híradástechnika

1945 VOLUME LXXIII. 2018

hírközlés ▪ informatika

1

Magyar Jövő Internet Konferencia és Okos Város kiállítás – 2017

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom / Contents

Sallai Gyula
OKOS VÁROS A CÉLKERESZTBEN – ELŐSZÓ 1
FOCUSING ON SMART CITIES – FOREWORD

Lutz Heuser
International Smart City plans, experiences, success factors 2
(angol nyelven)

Nikolay Tcholtchev, Philipp Lämmel, Robert Scholz, Ina Schieferdecker
Facilitating eco-systems for Smart Cities through reference architectures 10
(angol nyelven)

David Bárta, Roman Ličbinský, Jiří Huzlík
Traffic Burden Monitoring Systems as a solution for tackling air quality in European cities 17
(angol nyelven)

Mohamad Gharib, Paolo Lollini, Andrea Bondavalli
A conceptual model and proposed solution for analyzing Information Quality for Critical Infrastructures 23
(angol nyelven)

Varga Imre
Betekintés a komplex hálózatok világába 27
Insight into the world of complex networks

Nemeslaki András
Okos városok igazgatása 31
Governance of Smart Cities

Orosz Péter, Kulik Ivett, Marosits Tamás
Internet-hozzáférések teljesítményvizsgálata webböngészőben 37
Performance analysis of Internet accesses in web browsers

Fekete Gyula, Almássy Kornél
Smart City megoldások a Budapest Közút Zrt.-nél 45
Smart City solutions at Budapest Közút Zrt.

Bakonyi Péter, Dékány Donát
Okos Város kiállítás a Műegyetemen 54
Smart City exhibition at the Budapest University of Technology and Economics (BME)

A címlapon: Okos Város kiállítás a Műegyetemen – fotó: Szilágyi Dénes (NKE)

A konferencia támogatói:

Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület • www.hte.hu
Elnök: Magyar Gábor
H-1051 Budapest, Bajcsy-Zsilinszky út 12., 5. em./502. • Tel.: 353-1027 • e-mail: info@hte.hu

Az Egyesületet a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács támogatja
Elnök: Vágujhelyi Ferenc

Főszerkesztő
SZABÓ CSABA ATTILA (BME, Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék)

Felelős kiadó: NAGY PÉTER
HU ISSN 0018-2028
Layout: MATT DTP Bt. • Nyomda: FOM Media

Okos város a célkeresztben

Az internet jövőjének, következő generációjának kutatása az infokommunikációs kutatások egyik legkiemeltebb területe, eredményei beépülnek a mind markánsabban formálódó internet-alapú társadalmunkba. Immáron negyedik alkalommal került megrendezésre a Magyar Jövő Internet Konferencia (MJIK 2017), – amely az előző konferenciákhoz (2014, 2015 és 2016) hasonlóan –, mint a jövő internetének hazai szakmai fóruma, az internet trendjeiről, a feltáruló lehetőségekről és az elért eredményekről adott átfogó képet, célkeresztjébe ebben az évben is az Okos Város (Smart City) témáját helyezve. A konferencia kétnapos programjához Okos Város kiállítás kapcsolódott, amely lehetőséget nyújtott az okos város fejlesztési tervek, megvalósítási technológiák és elért eredmények bemutatására, az érintett önkormányzati és vállalati vezetők személyes találkozására is.

A konferencia és a kiállítás közös rendezvényére – a Tudomány Hónapja keretében – 2017. november 8-9.-én került sor, a főrendező Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Központi Épületében. A konferencia társrendezői a Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE), a Hírközlési és Informatikai Egyesület (HTE), a Jövő Internet Nemzeti Technológiai Platform (FI NTP) és a Jövő Internet Kutatáskoordinációs Központ (FIRCC) voltak. A konferencia szakmai szervezését a Jakab László professzor által vezetett „Okos város – okos közigazgatás” NKE-BME-kutatóműhely végezte.

Az esemény fővédnöke Áder János köztársasági elnök, a kiállítás védnöke pedig Lepsényi István a Nemzetgazdasági Minisztérium gazdaságfejlesztésért és szabályozásért felelős államtitkára volt. A konferenciát Patyi András, az NKE rektora és Józsa János, a BME rektora nyitotta meg. A konferencia két napja alatt öt szekcióban 22 előadás, ebből 5 külföldi előadó angol nyelvű előadása hangzott el az okos város fejlesztési tervek és tapasztalatok mellett az internet legújabb fejlesztési irányairól, az internet minőségének méréséről, a háromdimenziós internet alkalmazásának lehetőségeiről. A kiállításon 29 kiállító mutatta be eredményeit elsősorban az okos közlekedés, okos egészségügy, okos otthon és okos közigazgatás témakörökben. A résztvevők száma mindkét napon meghaladta a 150 főt. A konferencia programja és prezentációs anyagai elérhetők a HTE honlapján: *http://www.hte.hu/4.-magyar-jovo-internet-konferencia-es-okos-varos-kiallitas*.

A Híradástechnika folyóirat e különszámának fókuszában az okos város témaköre áll. A különszámot az MJIK 2017 előadóinak szakmai cikkeiből állítottuk össze, a kiállítást a szervezők egy önálló cikkben mutatják be. A cikkek közül négynek a szerzői külföldi szakemberek, az angol nyelven elhangzott és készült cikkeket angolul, fordítás nélkül jelentetjük meg. A konferenciát és az összesen kilenc cikkből álló különszám megjelenését az NKE KÖFOP-2.1.2 „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” projektje támogatta.

Lutz Heuser „International Smart City plans, experiences, success factors” című cikke bemutatja a 2012-ben alakult Okos Városok és Közösségek Európai Innovációs Partnersége (EIP-SCC) kezdeményezés céljait, tevékenységét és eredményeit, valamint a városi menedzsment-rendszerek egyszerű integrálását lehetővé tevő UrbanPulse platformot.

Nikolay Tcholtchev, Philip Lämmel, Robert Scholz és Ina Schieferdecker „Facilitating Eco-Systems for Smart Cities through Reference Architectures” című cikke az okos város ökoszisztéma megvalósítását segítő univerzális ICT-infrastruktúra kialakítására vonatkozó kutatási és szabványosítási törekvéseket ismerteti.

