet, amikor egy vállalatnak esze ágában sem volt valamit valaha is házon belül csinálni (például áramot saját generátorokkal termelni, vagy vízművet működtetni), hanem azt kezdettől fogva másokra bízta.

Az egyszerűség kedvéért maradjunk annál az értelmezésnél, amely a kihelyezés *cselekményét* tekinti lényegnek: valamely tevékenység eddig házon belül működött, ezentúl viszont kívülről, egy másik szervezettől vásárolják meg; egy folyamatról eddig a szervezethez tartozó részlegek, emberek gondoskodtak, a jövőben viszont egy másik cég feladatkörébe tartozik, amely az „outsourcingolóval” piaci kapcsolatban áll. Az outsourcing eredményeként a hierarchikus kapcsolatot (a könyvelőm a *beosztottam*) piaci kapcsolat (a könyvelőm a *szállítóm*) váltja fel. A kérdés az, hogy ettől a váltástól mi lesz jobb, és mi a feltétele annak, hogy jobb legyen. Ne feledkezzünk meg ugyanis arról, hogy az outsourcing-akciók közül igen sok kudarcra végződik, egyáltalán nem váltja be a hozzá fűzött reményeket. Közgazdasági szempontból a kiszervezés sikeres, ha azáltal új, a korábbinál nagyobb érték keletkezik, amin az ügyfél és a szolgáltató *megoszthatnak*: növekednek a bevételek, csökkennek a költségek, jól jövedelmez a befektetett tőke. Az új érték keletkezése és az

azon való osztozkodás az outsourcing problémákör talán legfontosabb eleme.

A külső és belső forrás közötti választás logikája egyszerű: azt csináld, amihez a legjobban értesz, a többi pedig bíz másokra, akik jobbak nálad. Az ideológiai háttérét Prahalad és Hamel könyve (1) adja, amely az alapvető képességek (kompetenciák) fontosságát hangsúlyozza: mindenkinek tisztáznia kell, hogy milyen képességei vannak, és ennek alapján kell eldöntenie, hogy mivel kíván saját maga foglalkozni.

A kiszervezés fő célpontjai általában a szervezeten belül végzett szolgáltatások, így például egy tipikus termelővállalatnál a szerelősorok karbantartása, az irodák takarítása, a könyvelés, a fénymásolás, a munkaerőtoborzás, az informatika, a reklámanyagok megtervezése, az étterem működtetése. A funkcionális egységként, költségközpontként megszervezett szolgáltató *monopolhelyzetben* van, különösebben nem kell törnie magát a többiek kegyeiért. Ehelyett inkább felfelé kacsint, a feletteseivel próbál jóban lenni. A tervezést úgy igyekszik befolyásolni, hogy minél nagyobb kereteket, minél kényelmesebben teljesíthető feladatokat kapjon. A költségekkel nem takarékoskodik. Az alkalmi, felsőbb indíttatású racionalizálási, költségcsökkentési akciók hatása gyorsan elenyészik: a minőség nem javul, a költségek nem csökkennek, sőt, folyamatosan növekednek (2).

Kézenfekvőnek látszik a megoldás: a szolgáltatót ki kellene mozdítani monopolhelyzetéből, meg kellene versenyeztetni, érdekeltté kellene tenni az ésszerű gazdálkodásban – egyszóval a *hierarchikus* kapcsolatot *piaci* kapcsolattal kellene felváltani, ahol a „vevő” szabadon választhat, a szolgáltatónak pedig futnia kell a munka után. *Teljes outsourcingnál* a belső szolgáltató eltűnik: a megmaradt részlegek és a szolgáltatók piaci szereplőkként állnak egymással szemben, vevőként és eladóként, akiknek piaci szerződésben rögzített jogai

és kötelezettségei vannak. Hierarchikus alárendeltség nincs, van viszont piaci érdek, direkt nyereségérdekelt-ség, állandó kényszer a hatékonyság javítására.

Egy tevékenység, egy folyamat úgy is cégen kívülre kerülhet, hogy az ellenőrzéséről a kiszervező nem mond le. A példa kedvéért: egy alkatrész gyártását átadja valaki másnak, de annak a kapott technológiai utasítások, ütemtervek stb. szerint kell eljárnia, amit a megbízó ellenőriz is. Ezt a változatot angol szóval „contracting”-nak nevezik. „Contracting” kategóriába soroljuk azt az esetet is, amikor egy vállalat – általában adózási és rugalmassági megfontolásokból – a munkatársait vállalkozókként foglalkoztatja. Jogi értelemben ilyenkor is „kihelyez”, kívülről vásárol, a valóságban azonban a tevékenységek feletti ellenőrzést egyáltalán nem adja ki a kezéből, hiba lenne tehát ezt a megoldást outsourcingnak nevezni.

Az *outsourcing* (kiszervezés a folyamat feletti ellenőrzés átadásával) és a *contracting* (kiszervezés az ellenőrzés átadása nélkül) megkülönböztetése – mint később majd részletesebben is látni fogjuk – fontos dolog.

Az informatikai outsourcing történetéből

Ha történeti oldalról közelítünk az outsourcinghoz, azt látjuk, hogy a kiszervezhető tevékenységek köre folyamatosan bővült. A jelöltek között megjelent az *informatika* is, méghozzá meglehetősen régen. Abban a korszakban, amikor a szobányi mainframe-ek uralkodtak, a drága gépekhez időmegosztásos alapon lehetett hozzáférni: azt is mondhatnánk, hogy előbb volt „outsourcing”, és csak később „insourcing”. (Magyarországon például, a hetvenes években, az ágazati minisztériumok kvázi-vállalati alapon szervezett háttérintézetek működtek számítógéppontokat.) Programozókat már több mint harminc évvel ezelőtt is béreltek. A bérszámfejtés kiszervezése több évtizedes múltra tekint vissza. A Ross Perot által alapított Electronic Data Systems (EDS) meg a „Big Six” cégek vagy huszonöt éve jelen vannak az információs rendszerek piacán. A hálózatok megosztása sem számít újdonságnak.

Egyes vállalatok felismerték, hogy saját belső szolgáltatásaikat a külső piacon is értékesíthetik, és beszálltak az outsourcing-üzletbe. Megindult a szakosodás, a piac szegmentálódása: a szolgáltatók egyik csoportja például az örökös hatékonysági gondokkal küszködő kormányzati szektort vette célba kiszervezési ajánlatokkal. Amerika példáját hamarosan követték az angolok és a franciák (Hoskins, Cap Gemini), mára pedig nyugodtan mondhatjuk, hogy az üzlet *globalizálódott*, hiszen Európa után Ázsia és Ausztrália sem akart lemaradni. A legnagyobbak (köztük az IBM, a CSC, az EDS, az Andersen Consulting) ma már globális megoldásokat kínálnak: ha te ott vagy a világ minden pontján, akkor mi is ott vagyunk, és mindenütt ránk bízhatod az információs rendszered (3).

A kiszervezhető szolgáltatások palettáján újabb és újabb színek jelentek meg. Az adatfeldolgozás mellett

egyre népszerűbbé vált az informatikára támaszkodó folyamatok kiszervezése (business process outsourcing), például a logisztikáé (Ryder), a légi közlekedésben a helyfoglalásé (Sabre), a dokumentumkezelése (Xerox), vagy a személyzeti munkáé (Hewitt).

A piac – ahogy ez már általában lenni szokott – nem értékelt minden kiszervezési üzleti modellt egyformán: egyesek kihullottak a mezőnyből, mások viszont látványos fejlődésnek indultak. Ma az informatikai outsourcing „legforróbb” területe az internet (4, 5). Az Internetnek köszönhetően megjelent az informatikai outsourcing úgynevezett „off-shore” változata (6), ami azt a lehetőséget használja ki, hogy egyes szolgáltatásoknál (pl. vevőszolgálati telefonközpont működtetése, adatelemzés) a földrajzi távolságnak nincs jelentősége, a szolgáltató akár a világ legtávolabbi pontján is ülhet.