David Barta „Smart City principles described on air quality management case” című cikke a levegőminőség javításának példáján keresztül mutatja be a Csehországban kialakított okos város stratégiai módszertant.

Mohamad Gharib, Paolo Lollini és Andrea Bondavalli „A Conceptual Model and Proposed Solution for Analyzing Information Quality for Critical Infrastructures” című cikke az összekapcsolódó kritikus okosváros-infrastruktúrák működésének megbízhatóságát vizsgálja az információk minősége szempontjából.

Varga Imre „Betekintés a komplex hálózatok világába” című cikke a hálózatok általános jellemzőit, a hálózattudomány alapjait és alkalmazási lehetőségeit összegzi.

Nemeslaki András „Okos városigazgatás” című cikke a városok hagyományos és okos kormányzását veti össze az igazgatásszervezés szempontjából.

Orosz Péter, Kulik Ivett, Marosits Tamás „Internet-hozzáférések teljesítményvizsgálata web-böngészőben” című cikkéből az internetszolgáltatás minőségmérésének korszerű technikáit ismerhetjük meg.

Fekete Gyula és Almássy Kornél „Smart City megoldások a Budapest Közút Zrt-nél” című cikke Budapest megújuló, adatalapú közúti közlekedési rendszerét mutatja be.

Bakonyi Péter és Dékány Donát „Okos Város kiállítás a Műegyetemen” című cikke az első alkalommal megrendezett Okos Város kiállítás résztvevőiről és kiemelkedő látnivalóiról nyújt áttekintést.

Különszámunkban elsősorban az okos város terén elért nemzetközi és hazai eredményekről igyekeztünk körképet adni. Reméljük, hogy Olvasóink érdekesnek és hasznosnak találják az összeállítást.

Sallai Gyula
vendégszerkesztő

International Smart City plans, experiences, success factors

LUTZ HEUSER
Urban Software Institute GmbH
lutz.heuser@ui.city

Keywords: Smart City, urban data, data platform, sensor data, UrbanPulse, Darmstadt, Bad Hersfeld

With UrbanPulse the global company [ui!] – the urban institute® has developed a real-time sensor data platform, which is aligned with the vision of open urban platforms, as defined by the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities (EIP SCC). Therefore, UrbanPulse is an information platform for urban data. It has at its disposal a highly scalable architecture for data processing and analysis for the simple integration of sensors and other urban management systems. Best case practices from the cities of Darmstadt and Bad Hersfeld in Germany showcase the added value for the citizens and the public administration.

1. Introduction

Urban data is the basis for the communication in a smart city. The complexity of a city and its communication streams lead to a multitude of different data, which exist in every city already today. In the next years, the digitalisation of economy and society will significantly enhance the amount of data in a city.

Urban data, which is already used by cities, for example, as traffic data from the traffic control centres, signal switching times at cross roads, energy consumption of municipal utility companies, radar sensor data, construction site information, registered events, measurements from air or emission data, just to name a few.

This data "is the commodity of the 21st century" as German chancellor Angela Merkel said at an event in Berlin on November 2nd 2015. For cities, this means that they are sitting on a figurative oil field and have access to a valuable resource. The data a city and its citizens produce is a raw material. But only processing turns crude oil to gasoline and creates added value for the consumers. In parallel, cities need to achieve integrating and structuring their data in a way that it becomes usable for citizens, companies and administrations.

In other words: Big data needs to be transformed into smart data.

[ui!] the urban institute® is dedicated to developing evidence-based insights that improve people's lives and strengthen communities. From fleet services to carbon dioxide reduction in cities.

The company effectively identifies gaps in a city's existing data ecosystem, and merges existing with new data to create a platform that affords relevant smart services. By collaborating with lawmakers, community leaders, corporations, and grassroots change-makers, the company diagnoses problems and designs roadmaps, creating core technologies that serve a city well. From fleet services to carbon dioxide reduction in cities, [ui!] interconnects different systems of a city to deliver the best smart results.

Section 2 provides an overview of the European Framework for the advancement of smart cities and communities. Enabling cities to use their data resources, is the main objective of value added services based on open data. Two cities which have also joined some of the standardization projects and are deploying smart data solutions in the cities are Darmstadt and Bad Hersfeld. Their experiences are depicted in Section 3. The basis for urban data is the domain spanning architecture of the platform (Section 4). Here, the heterogeneous sources of data in a city can be integrated in the platform (Section 5). To aid the implementation of such solutions and services on top of them, which create added value to the citizens, standards have been developed for the last years (Section 6).

2. EU Initiative: open urban platforms become the digital tools for smart cities

The company was founded to support the objective of the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities (EIP SCC) [1]. In his role as the Chairman of the SMART CITY Forum [2], a think tank and network of cities and industry, [ui!]'s CEO Lutz Heuser engaged with EU Commissioner Guenther Oettinger on the Smart Cities and Communities Initiative to establish a European Innovation Partnership (EIP) in 2012.

The EIP SCC is an initiative supported by the European Commission. Aiming at overcoming market fragmentation, the EIP-SCC brings together cities, industry, financers, and citizens to improve urban life through more sustainable integrated solutions. Its Market Place has already 5,300 members from 31 countries.

The structure of the EIP SCC entails six action clusters:

- Citizen Focus
- Integrated Planning, Policy & Regulation
- Business Models, Finance and Procurement
- Integrated Infrastructures and Processes
- Sustainable Districts and Built Environment
- Sustainable Urban Mobility

The author of this paper is the chairman of the action cluster “Sustainable Urban Mobility”.

A significant intermediate result in the area of “Integrated Infrastructures and Open Data” is the demand for open urban data platforms as an important precondition for the fast implementation of smart city solutions, which are open and accessible for everyone in the city.

The first step in this direction was the “Urban Platforms Initiative”, in which three groups work together: the demand side (primarily cities), the supply side and the standardisation bodies. With the memorandum of understanding “Open Urban Platforms for Smart Cities and Regions” [3], the initiative aims at promoting open urban data platforms. Together they want to define the requirements for open interfaces for open urban platforms. The early adopter also formed the core group of the standard development (see Section 6). The data platform from [ui!] the urban institute®, called UrbanPulse, is one of the first urban data platforms which has implemented those requirements in its architecture. It is described further in the following section.

3. Urban Data for new services in cities

The open urban data platform UrbanPulse enables [ui!] and other stakeholders to build value added services based on data which is enhanced as urban data. Added value arises by bringing this information together on one platform, the data is made available for various applications on top on it. These value added services could be provided either for the management of a city itself or directly as a service to citizens.

3.1 Use Case: Digital City Darmstadt

The first value added service that was created makes use of traffic patterns, big data analysis and commuter profiles including departure times and routing information to compute slot based travel recommendations. These recommendations are provided by an application for commuters and citizens of Darmstadt and include a proposition for their departure time. Thus, they can minimize their travel time and fuel consumption, as well as lower the peak traffic within the city.

The city of Darmstadt is situated in the middle of Germany, close to Frankfurt Main. With its 150,000 inhabitants it faces many challenges typical for cities of this size in Germany and other European countries. The city has recently in June 2017 won the German national competition “Digital City” organised by the German Federal Association for Information Technology “bitkom” and the German Association of Towns and Municipalities [4]. From 2018 on, sectors like traffic and energy will be provided with latest digital technology. Public administration will offer innovative online applications and commerce intelligent delivery services.

By networking some of the existing data in Darmstadt on the platform, synergies arises. Since the future of cities and regions is shaped by new ICT technologies on the way to Smart Cities [5], those synergies will gain more and more importance.

The testing of the traffic solution started in spring of 2013. Today the solution is alive. Citizens can access the traffic information via an app that visualises the real-time traffic situation on a map [6]. The data is collected from

Figure 1. Real-time traffic information for citizens

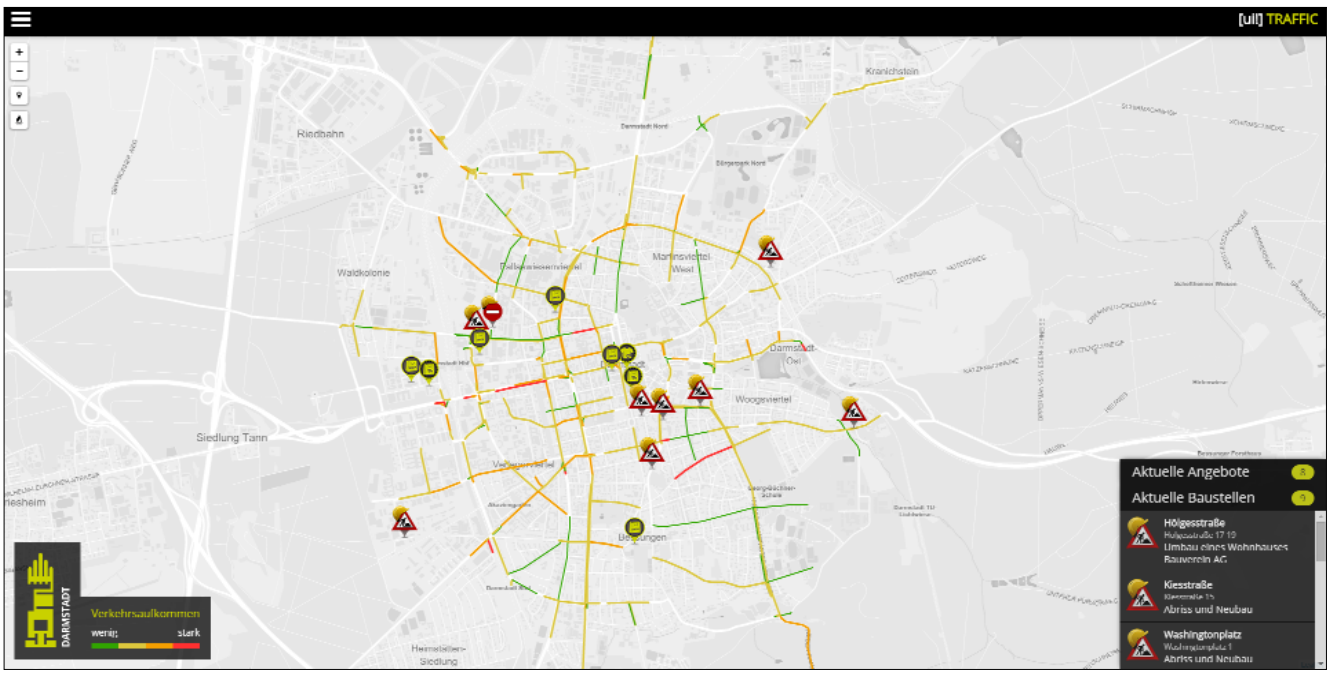


Figure 2. Traffic light assist – Web App

the existing urban traffic light signals. This has the advantage that the data is not personalized. The scalable platform architecture allows to handle this multitude of data in real time. The basis for this service is the Urban Pulse, [ui!]'s IoT data platform. It acts as an interface to Darmstadt's main traffic management computer and processes big amounts of data in very short intervals. The processed data is then enhanced and made available as open data. City employees from the civil engineering authority also have the ability to import information about the expansion of road junctions in the system, thereby keeping the system up to date. On the other hand, this information is also used by the road authority to make geo-referencing of sensors within an administration tool.

With this open data platform for traffic data, the city of Darmstadt is a pioneer for the digitalisation in the mobility sector. The provision of traffic data for citizens as well as for companies, e.g. from the automotive branch, is the foundation for new digital services for increased traffic flow and creates unique conditions for driving with driver assistance systems. This fosters the development of autonomous driving and other innovative changes in society.

One of the main characteristic of the app is the high upgrade grade, which is particularly important for the city centre. With the information from the app, each user can decide which option is best at this particular point in time, see *Figure 1*.