Értékteremtés outsourcinggal

Képzeljük el most a következő helyzetet. Egy gépipari vállalatnál több tucat főt számláló informatikai részleg működik. A vállalat elégedetlen az informatikai funkcióval: a költségeket túlságosan magasnak találja, a szolgáltatási színvonalat pedig alacsonynak. A cég vezetői némi vizsgálódás után az *outsourcing* mellett döntenek. Keresnek egy szolgáltatót, megállapodnak vele; a szerződés aláírása után a partner átveszi az embereket és a gépeket. A korábbi belső, hierarchikus kapcsolatot piaci váltja fel: a szolgáltatót nem lehet vezetőként utasítani, a kapcsolatot az aláírt piaci megállapodás szabályozza.

De mi lesz jobb, vagy inkább mi *lehet* jobb mindezekből?

Mint korábban már utaltunk rá, az outsourcingnak akkor van értelme, ha általa valamilyen *új érték* keletkezik, amin a szolgáltató és az ügyfél megosztozhat. A kiszervezés pusztán tényétől, az ellenőrzés átadásától önmagában persze semmiféle új érték nem jön létre: ha ugyanazok vagy hozzájuk hasonló más emberek nagyjából ugyanazt teszik, mint eddig, akkor nincs min osztozkodni, a költségek növekedni fognak, haszon nem keletkezik. Mindkét fél rosszul jár, vagy az egyik csak a másik rovására járhat jól, ami ingatag alap egy tartós kapcsolathoz. És akkor még nem is beszéltünk a kockázatról, az átszervezéssel óhatatlanul együtt járó költségekről, a befektetések megtérüléséről. A kérdés tehát az, hogyan lehet új értéket teremteni, és miképpen kell a szolgáltató-ügyfél kapcsolatot úgy alakítani, hogy az az érték növekedését szolgálja.

Értékteremtés a megbízóval

A kiszervezőnél akkor keletkezik érték, ha a költségei csökkennek vagy a bevételei növekednek. Nézzük meg, mit remélhet az outsourcingtól!

- a) A legtöbb outsourcing-ügyfél bizonyára azt reméli, hogy a költségei csökkenni fognak. Ha jól működik a költségelszámolási rendszere, bizonyára meg tudja alapítani, hogy neki a házon belüli informatika egy adott időszakban mennyibe került, és nyilván arra törekszik, hogy a külső szolgáltatást ennél *olcsóbban* kapja meg.
- b) A házon belül szervezett informatika költségei várhatóan állandók, függetlenek az informatikai eszközök használatától, az informatika igénybevételétől. Az outsourcing szerződés eredményeképpen a fix költségek *változó költségekké* alakulhatnak át: ha az ügyfélnek kevesebb szolgáltatásra van szüksége, akkor kevesebbet vesz igénybe és kevesebbet fizet; a rendszer rugalmas, skálázható. A skálázhatóságot használták ki azok az amerikai vállalatok, amelyek az ezredfordulón bekövetkezett gazdasági visszaesés idején gyorsan le tudták építeni a kapacitásaikat. (Ez persze rossz hír azoknak, akik emiatt gyorsabban vesztették el a munkájukat.)
- c) A jól megcsinált outsourcing szerződés a szolgáltatási díjat igénybevételi mérőszámokhoz, teljesítményszintekhez köti. A költségek így pontosabban tervezhetők, jobban *kontrollálhatók*, világosabban láthatók a költségbefolyásoló tényezők (angolul: *cost drivers*), és mindezeknek köszönhetően könnyebb megtalálni és kihasználni a költségsökkentési lehetőségeket.
- d) Kiszervezésnél általában az a szokás, hogy a szolgáltató átvesszi, megvásárolja az ügyfél meglévő eszközeit, aki így *tőkéhez* jut.
- e) Ha az ügyfélnek új dolgokra van szüksége, nem kell *beruházásokra* költenie, hiszen szolgáltatást vásárol, és nem új hardver és szoftver eszközöket.
- f) Egy nagyobb méretű, sikeres informatikai cégnek nyilván jobb esélyei vannak kiváló informatikai szakemberek megszerzésére, mint egy más profilú vállalatnak, ahol a szakmai karrierlehetőségek korlátozottak. Tapasztalatai is nyilván jóval szélesebbek, gazdagabbak. Az ügyfél tehát joggal számíthat arra, hogy profi szolgáltatója lesz, a szolgáltatás *minősége* javulni fog.
- g) Közhely, hogy manapság az informatika közvetlen és mély hatást gyakorol a vállalati folyamatokra. Az ügyfél részéről elvárás lehet, hogy a szolgáltató segítse őt *üzleti folyamatai* újrászervezésében, folyamat-reengineering programok (lásd pl. 7, 8) megszervezésében és lebonyolításában.
- h) Ha az outsourcing jól működik, az ügyfélvállalat több figyelmet fordíthat alapvető képességeire, folyamatára.
- i) Az outsourcing partner révén az ügyfél új képességekhez, új szakértelemhez juthat hozzá, és ezeknek köszönhetően akár újfajta termékekkel, szolgáltatásokkal, üzletágakkal, értékesítési csatornákkal is megjelenhet a piacon, növelve a bevételét.
- a) A szolgáltató nyilván profi informatikai cég, aki sokfelé dolgozik, számos ügyfele van, nagy eszközparkkal rendelkezik. Számára elsősorban a *tömegszerűséggel összefüggő gazdaságosság* jelent reményt az értékteremtésre: kapacitásait, infrastruktúráját a többféle munkának, a méreteknél köszönhetően jobban ki tudja használni (egy ember több ügyfelet is kiszolgálhat, egy szerveren elfér mindaz, ami eddig különböző cégek szerverein volt stb.), rezsiköltségeit több munka, több ügyfél között tudja szétteríteni. A nagyobb tömegszerűség több tapasztalattal, gyorsabb tanulással jár: függőbben haladhat előre a tapasztalati görbén, csökkentheti a költségeit, új megoldásoknál a tanulópénzt csak egyszer kell megfizetnie.
- b) Bízhat az ügyfélénél nagyobb *szakértelmében*: ami az ügyfélnek szolgáltatás, az neki alaptevékenység, amit az alapvető képességeire épít. Mivel sokfelé dolgozik, sokféle feladatot vállal, tapasztalatai, ismeretei jóval szélesebbek lehetnek az ügyfélénél. Szakértelmét kihasználva átszervezheti az átvett tevékenységeket, olcsóbbá és hatékonyabbá teheti őket. Szakmailag jobbnak, költségeit tekintve olcsóbbnak kell lennie az ügyfélnek.
- c) Profi léténél, nagyobb méreténél vagy akár földrajzi helyzeténél fogva *speciális előnyökhöz* juthat hozzá: nagyobb tömegben olcsóbban vásárolhat eszközöket és szoftvereket, korszerűbb, kiterjedtebb infrastruktúrát építhet ki, jobb, tapasztaltabb szakembereket szerezhet meg, és így tovább. Az információtechnológiai outsourcing-szolgáltatások tekintetében az egyik legsikeresebb ország India, ahol viszonylag alacsony bérekért igen jó szakemberekhez lehet hozzájutni, és erre a helyzetre egy egész nemzeti informatikai stratégia épül (6).
- d) A szolgáltató is számíthat arra, hogy újdonsült partnerével karöltve idővel valami újat is létrehozhat, újabb *piacokhoz* és *bevételekhez* juthat hozzá. Minél jobban megismeri az ügyfelét, annál több együttműködési, szolgáltatásbővítési lehetőségre találhat rá, így például kaput nyithat az ügyfél számára az elektronikus kereskedelem felé, termékeit elektronikus szolgáltatásokkal egészítheti ki.

Az outsourcing szemlátomást azokon a területeken halad előre a legsebesebben, amelyeken a felsoroltak közül többféle lehetőség is megjelenik.

A két felsorolásból látható, hogy nemcsak az outsourcing aktusa (a kiszervezési döntés meghozatala, elfogadtatása, a megfelelő partner megkeresése, a szerződések megfogalmazása stb.) az izgalmas dolog: sokkal érdekesebb kérdés, hogy mi történik a szerződés aláírása után. Értéknövelési lehetőség nélkül az outsourcing halva született ötlet, a partnerek közül valaki végül rosszul jár, de leginkább mindkettő. A felsoroltak ugyanis csak lehetőségek, akkor lesz valódi érték belőlük, ha a felek hozzálátnak a megvalósításukhoz. Ehhez megfelelő *kapcsolatrendszer* kell ügyfél és szolgáltató között.

Értékteremtés a szolgáltatónál

Vizsgáljuk meg most az értékteremtés kérdését a *szolgáltató* szempontjából: mire számíthat a kiszervezett tevékenység átvevője?

A harmonikus kapcsolat megteremtése nehéz feladat. Ami az egyik félnek bevétel, az a másiknak költség. Az ügyfél csökkenteni akarja a költségeit, a szolgáltató viszont nagyobb bevételre akar szert tenni. Az ügyfelet a saját vásárlói késztetik állandó költségcsökkentésre, a szolgáltatótól a tulajdonosai várnak egyre nagyobb nyereséget. Ha az utóbbi csökkenti a költségeit, félő, hogy azt a minőség rovására teszi – és így tovább. Ügyfél és szolgáltató ebben a felfogásban versenytársai egymásnak, akik minél nagyobb részt akarnak maguknak az ügylet révén teremthető, vagy ténylegesen teremtetett értékből. Két kérdést kell megválaszolni tehát:

1. mekkora érték előállítására képes az ügyfél-szolgáltató együttes;
2. milyen arányban osztoznak ezen a közreműködők.

Az osztozkodási arányok a szereplők egymással szembeni alkupozíciójától függenek, az alkupozíciót pedig olyan tényezők befolyásolják, mint például a verseny intenzitása, a vevőnek, illetve az eladónak való kiszolgáltatottság mértéke, a partnerváltás nehézségei. Ugyanezt a két kérdést tehetjük fel az outsourcing-kapcsolat elemzésénél is. Az értéknövelési lehetőségekről már szóltunk, az osztozkodási arányok és taktikák megértéséhez pedig az ügyfél-szolgáltató viszonyt kell megvizsgálnunk.

Fogságban

Az angol nyelvű szakirodalomban azt a helyzetet, amikor egy vállalat egy másik „foglyává” válik, „lock-in”-nek nevezik, amit magyarra talán foglyul ejtésnek vagy fogságba esésnek lehetne lefordítani. A „fogvatartó” vevő, szállító vagy partner egyaránt lehet, a lényeg az, hogy nehéz tőle megszabadulni: a lecserélése túlságosan sok pénzbe és energiába kerülne. A fogság ráadásul gyakran egyáltalán nem kellemetlen, alanya esetleg észre sem veszi, hogy kalitkába zárták.

Az információs iparban a „lock-in” gyakori jelenség, egyes cégek hol kifinomult, hol durva módszerként rendszeresen alkalmazzák, a fogságba ejtés stratégiájuk központi elemeként jelenik meg (10). (Némi cinizmussal azt is mondhatnánk, alkalmazni mindenki szívesen, csak nem mindenki tudja, és nem mindenkinek sikerül.) A fogságba esett vállalat kifejlleszt vagy megvásárol valamit, befektet pénzt, folyamatokat, rendszereket, csatornákat épít hozzá; telepíti, megtanulja, hozzászokik, megszereti – és aztán nem tud tőle szabadulni, vagy csak igen nagy áldozatok árán: ki kell cserélni a rendszereit, át kell képeznie az embereit, új kapcsolatokat kell kiépítenie, és így tovább. Szélsőséges esetben a fogvatartó *de facto* monopolhelyzetbe kerül, és ennek megfelelően viselkedhet.

A fogságba esett cég alkupozíciója romlik, ha a másik fél (aki, mint jeleztük, vevő, szállító vagy partner egyaránt lehet) észreveszi és kihasználja a vele szemben álló kiszolgáltatottságát: például emeli az árait, ront a minőségen, a kapcsolat fenntartását új, különleges felté-

telekhez köti. Minél összetettebb, különlegesebb termékéről vagy szolgáltatásról van szó, annál nagyobb a fogságba esés veszélye; a lecserélés annál könnyebb, minél szabványosabb, közönségesebb dolog (tömegcikk, standard szolgáltatás) az üzlet tárgya.

A kapcsolatok történetében minden bizonnyal fellelhetők azok az akciók, amikor (a) az ügyfél vagy a szolgáltató valamilyen alkuban a másik kiszolgáltatott helyzetét igyekszik kihasználni, vagy amikor (b) szabadulni igyekszik a kalickából, tehát az alkupozícióját próbálja erősíteni. Persze ezek a stratégiák és akciók nem mindig átgondoltak és tervszerűek, mint ahogy a fogságba esés vagy fogságba ejtés sem mindig az.

Az kiszervező mint fogoly

Tételezzük fel, hogy az informatika a kiszervező számára fontos, de nem tartozik az alapvető képességei közé, ezért dönt az outsourcing mellett. Eszközei és emberei átadásával pénzhez juthat, de kiadásai, befektetései is vannak. A francia Jérôme Barthélemy (11) az IT outsourcing *rejtett költségeire* hívja fel a figyelmet. Rejtettek abban az értelemben, hogy nem járnak mindig közvetlen pénzkiadással, de azok beleolvadnak más költségekbe, nehéz őket azonosítani és mérni. Ilyen rejtett költségek például az alábbiak:

- a) Szolgáltató keresése és szerződéskötés. Barthélemy adatai szerint a kapcsolódó kiadások átlaga félmillió dollár körül van, ráadásul meglehetősen fixnek mutatkoznak, csak kevésbé függenek az outsourcing-akció értékétől. A közölt adatok azt is mutatják, hogy az ötlet felmerülésétől (szervezzük ki az informatikát!) a szolgáltatás beindulásáig egy-másfél év is eltelik, és a közben végzett intenzív munkából a kiszervezőnek is jócskán ki kell vennie a részét.
- b) A tevékenységek átadása a külső szolgáltatónak. Hónapokba kerülhet, amíg a szolgáltató ugyanannyit fog tudni, mint a korábbi belső informatikai egység. Barthélemy szerint az átadás átlagosan egy évet vesz igénybe. A teljes átadásig a kiszervezőnél költségek jelentkeznek, amelyek nagyságát nehéz becsülni: például meg kellene állapítani, hogy a belsők mennyit segítettek a külsőknek. Minél bonyolultabb IT szolgáltatásról van szó, az átadási költségek annál magasabbak, és persze annál nehezebb az átadás. A kiszervezés „emberi költségeit” is meg kell fizetni: a kiszervezett részleg úgy érezheti, hogy elárulták, munkahelye, jövedelme veszélybe került; tagjai ellenállhatnak, visszafoghatják a teljesítményüket, vagy akár el is távozhatnak a cégtől. Arra is volt már példa, hogy a kiszervezettek több héten át sztrájkoltak.
- c) A legnagyobb kiadások az outsourcing-kapcsolat menedzselésénél jelentkeznek: figyelni kell, hogy a szolgáltató teljesíti-e a kötelezettségeit, ha gond van, közbe kell lépni, tárgyalni kell a szerződés mindennemű módosításáról. Barthélemy vizsgálati mintájában az átlagos menedzselési költség a kiszervezett informatikai szolgáltatásokra fordított éves összeg nyolc százalékának felel meg. Érdemes arra

is figyelni, hogy ezek a költségek is jórészt fixek, vagyis a kisebb nagyságrendű outsourcing szerződést kötő cégek relatíve többet fordítanak a kapcsolatot menedzsmenetre.