The second service in Darmstadt is directed towards the automobile industry in the context of current developments for connected cars. Generally, the objective is how can vehicles support drivers more – up to autonomous driving? For many years, driver assistance systems like ABS are used. Regulatory pressure to achieve a ratio of 95 g/100 km CO2 [7], lead to the search for new innovative solutions. This is were the service green light prediction comes into play.

In the solution in Darmstadt, a tablet computer in the vehicle displays the upcoming traffic light with a corresponding "green phases prediction". Using this information, the engine control will be able to identify and adjust to the "right" speed for a personal green wave. Thus, emerges the concept of a cruise control for ecologic driving through the city, which leads to substantial reduction of exhaust emissions and fuel. For the first time, this system was successfully implemented on a test track in Darmstadt and tested by the automotive industry *(Figure 2)*.

The current test field can be used via an app on a tablet in test drives with conventional vehicles. Therefore, the traffic data can be used for further research and development.

Another interesting service is supporting drivers who are looking for a parking space. This entails the transparency over availability to prevent pointless searches and driving directly to a free parking spot. New kinds of sensors in street lighting offer the possibility to cover big amounts of parking spaces with optical sensors.

Especially the combination of green phase prediction and targeted search for parking spaces can lead to a significant increase of traffic flow in cities like Darmstadt. In the future, this service could be connected with smart measuring stations, for instance on street lighting, which collect additional information.

By enhancing the traffic flow, our solution bears its part in helping to contribute to the 20/20/20 goals of the European Union (20% reduction of CO2 and other greenhouse emissions, 20% reduction of energy, 20% increase of renewable energy by 2020) to reduce the CO2 emissions and to reach the EU climate goals [8]. But even more our solution is a first step enabling citizens to use urban data in real time.

In the future, this service could be combined with intelligent measuring stations, which collect additional environmental data like CO2 levels, temperature or noise.

An option to enhance the traffic data is the creation of a mobile sensor network with vehicles for garbage collection, cleaning, grit or emergency which collect data on dense traffic or road traffic bottlenecks. With this sources of information an exact situation of current traffic could be deducted in real time. These enriched data could be valuable for companies driving their fleet in the city, logistic specialists and many more.

3.2 A Cockpit for the Mayor

Digitalisation is not an end in itself. Citizens and local companies expect from the smart city clear advantages, which are directly linked to the digitalisation. Data platforms as the communication infrastructure for cities need to result in real-time information and relevant recommendations for actions. In the city of Bad Hersfeld in Germany, the mayor uses to this end the solution [ui!] COCKPIT. Its dense user interface are graphic tiles which display individually selected indicators in real-time. For Bad Hersfeld these are as free parking places, noise pollution, weather conditions at the open air theatre and air pollutions, e.g. fine particles.

For [ui!], the primary aim has been to provide a platform for cities that enables them to integrate public legacy data with new data to deliver smart services. The COCKPIT is a visual output from the data enhanced with the open urban platform. With the transparency it offers, it ensures efficiency in different functionalities of a city, and has the ability to connect all corners of a city together to create services that benefit the citizens. The platform is open and flexible in analyzing data to offer services that best suit the city's requirements, while avoiding vendor lock-in.

The data platform makes it possible to not only to map data graphically but also to combine different measurement points with each other. An analytical evaluation is carried out as well – this way the noise measurements citizens carry out with an app can be displayed on a map in order to sensitise for areas with perceived high noise pollution. An evaluation of the measurement data is conducted with the so-called event stream component: Data are evaluated and displayed in different colours for a fast overview, see *Figure 3*.

The modular structure allows for individual rules to be formulated – for instance the city's administration can be alarmed in case of rising levels of particle matter and other air pollution. Combined with the various measurements, connections within a city become more apparent and ongoing smart city actions can be seen in context. An example of a live [ui!] COCKPIT is available online [9].

4. Data integration across domains

The solutions outlined above are made possible with an open urban real-time data platform. Such a platform enables data integration among various domains as well as the match-making of data. In the case of the platform UrbanPulse, this characteristic is enabled by the [ui!] CONNECTOR technology.

With UrbanPulse, [ui!] has in constant cooperation with city partners developed a real-time sensor data platform, which follows the visions of an open urban platform outlined by the EIP SCC.

UrbanPulse is a cloud based platform developed for urban data. It contains a highly scalable architecture for data processing and analysis, with a specialised connector framework for the simple integration of sensors and other urban management systems. Overall, Urban-

Figure 3. Bad Hersfeld [ui!] COCKPIT

Pulse offers a completely integrated access to urban sensor data from different domains on the basis of smart services. Thus, UrbanPulse combines the diverse data sources of a city, to better visualise and understand them in order to react better to the needs of the city. Urban administrations, companies and citizens use the information UrbanPulse processes, compiles and makes available, to optimise their individual decisions and enhance their digital services and processes.

As a platform solution, UrbanPulse offers interfaces to various communication standards. This way new data sources can be integrated in a simple and economic manner to deliver real-time data from different relevant sensors and management systems.

Figure 4 provides an overview on the architecture of UrbanPulse. The data source layer, indicates as an example different sorts of data sources, which can be connected with the platform. UrbanPulse's interfaces are highly scalable and support various simultaneous connections. A messaging system distributes received messages to the application layer, which contains the core module of the platform. This consists of a number of storing, analysis and so-called Complex Event Processing modules. The modules of the integration layer (outbound interfaces) are responsible for the data distribution and provision, for instance via the standards HTTPS, Secure Websocket or AMQP. Building on this layer, all kinds of applications, administration tools and services can be run, which use real-time events or historic data sets.

Each UrbanPulse module functions as a so-called micro service, which offers special functions for the overall system. The interactions between the modules is realised with a bus system that allows for asynchronous communication. This approach allows for a distribution of the platform over a number of instances and therefore to scale, depending on the necessary resources. Therefore, UrbanPulse is suited for a small pilot project as well as for the real-time processing of sensor data from a whole city.