A felsorolt „rejtett költségekről” hiba lenne megfeledkezni. Egy amerikai olajvállalat 7-8 százalékkal olcsóbban szerezte be az informatikai szolgáltatásokat, mint amennyibe a korábbi belső IT részleg fenntartása került (11). Ez így önmagában igen tetszetős lett volna, a menedzsmentköltségek viszont az éves díj 17 százalékára rúgtak. A kiszervezés idején nem mérték fel, hogy mennyibe fog kerülni négy külső szolgáltató szimultán menedzselése. Amit nyertek a révén, azt elvesztették a vámon: a végső mérleg negatív volt.

Mindezekből látható, hogy a kiszervezésnél rá kell hangolódni a szolgáltatóra, kezelni kell a kapcsolatot, meg kell oldania a problémákat, el kell simítani a konfliktusokat. Ha szolgáltatót vált, csaknem az egészet kezdeni elölről, korábbi befektetései köddé válnak. Kattan a bilincs zárja.

A szolgáltató mint fogoly

Ez a bilincs azonban a szolgáltató kezén is ott van. Az első időszakban rengeteg kiadása lesz: meg kell szereznie a megbízást, át kell vennie az ügyfél berendezéseit és embereit, racionalizálnia kell a kapacitásokat és a folyamatokat, meg kell ismernie az ügyfelet, értenie kell az elvárásokat. Bevételre csak akkor számíthat, ha a szolgáltatás beindul. Pénzáramlási terveiben az első időszakban valószínűleg veszteség mutatkozik: a kezdeti beruházásoknak a későbbi nyereségből kell megtérülniük, a profit azonban kisebb adagokban jelentkezik, a szolgáltatási díjak és az egymást követő időszakokban felmerült költségek különbözeteként. A szolgáltatónak tehát hosszú távon kell gondolkodnia, és persze ragaszkodnia kell a megszerzett kapcsolathoz, ha már ennyi pénzt fektetett bele.

A kiszolgáltatottság tehát kölcsönös, bár nem feltétlenül szimmetrikus. Alkupoziójának megváltoztatása érdekében mindkét fél többféle dolgot tehet. Az ügyfél például úgy is dönthet, hogy csak a „tömegcikk jellegű” informatikai tevékenységeket szervezi ki, azokat, amelyekhez sok szolgáltató van, egyikről könnyű átváltani a másikra. Olyan szolgáltatót választhat magának, akinek létfontosságú az ügylet sikere. A másik oldalról a szolgáltató lépésről lépésre haladhat előre egyre igényesebb, egyre bonyolultabb, egyre különlegesebb ajánlatokkal: ahová kezdetben csak a lábát sikerült betennie, később az egész testével benyomulhat.

A feszültségek kezelése

Az outsourcing-kapcsolatban mindig ott vibrál valamilyen *feszültség*. Folyamatosan és gyorsan változnak az együttműködési feltételek, az igények, a technológiák, és maguk a szolgáltatások is, amelyek minden különö-

sebb szándékolt akció nélkül is módosítják a felek alkupozióját, a kiszolgáltatottság irányát és mértékét. A feszültség csökkentésére vannak módok és lehetőségek, amelyek közül az alábbiakban soroljuk fel a fontosabbakat.

a) A kiszervezett folyamat elemeinek és mutatóinak gondos meghatározása

Az ügyfélnek már az ajánlati felhívásban pontosan tisztázni kell, hogy a kiszervezni kívánt folyamat milyen *elemekből* áll, és azok tekintetében milyen *teljesítménymutatókat* vár el. Tudnia kell, hogy mi jelent számára értéket, és milyen teljesítménykülönbségek között nagy árkülönbség jelentkezik. Az informatikai folyamatok jó része más (pl. készletgazdálkodási, könyvelési) folyamatokba integrálódik, azaz ide-oda mozog az ügyfél és a szolgáltató között. Ilyen esetekben világosan rögzíteni kell, hogy hol végződik az előbbi, és hol kezdődik az utóbbi felelőssége.

A kiszervezett szolgáltatás általában nem homogén. Az egyes részeit célszerű külön kezelni, már csak azért is, mert eltérő nagyságú és fajtájú költségeket okozhatnak.

Az outsourcing-megállapodásokat többnyire hosszabb időszakra kötik. Az ügyfeleknek gyakran felmerül a rendszeres *teljesítményjavulás* igénye, mivel nekik is egyre jobb hatékonysági mutatókat kell produkálniuk folyamataik túlsó végén. Célszerű, ha a szolgáltatótól elvárt fejlődési ütemet a szerződés pontosan rögzíti, tehát az nem valamilyen meghatározatlan, homályos elvárásként jelentkezik.

b) Megfelelő ár minden szolgáltatásért

Az árkúra a kiszervezett folyamat elemeinek gondos számbavétele és az elvárások tisztázása után kerülhet sor. Az ár meghatározza, hogy az outsourcing révén előállított többletértéken (ha van ilyen egyáltalán) az ügyfél és a szolgáltató milyen arányban osztozkodnak. Szabad piacon az ár a *versenyhelyzet* és az *alkuerő* függvénye.

Nem ritka, hogy nagy cégek a másik fél kiszolgáltatottságát kihasználva megkövetelik a szállítóktól az elszámolásaikba való szabad betekintést („open book policy”), és a beszerzési árat az elismert költségektől teszik függővé. Ha így történik a dolog, a szolgáltatónak csak arra van esélye, hogy költségei fölött csekély, az ügyfél által „elfogadhatónak” tartott nyereséget realizáljon. Lehetséges, hogy ez működőképes megoldás egy contracting típusú kiszervezésnél, ahol az ügyfél nem adja át a folyamat feletti ellenőrzést a külső vállalkozónak, de egy valódi outsourcing-kapcsolatnál inkább káros. A szolgáltatónak meg kell adni az esélyt arra, hogy a folyamatok átszervezésével, a tömegszerűségből eredő gazdaságosság kihasználásával, szakértelme hasznosításával minél nagyobb pótlólagos értéket teremtsen,

abból fair arányban részesedjen, és így képes legyen forrásokat teremteni saját fejlődéséhez. Mivel a célok és a körülmények gyorsan változnak, az árakat nem érdemes hosszú távra rögzíteni. Egyértelművé kell tenni, hogy az ügyfél az árért mit vár el, az esetleges extra szolgáltatásokra pedig ajánlatos külön megállapodást kötni.

c) Rugalmasság, változtatási lehetőségek beépítése

Az informatikai outsourcing területén vannak olyan szolgáltatások, amelyek tömegcikknek tekinthetők, kevésbé differenciálhatók, a kínálati oldalon sokan versengenek, az átváltási költségek viszonylag alacsonyak, és vannak olyanok is, amelyek kifinomultabbak, egyediek, különleges, nehezen másolható tudást igényelnek. Haladva az utóbbiak felé, erősödik a szolgáltató pozíciója az áralkuban. Ha ki akarja használni, akkor nyilván rendszeresen megkísérli az árak emelését. Ilyen esetekben az ügyfél legfontosabb ütközője az új megbízások adásának lehetősége: a szolgáltató csak akkor számíthat a munka kiterjesztésére, ha partnere érdekeire is tekintettel van.