5. Integration of heterogeneous data sources

For the integration of diverse heterogeneous urban data sources, [ui!] offers a number of connectors for various open as well as proprietary interfaces. With a connector, often, the heterogeneous data sources locked in a certain domain can be enabled to send data to UrbanPulse. Each [ui!] CONNECTOR is a modular application, which makes it possible to integrate even data sources with specific interface requirements or existing grown systems, so-called legacy systems. A bi-directional connection is not necessary. The connectors enable the transmission of urban data in real-time from big amount of information, management and sensor systems to UrbanPulse.

Event data received from the UrbanPulse interface is first reviewed and then forwarded to the event storage, the event processors and the analytics modules. The entire system is event-based and the Complex Event Processing module is used for the analysis, aggregation and creation of events on the basis of the urban data. This event analysis takes place due to the definition of so-called virtual sensors. Virtual sensors can be created automatically on the basis of pre-defined operations or registered manually. The pre-defined operations enclose standard operations such as minimum, maximum, and the average of the considered measurement points from different sensors of a category. Likewise, it is possible

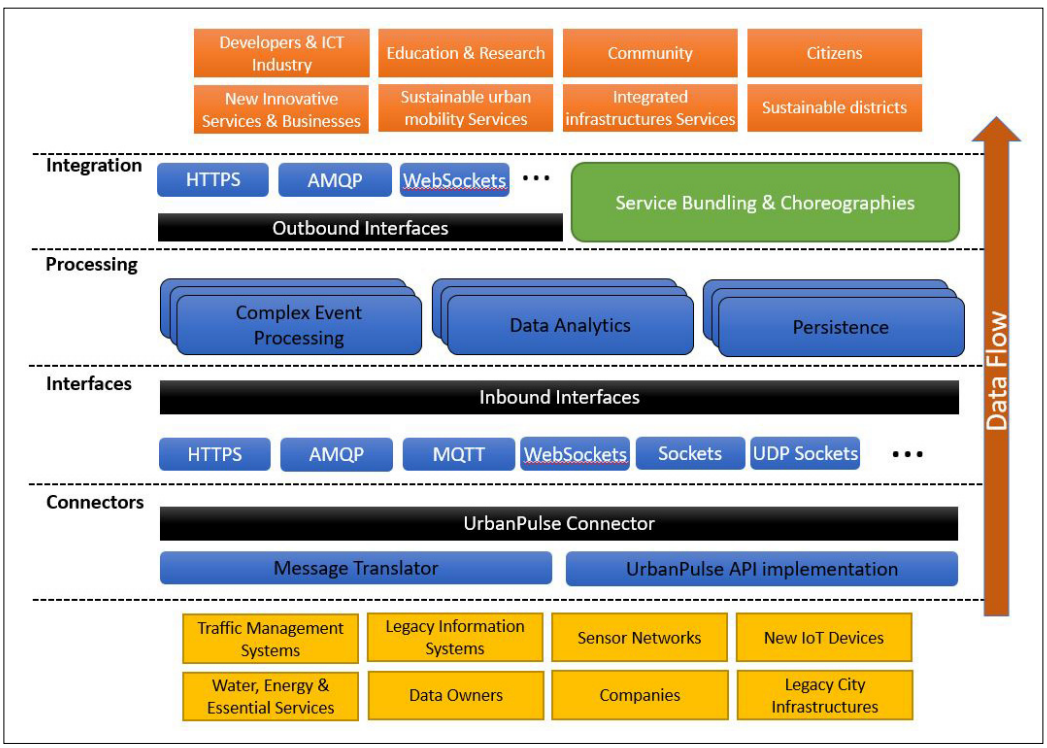


Figure 4. Architecture UrbanPulse

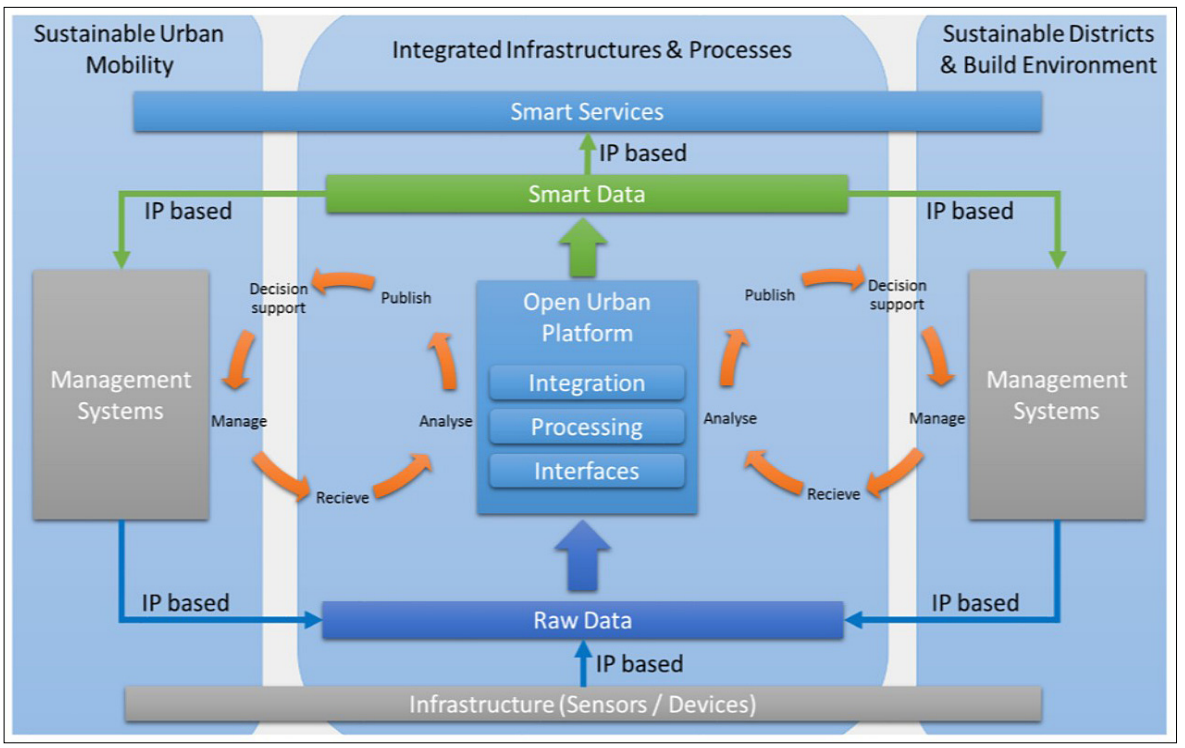


Figure 5. Open Urban Platform Ecosystem

to define thresholds for a number of areas and different time windows, from which events should be considered.

The storage module collects the different data and uses a storage cloud service to persist them in a so-called document storage. The document storage is designed in a way that allows for big amounts of data to be stored while at the same time to achieve fast response times, when longer periods of time of the historic data are inquired.

In the analytics module analysis for historic and real-time data can be developed through big data analysis.

The outbound interface connects the applications with the platform services. To ensure the reusability of the received data, all data is processed and transmitted in open standardised formats. In addition, all analytical functions are developed as a service. Therefore, the UrbanPulse interface (API) can also be considered the facade for the urban data sources and analytical services. The communication between the platform services and the application is realised with a combination of Pub-/Sub-Systems for event data and REST-interfaces for persistent data.

The management modules administer the configurations of the overall system and control the single components of the platform. A row a REST-APIs enables the administration of user, sensors, connectors as well as subscription for events.

The architecture with its different layers is aimed at mirroring the reality of urban actors: Smart Cities, which are created on the drawing board are virtually impossible to occur in Europe. Instead, cities and their (data) infrastructures are systems which have grown over decades, with a variety of different legacy systems and formats. With the connector architecture, these existing systems can be included. No systems need to be renewed. There is no need for a final decision on one system. When a city or a public company adds another system or data source, these can be connected with the platform in a very short amount of time.

6. Standards

Even though platforms, like the UrbanPulse outlined in the previous section, do not require cities to exchange their legacy systems, but rather enhances existing data sources, the adoption of such platforms in Germany is slow. To provide guidance to decision makers in cities and publicly led companies in the field of smart city and gain added value through connecting different information, a standardisation project for open urban platforms has been undertaken.

6.1 Standard for Open Urban Platforms

The challenges for cities to design tomorrow's urban environment are diverse. To be fit for the future, cities need a tailor-made mix of innovative solutions and partners, which co-develop with them. It will become a key competence for a smart city to gather, evaluate and visualize data, which stem from different sources in the city. With an open urban platform, the administration can generate added value from this data together with the citizens, solution providers and manufacturers and develop new business models.

The architecture of such a platform is paramount to include every relevant solution for the cities needs, no matter if it stems from a start-up, a research organization or an established company. This way existing legacy systems and programme can continued, while adding valuable solutions to the city, see *Figure 5*.

To demonstrate cities the composition and applications for such a meta platform, the German standardisation organisation DIN and the initiator [ui!] urban institute® have brought relevant actors to the table.

Those are companies from different fields:

IT: Deutsche Telekom, Microsoft, SAP, energy: Alliander, EnBW (SM!GHT), automotive: BMW, Continental, research: Fraunhofer FOKUS. They were supported by German cities who have already hands-on experience with smart city solutions: Bad Hersfeld, Berlin, Hamburg, Köln and Munich.

Cities and companies together worked for the creation of the standard, DIN SPEC 91357 Reference Model Architecture for Open Urban Platforms (OUP) [10] which has been completed in December 2017. The DIN SPEC fosters the mutual understanding of the market players through the common understanding of a catalogue of terms and supports the interoperability of systems. The standard presents suitable IT architectures, interfaces for data exchange and operation models, exemplifies various future-oriented use cases and includes references to already existing norms and standards in the field of the smart city. Cities and communities can use the standard to connect their existing projects and solutions and promote digitalisation in their city. Thereby, a marketplace for services can develop, which citizens, administrations and companies can use. Applications are possible, for instance, which enable the communication of vehicles and traffic lights or navigation services which detect routes with the combined geo data of cities in real-time.

An important stream of work for the standardisation project has been the work of the European project ESPRESSO [11]. Its objective is to build a common framework for smart cities [12].

6.2 Standard for Integrated Multifunctional Humble Lampposts

As the field of traffic showcases, good old lampposts can serve as locations for sensors and enhance the environment for use cases such as parking and automated driving. Especially, because they are a ubiquitous infrastructure in any city and are connected to electric grid. Recent years have made more effective LED lighting and adaptive lighting solutions more popular [13], the EIP SCC Initiative “10 million Humble Lamppost” [14] builds on these developments but wants not only to enhance the lighting functionality of street lighting but integrate sensors and actors in the masts. It makes the lamppost multifunctional as value added services become possible.

In the field of integrated multifunctional street lighting, the worldwide first technical standard was published in 2016 as a so-called DIN SPEC 91347 “Integrated Multifunctional Humble Lampposts” [15]. The objective was to leverage street lighting as a key component of smart cities and communities.

The core of the standardization project are 14 digital use cases, which demonstrate how cities and communities can profit, when they seize the current opportunity: not just replacing old lighting with LED but creating a component-based system. Meeting the demands and challenges of modern cities with targeted new functionalities. With sensor technology for traffic monitoring as the basis of automated driving. With Wi-Fi routers for public internet access. And with charging stations for electric vehicles.

Other possible sensors can detect parking spots and traffic, collect environmental data and enable event based light control. With the acquired data, new services for citizens and municipalities as well as new business models for start-ups and companies can be created.

The consortium initiated by [ui!] and DIN consisted of lighting manufacturers as well as IT companies and start-ups.

6.3. Preview on Standard for Urban mobility data collection

To add another piece of the puzzle in the use case traffic, the latest standardisation project is DIN SPEC 91367 with the working title “Urban mobility data collection for real-time applications” [16].

A consortium of car manufacturers and suppliers, IT companies, start-ups and cities has come together to create an umbrella standard for mobility data collection in urban areas which does not neglect synergies with existing urban platforms (see Section 6.1) or street furniture such as integrated multifunctional lampposts (see Section 6.2).

7. Summary

The experience with cities like Darmstadt have demonstrated an important factor for success of smart city actions.