Az informatikai outsourcingban az *árváltoztatási* kísérletek – bármelyik fél kezdeményezéséből – gyakori jelenségnek számítanak. Az árakra, illetve az áralkura sokféle tényező hat, így például a technológia fejlődése, az igények változása, a költségek növekedése vagy csökkenése, a versenyhelyzet alakulása, a piacok beérése. Ezek a tényezők eltérő módon és mértékben érinthetik az egyes szolgáltatásfajtákat és -elemeket. Célszerű ezért kerülni a „csomagolások” árképzést, amikor többféle szolgáltatáselem kerül egy csomagba és kap egy közös árat. Az árak sokkal rugalmasabban változtathatók, ha pontosan lehet tudni, hogy az egyes elemekhez milyen ár kapcsolódik. Hasonlóképpen kétes megoldás a szolgáltatásfajták közötti keresztfinanszírozás: a kép homályossá válik, a kapcsolatokat nehéz átlátni és átgondolni. Egyre több ügyfél alkalmazza azt a gyakorlatot, hogy a szerződésekbe az árak mellé ösztönzőket is beépít, amelyek jobb teljesítményre sarkallják a szolgáltatót.

A hosszú távú együttműködés nem jelenti azt, hogy a konkrét szerződéseknek is hosszú távra kell szólniuk. Az outsourcing szakértő P. Bendor-Samuel például határozottan a rövid időtávú szerződések mellett érvel (12), amelyek nem betonozzák be a kapcsolatot, miközben a körülmények gyorsan változnak.

d) A célok és az érdekek egyeztetése

A tartós, mindkét fél számára gyümölcsöző kapcsolat feltétele a *célok* és az *érdekek* tisztázása, egyeztetése. Az ügyfél céljai hierarchiába rendezhetők, melynek legtetűjén az *üzleti célok* állnak. Tisztázni kell, hogy üzleti céljai elérésében milyen és mekkora szerepe van az informatikai szolgáltatásoknak, és ennek – valamint természetesen a fizetőképességének – megfelelően kell meghatározni a szolgáltatótól elvárt teljesítményszinteket. Felesleges olyan tel-

jesítményt elvárnia és megfizetnie, ami nem járul hozzá érzékelhetően valamelyik üzleti cél megvalósulásához.

A szolgáltató is világosabban látja saját szerepét és feladatát akkor, ha tisztában van az ügyfél üzleti céljaival, ha megérti, hogy saját szolgáltatói teljesítménye a célok és törekvések milyen láncolatába épül be. Átgondolhatja, hogy miféle értéket adhat ügyfelének, hol nyílnak lehetőségek a szolgáltatói kapcsolat bővítésére, mibe érdemes beruházni, hol nem szabad hibázni, hol nagyobb a mozgástere.

Teljesítménymérési és -szabályozási rendszer

Amióta divatba jött az informatikai tevékenységek ki szervezése, a könyvesboltokban és a folyóiratokban egyre több írás jelenik meg a *szolgáltatási szint menedzsmentjéről* (angolul: Service Level Management, röviden SLM). Ezek egyike (13) a következő meghatározással szolgál: az SLM azoknak a rendszerbe foglalt proaktív módszereknek és folyamatoknak az összessége, amelyek biztosítják, hogy minden felhasználó megfelelő színvonalú szolgáltatást kapjon, összhangban az üzleti prioritásokkal, elfogadható költségek mellett.

Ez az SLM-filozófia lényegében egyfajta összegzése az eddig elmondottaknak. A ügyfél és a szolgáltató megállapodnak a kiszervezett szolgáltatásoktól elvárt, az ügyfél üzleti céljaival harmonizáló, a pénztárcája számára elviselhető teljesítményszintekről. Ezeket előírások, mutatók, mérőszámok formájában rögzítik (az eredményül kapott dokumentumot angolul Service Level Agreementnek, röviden SLA-nak szokták hívni), majd melléjük rendelnek egy szabályozási rendszert, amely kívánt értékekből, mérésekből, összehasonlításokból és beavatkozásokból áll, azaz egyfajta *kontrollingnak* tekinthető. A rendszer hatékonyságának fontos feltételei a világos, objektív, megbízható *mérőszámok*. Meghatározásukhoz pontosan definiálni kell a megvásárolni kívánt szolgáltatásokat, és természetesen az árazásnál is célszerű őket felhasználni, hiszen egy jó mérőszám világosan megmondja, hogy mit veszünk, és mennyit kell fizetni érte. A mércék, mutatók, mérőszámok fontosságát nem lehet eléggé hangsúlyozni. Az emberek általában arra koncentrálnak, amit a vezetőik vagy a vásárlóik mérni tudnak, amikhez mérőszámokat, azokhoz pedig *következményeket* rendelnek.

A szabályozási rendszer kialakítását kezdjük azzal, hogy mit lehet mérni. Mérőszámok rendelhetők például (a) magához a kiszervezett tevékenységhez, a szolgáltatás módjához: vizsgálható például, hogy hány ember foglalkozik a szolgáltató részéről egy adott feladattal, vagy hányszor végeznek el egy bizonyos fajta ellenőrzést. Ez a megoldás inkább a kiszervezés korábban leírt „contracting” változatához illik, a „vérbeli” outsourcinghoz kevésbé. Mérhető (b) a szolgáltatás eredménye, minősége, így például eszközök vagy alkalmazások rendelkezésre állása vagy a hibák javításához felhasznált idő. Mérhető (c) a szolgáltatások hatása az ügyfél telje-

sítményére: milyen gyorsan tud megrendelésekre reagálni, mekkora a termelékenysége, milyen minőségűek a termékei, mekkora a készletei forgási sebessége. Sőt, akár még egy lépést tehetünk az ellátási láncban, és (d) az ügyfél ügyfeleinek elégedettségéről is beszélhetünk.

Első megközelítésben azt tarthatjuk jó megoldásnak, ha (c) a szolgáltatási szint következményeit igyekszünk mérni, hiszen ekkor a szolgáltató valóban az ügyfél üzleti céljainak elérését igyekszik majd támogatni. Aki ezt teszi, az elsősorban üzleti fogalmakkal operál (költség, termelékenység, ciklusidő, készletforgás stb.) és nem technikai jellegűekkel. Ne feledjük: a mérési rendszer kommunikációs eszközként is szolgál: félő, hogy ha az ügyfél „üzleti”, a szolgáltató pedig „technikai” nyelvet használ, akkor elbeszélnek egymás mellett. Az üzleti teljesítmény mérése tehát elvileg jó megoldásnak tűnik, a gyakorlatban viszont az ügyfél teljesítményére a kérdéses szolgáltatás színvonalán kívül más dolgok is hatnak, talán még erősebben is annál. Örökös vitatéma lehet az, hogy kié a dicsőség és ki okozta a bajt. Gondosan vizsgálni kell a befolyásolási képességeket, különösen az áttételes megoldásoknál.

Térjünk vissza egy pillanatra a szolgáltatási szint menedzsmentjének (SLM) definíciójához. Ott szerepel benne a „proaktív” szó, ami arra utal, hogy egy jó szabályozási rendszer a baj megelőzését szolgálja, és nem utólagos, „post mortem” regisztrálását. A rendszer kialakításánál el kell dönteni, hogy milyen gyakorisággal mérjenek. Minél ritkábban kerül erre sor, annál kevésbé látszanak a problémát jelző trendek, és annál valószínűbb, hogy már csak a beteg elhalálozását lehet megállapítani.