Each city sits on a big amount of data, tracking if systems work and analysing some data for very specific purposes. Reusing and repurposing existing data across different domains is key to create value for the city and their citizens. When collected and stored data is made accessible through an open urban platform it can be combined with other data, used for predictions or enable real time services for citizens and companies who move in the city every day.

“Smart city” does not automatically mean a costly decision for a technology solution, which is binding for a long time into the future – a decision most officials delay due to imperfect information, missing best practices or unclear budgetary responsibilities between departments.

Standards, such as DIN SPEC 91357, 91347 and upcoming 91367 can support decision makers with needed additional information. Technologies such as open urban platforms adhere to the fact that smart cities do not start on the green field but in the complex infrastructure of legacy systems of cities. [ui]’s mission is therefore to support making cities even smarter.

Author

PROF. DR. DR. E.H. LUTZ HEUSER has been in the business of industrial research for more than thirty years. As CEO and CTO of [ui!] the urban software institute, he has developed successful business models to allow for efficient 'co-innovation' between industry, communities, and service companies.
[ui!] – the urban institute® is a leading software and consulting company as well as a business incubator for Smart City solutions in the areas of sustainable urban mobility, low-emission traffic, integrated multi-functional street lighting infrastructure, energy management for urban districts and integrated infrastructures. The customers are cities, communities and metropolitan regions, further municipal and private companies. With the support of [ui!]'s strategic consulting and products, the customers achieve their ambitious climate, mobility and energy goals as well as the development and operation of a digitized infrastructure for the Smart City faster, more sustainably and efficiently. The company is located in Germany in Chemnitz, Darmstadt, Walldorf and Berlin, as well as internationally in Australia, Singapore, USA and Hungary. The headquarters is in Chemnitz, Germany.
Lutz's interest is to connect those with great ideas with those who can execute on them. His vision is inspired by the fast-growing opportunities in what is being called the 'Future Internet', and he strongly believes that the 'Internet of Services' is a game changing megatrend which will allow for significant business model innovation, largely changing the way business has been done in IT.

References

[1] EIPSCC, 'Clusters', 2018. [Online].
Available: *http://eu-smartcities.eu/clusters*.
[Accessed: 2- Feb- 2018].

[2] SMART CITY Forum, 'Willkommen', 2018. [Online].
Available: *https://smart-city-forum.de/*.
[Accessed: 2- Feb- 2018].

[3] European Commission, 'Memorandum of Understanding – Towards Open Urban Platforms for Smart Cities and Communities, 2018. [Online].
Available: *https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/memorandum-understanding-towards-open-urban-platforms-smart-cities-and-communities*.
[Accessed: 2- Feb- 2018].

[4] bitkom, 'Darmstadt gewinnt Wettbewerb "Digitale Stadt"', 2017. [Online].
Available: *https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Darmstadt-gewinnt-Wettbewerb-Digitale-Stadt.html*.
[Accessed: 2- Feb- 2018].

[5] Gege, M., Holst, A., 'Intelligent Cities – Wege zu einer nachhaltigen, effizienten und lebenswerten Stadt'. Tech. rep., Bundesdeutscher Arbeitskreis für Umweltbewusstes Management (B.A.U.M.) e.V. 2013.

[6] Urban Software Institute GmbH, '[ui!] TRAFFIC', 2017. [Online].
Available: *https://darmstadt.ui-traffic.de.*
[Accessed: 2- Feb- 2018].

[7] European Commission, 'Regulation (EU) No 333/2014 of the European Parliament and of the Council of 11 March 2014 amending Regulation (EC) No 443/2009 to define the modalities for reaching the 2020 target to reduce CO2 emissions from new passenger cars', Official Journal of the European Union. 2014.

[8] European Commission, 'COMMISSION STAFF WORKING PAPER, Analysis of options beyond 20% GHG emission reductions: Member State results' European Union, 2012.

[9] Urban Software Institute GmbH, 'URBAN COCKPIT'. [Online].
Available: *https://badhersfeld.urbanpulse.de/.*
[Accessed: 2- Feb- 2018].

[10] DIN, 'DIN SPEC 91357:2017-12 "Reference Architecture Model Open Urban Platform (OUP)"'. 2017.

[11] European Commission, 'ESPRESSO – systemic standardisation approach to empower smart cities and communities', 2018. [Online].
Available: *https://espresso.ru.uni-kl.de/espresso-tools-2/espresso-content-portal/*.
[Accessed: 2-Feb-2018].

[12] DIN, 'Research projects – ESPRESSO', 2018 [Online].
Available: *https://www.din.de/en/innovation-and-research/research-projects/ict/espresso-159318*.
[Accessed: 2-Feb-2018].

[13] Statista, 'Prognostizierter Umsatz mit LED-Lampen auf dem europäischen Markt in den Jahren 2011 bis 2020 (in Milliarden Euro)', 2018 [Online].
Available: *https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151079/umfrage/prognostizierter-umsatz-fuer-led-lampen-auf-dem-europaeischen-markt/*.
[Accessed: 2-Feb-2018].

[14] EIPSCC, 'Humble Lamppost, 2018'. [Online].
Available: *http://eu-smartcities.eu/initiatives/78/description*.
[Accessed: 2- Feb- 2018].

[15] DIN, 'DIN SPEC 91347:2017-03 "Integrated multi-functional Humble Lamppost (imHLa)"'. 2017.

[16] DIN, 'DIN SPEC 91367: planned "Urban mobility data collection for real-time applications'. Unpublished.

Facilitating eco-systems for Smart Cities through reference architectures

NIKOLAY TCHOLTCHEV, PHILIPP LÄMMEL, ROBERT SCHOLZ, INA SCHIEFERDECKER

Fraunhofer Institute for Open Communication Systems (FOKUS), Berlin
{firstname.lastname}@fokus.fraunhofer.de

Keywords: Smart Cities, ICT, reference architecture/model, IoT, 5G, Open Urban Platforms

A large number of activities have been conducted during the past years in the cross-domain area of Smart Cities. The research and development efforts started with various projects which aimed at opening the large amounts of data kept by the public administration – a goal which would ultimately enable various ICT based applications and services in urban environments.