A mérési rendszerrel kapcsolatban érdemes még néhány további problémát is megemlíteni:

- A teljesítményszintek időben változhatnak, és minden bizonnyal változnak is. A pótlólagos érték megteremtése nem megy azonnal: az ügyfél „megtanulásához”, a folyamatok átszervezéséhez, az eszközpark racionalizálásához idő kell. A feleknek tisztázniuk kell, hogy mikorra várják az eredményeket, az egyes mutatóknál milyen ütemű és mértékű változásokra számítanak.
- A szolgáltatónak meg kell kapnia a munkájához szükséges információkat, forrásokat az ügyféltől.
- Gyakran előfordul, hogy a szolgáltató teljesítményének növelése érdekében az ügyfél kapcsolódó tevékenységeit is át kell szervezni. Az informatikai tevékenységek, mint korábban már jeleztük, üzleti (kiszolgálási, logisztikai, pénzügyi stb.) folyamatok lépéseiként jelennek meg, azaz a szolgáltatónál végzett munkák összekapcsolódnak az ügyfél belső tevékenységeivel.
- A szabályozási rendszerbe ösztönzőket célszerű beépíteni. Mindkettő esetében fontos, hogy az eljárás fair legyen, így például a büntetés arányos legyen az okozott kárral. A proaktív mérés csak akkor hatásos, ha mindkét felet cselekvésre ösztönzi, azaz időben megtörténik a szükséges beavatkozás.

- A technika sokféle lehetőséget nyújt a szabályozási rendszer automatizálására, különböző riasztórendszerek kiépítésére. Ezeket természetesen célszerű kihasználni.

* * *

A partnerek sokat tehetnek azért, hogy az elosztható érték minél nagyobb legyen. Ehhez arra van szükség, hogy ne csak ellenfelekként, hanem *szövetségesekként* is kezeljék egymást. Kapcsolatukban egyszerre jelenik meg a harc és a szövetkezés. Az utóbbi alapja a *bizalom*, a bizalom megteremtéséhez pedig a célok és az elvárások tisztázására van szükség, valamint átlátható, objektív szabályozási rendszerre és persze élénk és tartalmas kommunikációra.

A bizalom más szempontból is fontos. Egy mély és sokoldalú informatikai outsourcing-kapcsolat igen bonyolult és kockázatos dolog, amely az érintetteket arra ösztönözheti, hogy magas és erős jogi védőfalakkal vegyék körül magukat. A jogi érvek elnyomhatják az üzleti szempontokat, ami nem egészséges dolog. Minél erősebb a partnerek közötti valóságos bizalom, annál kevésbé van szükség a jogi védőbástyákra, annál jobban ki lehet használni a hierarchiát felváltó piaci kapcsolatot (14).

Irodalom

1. Hamel, G. – Prahalad, C.: Competing for the Future. Harvard Business School Press, 1994.
2. Bögel György: Nyereségközpont, üzletág, divízió. Kossuth Könyvkiadó, 1999.
3. Montgomery, D. – Yip, G.: The Challenge of Global Customer Management. Stanford University, research paper #1619
4. Hagel, J. – Brown, S.: Your Next IT Strategy. Harvard Business Review, 2001. október
5. Kerstetter, J.: Software Shakeout. Business Week, 2001. március 5.
6. Bögel György: Buddha mosolyog. CEO, 2001. 5. sz.
7. Hammer, M. – Champy, J.: Reengineering the Corporation. Nicholas Brealey Publishing, 1993.
8. Tenner, A. de Toro, I.: BPR - Vállalati folyamatok újraformálása. Műszaki Könyvkiadó, 1998.
9. Porter, M.: Competitive Advantage. The Free Press, 1985.
10. Varian, H. – Shapiro, C.: Information Rules. Harvard Business School Press, 1999.
11. Barthélemy, J.: The Hidden Costs of IT Outsourcing. MIT Sloan Management Review, 2001. tavasz.
12. Bendor-Samuel, P.: Turning Lead into Gold. Executive Excellence Publishing, 2000.
13. Sturm, R. – Morris, W. – Jander, M.: Foundations of Service Level Management. Sams, 2000.
14. Fukuyama, F.: Bizalom. Európa Könyvkiadó, 1997.

Joseph L. Walsh a CDMA matematikai megalapozója

NAGY BEATRIX HAVASKA

BKÁE Államigazgatási Kar

III. éves hallgatója

Joseph Leonard WALSH, amerikai matematikus, Washingtonban született 1895. szeptember 21-én. 1908–1912 között hallgató a Baltimore Polytechnical Institute-ban, majd 1912–1913-ban a Columbia Egyetemen tanul. 1916–1917-ben Maxim Böcher vezetésével folytatta posztgraduális tanulmányait. Doktori értekezését a Harvardon készíti el. 1920-ban megkapta a PhD címet, majd ezzel együtt a Sheldon Traveling Társaság ösztöndíját is. Ezzel Párizsba utazott, ahol Paul Montel irányításával folytatta kutatásait. A Münchener Egyetemen is eltöltött két évet, majd visszatért a Harvardra és ezzel megalapozta egzisztenciáját. 1931-ben megnősült, majd 1935-ben egyetemi tanárrá nevezték ki. Itt oktatott matematikát több mint 30 évig, 1966-ig. 1942-ben ismét aktív szolgálatra hívták be az USA haditengerészetéhez, mint korvettkapitányt. Miután 1946-ban újra visszatért a Harvardra, megkapta a nagy tekintélyű Perkins professzor állását, amelyet 1966-os nyugalomba vonulásáig betöltött. Egy szemeszterrel korábban megkezdte kutató professzori tevékenységét a Maryland egyetemen, és ebben a pozícióban aktívan tevékenykedett, foglalkozott a PhD jelöltekkel és doktoranduszokkal, egészen a halála előtti néhány hónapig.

Walsh életútja során számos címet elnyert. Ezek között szerepel 1936-os bevétele a Nemzeti Tudományos Akadémia tagjai közé, és 1937-ben az Amerikai Matematikai Társaság alelnöki tisztsége. 1949-ben egy kétéves periódusra a társaság elnökévé választották meg. Ez igen jelentős periódus volt a társaság életében, amelyben a feladatok megszorodtak a tagság és a publikációk számának jelentős növekedése miatt. Emiatt a Társaság létrehozta az adminisztratív igazgatói posztot, és a vezetőség a takarékoság irányába mozdult el. Walsh a Nemzetközi Matematikai Kongresszus szervezőbizottságának alapító elnöke, amely első ülését 1950 augusztusában Cambridge-ben tartotta. Walsh kései éveiben kétszer kapott díjat matematikai lapok ajánlásai alapján: 1966-ban és 1970-ben hetvenötödik születésnapjára. Összesen 279 publikációja van, kutatási eredményeit ismertető cikkeinek gyűjteménye hét kötetet tesz ki.

Számunkra is jelentős eredményeit a valós és komplex függvények vizsgálatával kezdte. A póluspa-

rok helyzetének meghatározása a négy pólus elméletben, a szűrők méretezésénél játszik szerepet. A Green függvények szintvonalainak meghatározása, a hullámterjedési problémák szemléletes vizsgálatánál használhatóak. Ezek mellett napjainkban kiemelkedő szerepe van azoknak a függvényeknek, melyek ortogonális rendszert alkotnak és váltási helyeik a bináris számok kombinálásával határozhatók meg. A függvények amplitúdói 0 és 1, vagy +1 és -1 közötti választás attól függ, hogy az átviteli közeg biztonságosan tud-e átvinni 0 szintet. Szabadtéri terjedésnél ez megvalósítható, vezetékes átvitelnél előnyösebb az egyenáramú komponens nem tartalmazó második változat. Ezeknek a függvényeknek a kidolgozását a magyar Haar munkásságára alapozva kezdte el. 1922-ben Rademacher publikálta azt a bináris, ortogonális függvény családot, amely már eleget tett a teljes függvények követelményeinek. Walsh ezzel kapcsolatos első munkája 1923-ból származik és azóta különböző távközlési problémák megoldásánál is szerepet kapott. A szerző kidolgozta ezen függvény család Fourier transzformációját is, és ezzel előállíthatók a Walsh függvények frekvenciatarományban lévő alakja is.

A gyakorlati alkalmazás első fellendülése a digitális átviteltechnika terjedésével egyidejű. A Walsh függvények távközléstechnikában játszott szerepével foglalkozik Harmuth könyve is, az „Információk átvitele ortogonális függvények segítségével”, Springer Verlag, New York, 1972; Balasov és Rubinstein ismeretterjesztő cikke „Sorok a Walsh rendszerének tükrében és általánosításuk” (Szovjet matematikai lapok 1. (1973) 727–763. oldal) és számos szimpózium: 1970-ben, 71-ben, 72-ben és 73-ban. Az utolsó ilyen szimpóziumot 1974. március 18–20. között tartották az Amerikai Katolikus Egyetemen, Washington DC-ben.

A 90-es évek közepén a 3. generációs mobil rendszerek kidolgozása során előtérbe került a bizonytalan környezetben előnyösnek mutató kódosítású technika, a CDMA. A felmerülő szinkronizációs problémák megoldására kiváló eszköznek tűntek a Walsh függvények. Az alaphérfrekvencia és a teljes periódusidő között 2, 4, 8, 16, 32-szeres kapcsolat van, vagyis kettő hat-

ványai szerint helyezkednek el azok a függvények, melyeknek van egy közös váltási pontjuk. Ezen belül valamennyi egész számhoz rendelhető egy függvény, mely az előzőekhez képest eltoltan és nem feltétlenül azonos osztástávolságokkal rendelkezik. Így ez a rendszer önmagát szinkronozza, ugyanakkor a rendelkezésre álló frekvenciatartomány függvényében kettő hatványainak megfelelő, tetszőleges számú függvény vihető át. Minden olyan rendszerben, ahol 0 és 1 vagy +1 és -1 szintek elegendőek, vagyis bináris formájú az információ, a Walsh függvények jó szolgálatot tesznek.

Közel valamennyi hallgatója egyetért abban, hogy mint konzulens, Walsh türelmes, nagylelkű és tapintatos; nem fukarkodott a segítséggel és a buzdítással. Ennek a kedvező hatása évek múlva is megmutatkozott, amikor is oly sok egykori hallgatója tetemesen hozzájárult a matematikai irodalomhoz, akik hetvenedik és hetvenötödik születésnapja alkalmából különleges cikkeket írtak.

Walsh mint tanár nem hagyta el az előadásait kísértő állandó rituálét. Az első ilyen szokása volt, hogy az óra elején szélesre tárta a tanterem ablakát, függetlenül a külső hőmérséklettől, és a dobogón fel-alá lépkedve tartotta előadását, míg a hallgatók majd megfagytak üléseiken (székeiken, padjaikban). A záró rituálé az volt, hogy az előadás végén, bárhol állt, a krétát a szemétkosárba dobta. Előfordult hogy az előadás folyamán egy figyelmetlen hallgató volt a kréta célpontja. Bármiről is tartott előadást, azokat aprólékos gonddal készítette el és mély, dallamos hangon adta elő.

Az időjárástól függetlenül szívesen gyalogolt másfél mérföldet a Fresh Pond közeli otthonából a Widener Library-ba vagy a Seaver Hall-ba. Miután elfogadta ki nevezését a Maryland Egyetemre, az új otthonnál az első előfeltétel az volt, hogy gyalog bejárható távolságra legyen az egyetemtől.

Sok hallgatója emlékezik rá, hogy mennyire szerette a humort és előadása gondolatmenetét emlékezetessé tevő anekdotákat.

Összegezve, Walsh-t úgy lehet jellemezni, mint aki elkötelezett a közügyek, az ország és választott hivatása mellett; emellett szerette a művészetet, a zenét és a természetet. Alapos, keményen dolgozó munkás volt, aki hosszú órákon át fáradhatatlanul dolgozott. A problémákat minden lehetséges oldalról körüljárta, a felfedezés folyamata jól nyomon követhető írásából. Gyakran évek múltával is elővette ugyanazt a problémát, azokat az aranyrögöket keresve amelyeket korábban bent hagyott. Óriási mennyiségű publikációt alkotott. Az élet rövid és ezalatt a lehető legtöbbet akarta alkotni, Walsh mindig versenyt futott az idővel.

A költő Longfellow (Henry Wadsworth) szavaival lehetne munkásságát, életét a legjobban jellemezni: „Ha egy nagy ember meghal, aki évek óta felülmúlta a mi tudásunkat, a fény amit maga mögött hagy, útmutatást ad az embereknek.”

Irodalom:

Morris Marden: Joseph L. Walsh in Memoriam, 1975. Bulletin of the American Mathematical Society, Volume 81, 1975 January.

Hírek

A nők hivatásbeli esélyegyenlőségről tárgyaltak a Siemens-Forumban

Május 14-én A nők megmutatják erejüket – új utak a gazdaságban és a politikában címmel rendezvényt tartottak a müncheni Siemens-Forum kiállítási és konferenciaközpontban, melyen a gazdaság, politika és társadalom képviselői tanácskoztak a nők hivatásbeli esélyegyenlőségéről. Felszólalt többek között dr. Christine Bergmann miniszter asszony, aki az NSZK kormányában a család-, idős-, nő- és ifjúságügyi tárca vezetője. Beszédében a nőket mint az egész társadalom jövőjének döntő erőforrását jellemezte. A Siemens részéről Peter Pribilla professzor, a központi igazgatóság személyzeti ügyekért felelős tagja hangsúlyozta: „az esélyegyenlőség a Siemens vállalati kultúrájának szilárd alkotóeleme. Az elkötelezett és magasan képzett nőknek ma jobb esélyük van, mint korábban bármikor arra, hogy felelősségteljes állást töltsenek be.”

A Siemens minden magasan képzett munkatársa kiterjedő, módszeres személyzetfejlesztési rendszert működtet. Új munkatársak toborzása során súlyt helyez arra, hogy nőket nyerjen meg a vállalat számára. Az elmúlt gazdasági évben a németországi telephelyeken összesen 4600 mérnököt és természettudóst vettek fel, ebből 530 volt nő. Ez a 11,5%-os arány magasabb, mint az országos átlag.

Hírek

A Sun Microsystems SolarisTM 9 operációs rendszerét újradefiniálja a modern – a webes technológiára épülő – hálózati szolgáltatási platform fogalmát. A Solaris 9 operációs rendszer egyik legfontosabb része az új, J2EE 1.3 kompatibilis Sun ONE Application Server 7, Platform Edition (egyszerveres fejlesztése és üzemeltetési licenc) és a Sun ONE Directory Server.

A Solaris legújabb verziója világszínvonalú teljesítményt nyújt a Java technológiákra épülő üzleti alkalmazások futtatása és a döntéstámogatási rendszerek terén, továbbá a lineáris skálázódásnak köszönhetően kiváló platformot biztosít az adattárház-alkalmazások számára.

Az ipari szabványokat, az internetet, az innovációt és az integrációt zászlajára tűző Solaris 9 OE használata igazolhatóan alacsonyabb üzemeltetési költségeket eredményez.



Május 21-től kapható a StarOffice 6.0 irodai programcsomag, amely számos különféle platformon, így például Linux, Solaris és Windows környezetben is gazdaságos alternatívát kínál a versenytársak szoftvereivel szemben. A licenceken mintegy 75 százalék takarítható meg, de további előnyt jelenthet a rugalmas frissítési lehetőségek és a meglevő hardver élettartamának meghosszabbodása is.

Üzleti célú felhasználók számára a StarOffice 6.0 a megrendelt mennyiségtől függően 25-50 dollárba fog kerülni felhasználónként. A csomag javasolt kiskereskedelmi listaára 75,95 dollár; az oktatási szféra vásárlói-nak csak anyag- és szállítási költséget kell fizetniük. A StarOffice 6.0 „dobozos” változatában a termék CD-je, telepítési segédlet, felhasználói kézikönyv, valamint az oktatási segédletet tartalmazó CD található. Egyéni felhasználók a csomagot továbbra is ingyenesen tölthetik le a <http://www.openoffice.org> címről.



A rEVOLUTION Software ÜgyfélVarázsló névre keresztelt programja „dobozos” termékként forgalmazott, alacsony árkategóriájú CRM (Customer Relationship Management) szoftver. A partnerkezelő terméket a kisvállalatok igényeinek szem előtt tartásával fejlesztették ki. A célkitűzés alapja, hogy minden céghez számos olyan információ érkezik be naponta, amelyek soha nem kerülnek egységes rendszerbe, és amiből így a cég nem profitál. A rEVOLUTION ÜgyfélVarázsló szoftvere azokat az eszközöket biztosítja a piac legkisebb szereplői számára, amelyekkel a napi üzletmenettel kapcsolatos ügyfél-információk összegyűjthetők, rendszerezhetők, tárolhatók és elemezhetők egyrészt az áttekinthetőség, másrészt az ügyfelek megtartása érdekében.

A program lehetőséget biztosít a kereskedelmi folyamatok követésére is.



2002. június 6-án Berlinben közös bemutatót tartott a Siemens Mobile, a DaimlerChrysler, a Sun, a T-Mobile, a Jentro és a nizzai Sophia Antipolis Egyetem, melynek során a világon először szemléltettek mozgó autóban működő mobiltelefonos multimédia-szolgáltatásokat, mint pl. az élő video- és audioközvetítést. A gépjármű a bemutatóra különlegesen átalakított, S osztályú Mercedes volt. Az információk átviteli sebessége 128 kBit/s; az UMTS 384 kBit/s szabványos névleges sebességet tesz lehetővé gépkocsikban, ami az ISDN sáv szélessége hatszorosának felel meg. Ez már elegendő a fedélzeti navigációs rendszerekhez, amelyek az úti célhoz való eljutáshoz az UMTS útján érkező aktuális kartográfiai adatokat használják. A hat partner által bemutatott lehetőségek érzékeltetik azt a potenciált, amely néhány éven belül – a megfelelő hálózati infrastruktúra kiépítésével – kereskedelmi alkalmazásokban testesül majd meg. A partnerek közül ki-ki a maga szakterületének megfelelő megoldásrészeket adta a „közösbe”. A berlini bemutatóhoz szükséges kísérleti rádiócellát a T-Mobile-lal együttműködve a Siemens Mobile építette meg. A kísérleti járműbe épített egyes mobiltelefonos alkalmazásokat szintén a Siemens Mobile fejlesztette ki.



Contents

Foreword to the issue of August	1
---------------------------------------	---

PROTOCOLS, INFORMATION TECHNOLOGY

Muhi, Dániel

Discovering commercial services on Internet	2
---	---

Dulai, Tibor

Analysis and description of the Bluetooth logical link control protocol	7
---	---

Csorba, J. Máté–Palugyai, Sándor–Miskolczi, János

Testing of the OSPF router protocol	13
---	----

CIRCUIT DESIGN

Bognár, György–Szombathy, Gergő

Frequency division integrated circuit with variable division ratio, operating at 1GHz	22
---	----

Matyi, Gábor

Design of 2.4GHz integrated oscillator	28
--	----

Vicsi, Klára–Tóth, László–Kocsor, András–Gordos, Géza–Csirik, János

MTBA – Telephone speech database in Hungarian language	35
--	----

RADIO ENGINEERING

Akli-Kiss, Mária

Selection of digital system characteristics for irradiation design of DVB-T senders	45
---	----

Dósa, György

History of the ionosphere testing equipment made in Hungary and its application in the ionosphere tests conducted in Hungary	51
---	----

ECONOMY

Bógel, György, Dr.

Terms of the reciprocally advantageous outsourcing	55
--	----

Nagy, Beatrix Havaska

Joseph L. Walsh, the mathematical founder of CDMA	62
---	----

Szerkesztőség

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6–8.
Tel.: 353 1027, Fax: 353 0451
e-mail: hte@mtesz.hu

Hirdetési árak:

1/1 (205 x 290 mm) 4C 120 000 Ft + áfa
Borító 3 (205 x 290 mm) 4C 180 000 Ft + áfa
Borító 4 (205 x 290 mm) 4C 240 000 Ft + áfa

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

BME Szélessávú Hírközlő Rendszerek
Budapest XI., Goldmann Gy. tér 3.
Tel.: 463 1559, Fax: 463 3289
e-mail: zombory@mht.bme.hu

Előfizetés

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6–8.
Tel.: 353 1027, Fax: 353 0451
e-mail: hte@mtesz.hu

2001-ES ELŐFIZETÉSI DÍJAK

Hazai közületi előfizetők részére
1 évre bruttó 30 000 HUF

Hazai egyéni előfizetők részére
1 évre bruttó 6 000 HUF

Subscription rates for foreign subscribers
12 issues 150 USD, single copies 15 USD

www.hte.hu

Felelős kiadó: MÁTÉ MÁRIA
Lapmenedzser: Dankó András

Design by: Kocsis és Szabó Kft.

HU ISSN 0018-2028

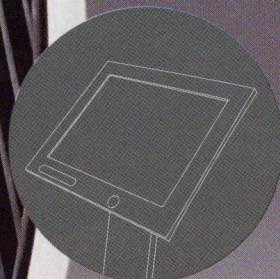
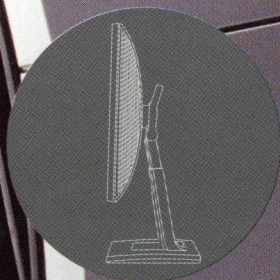
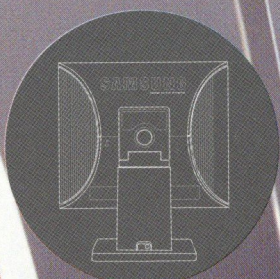
Printed by: Regisztr Kft.

SAMSUNG

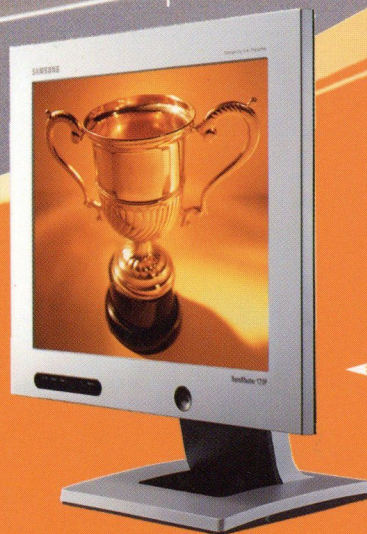
SAMSUNG

Design by F.A. Porsche

Digitális *Presztízs*



Állítható magasság
Dönthető, forgatható képernyő



Nagy fényerő és kontraszt,
kis energiafelhasználás mellett



Industrie
Forum
Design
Hannover

Design by F.A. Porsche

Szimbólum vagy komoly munkaeszköz? Csupán esztétikum vagy célra törő funkcionalitás? Mindkettő. A SyncMaster 171P monitora – amelyet az Industrie Forum Design Hannover design-díjjal tüntetett ki – formatervezőjéhez méltóan ötvözi az eleganciát a csúcstechnológiával. Amikor a megfoghatatlan a valósággal találkozik: SyncMaster 171P TFT-LCD monitor a Samsungtól.

SAMSUNG DIGITall
everyone's invited

www.samsung.hu