However, Smart Cities necessitate not only data but also the technical infrastructure that permits its acquisition, its processing and its access by various stakeholders (e.g. citizens, companies, NGOs...). Indeed, the majority of pertinent urban data is not only of static nature, but also includes sensor measurements in line with the emerging concept of Internet of Things. Thus, an ICT infrastructure – for instance mobile access networks such as 4G/5G, telecommunications networks or cloud services – is required to enable the various processing and storing functionalities stemming from intrinsic requirements within the Smart City context. Such ICT infrastructures should emerge based on integration efforts involving different players in a global and local context, e.g. large vendors and operators, as well as local SMEs. The current paper provides an overview of various research and standardization efforts at defining a universal blueprint for ICT infrastructures in Smart Cities. In this line of thought, the concept of an ICT reference architecture is discussed which aims at enabling cities to design their ICT environment following established guidelines, thereby implementing an integrative pattern and establishing an eco-system of different vendors, operators, components and solutions for Smart Cities.

1. Introduction

A large number of activities have been conducted during the past years in the cross-domain area of Smart Cities. The research and development efforts started with various projects aiming at opening the large amounts of data kept by the public administration – a goal which would ultimately enable various ICT based applications and services in urban environments. In that scope, the authors gathered some vital experiences and insights into the initial developments in the area of ICT for Smart Cities. These developments were based on different concepts and software packages [1,2] that enabled the publishing of data and supported city administrations and related organizations to open up their data silos and facilitate first cross-domain scenarios in urban environments [7,8].

Going beyond the concept of Open Data[1], a city can be seen as an entity that dynamically consumes data from different sources as well as produces data to be utilized in various scenarios. Hence, aspects such as the existence of functional mobile networks (e.g. 3G/4G/5G, WIMAX or Wi-Fi) are of paramount importance for realizing Smart City solutions. In addition, different IoT technologies – e.g. 6LoWPAN, MQTT or ZigBee – play a significant role in obtaining data and making it available for smart services in urban environments. Furthermore, the security and operational management of the critical urban ICT infrastructure should be properly addressed to avoid jeopardizing cities and even endangering human life. There are only a few aspects of urban ICT which need to be handled and addressed in a unified way on national, European and even global scale. An abstract model is required that allows for capturing the emerging complexity and efficiently handling the integration, replication, management, development and operational challenges of various ICT infrastructures. Such abstract models are denoted as Reference Architectures/Models and have been widely used in the areas of telecommunications and Internet in the past decade, with ISO/OSI and TCP/IP being the two most prominent examples.

Extending the initial trend of *Data for Smart Cities*, the current paper presents reference architectures which are the result of key European projects and exemplifies their utilization in European cities towards the facilitation of ICT eco-systems and large scale integrative solutions. Furthermore, different collaboration and standardization activities are presented which outline the path towards standards and quality assurance within such dynamic ICT based eco-systems.

1 *In general, the concept of Open Data stands for the requirement to publish data under so-called open licenses, such that the data would be freely available to the community for usage and republishing without any sort of copyright limitations.*

The rest of this paper is organized as follows: Section 2 elaborates on Data for Smart Cities and presents a number of successful data driven projects for urban solutions. Section 3 introduces the ICT reference architecture from the H2020 Triangulum project [10] and showsits application in two European cities. The following Section 4 presents current international collaborations and standardization activities of relevance. Section 5 outlines research and development directions to be pursued within the coming years whilst the final section concludes and summarizes our paper.

2. Data for Smart Cities

Fraunhofer FOKUS – as one of the leading European institutions in applied science – has formed and supervised a number of projects which enabled the exchange and publication of data in urban environments. In this scope, these projects focused mainly on opening the large amount of data from public administrations and establishing Open Data platforms in German and European contexts.

The first project was given by Berlin Open Data, which started with a study and subsequent pilot in 2011. Thereby, Fraunhofer FOKUS worked out the technical concept and supervised the deployment of the CKAN backend component [1]. Furthermore, an initial definition for a metadata scheme suitable for Germany was specified, such that static datasets coming from the public administration can be described and made available/searchable over a metadata portal *(http://daten.berlin.de)*. Thereby, the datasets still reside on the systems within the different institutions whilst being available over a REST interface and accessible over the Internet. Hence, the Open Data Platform is responsible for keeping track of all these datasets and making them available to the community within an urban environment. Finally, it should be noted that after one year of pilot operation, *daten.berlin.de* was transferred to a local SME which is taking care of the IT infrastructure and of enabling the expansion in terms of captured datasets.

Interestingly, after the success of the Berlin Open Data platform, an energy provider operating in the area of Berlin engaged with the research community (represented by Fraunhofer FOKUS), in order to provide key open data regarding their energy network and belonging consumption. This resulted in a pilot *(http://www.netzdaten-berlin.de)* operated since December 2012 which was designed by Fraunhofer FOKUS based on a similar technological stack as the Open Data Platform of Berlin. The initial amount of datasets available over this industrial Open Data Platform involved 93 datasets relating to various topics such as *electricity supply, balance sheets, connections with the grid, coverage area and electrical grid structure*. All of these datasets have been *anonymized* before provisioning and the underlying processes are further researched on in large scale projects such as WindNode [17]. The latter aims at further extending the functionalities of the portal, meanwhile also supported by a variety of players on the Berlin energy market. Finally, *netzdaten-berlin.de* can be seen as a strong initial push from the energy industry towards publishing Open Data even though the last years show that this topic is followed in a very pragmatic and minimalistic manner.

Another successful data sharing project is given by the German national governmental portal *(https://govdata.de)* that was initiated by the German Federal Ministry of Interior and conceptualized and prototyped by Fraunhofer FOKUS. The prototyping was preceded by a study [16] of (open) data potentials across Germany combined with initial technological designs as well as a legal, operational and financial analysis of the required processes towards the establishment of an Open Data portal for Germany. The first prototype was launched in February 2013 and was operated and improved until 2015 when it turned fully operational and is currently taken care of by a dedicated IT provider. GovData.DE provides different types of (open) data related artefacts including datasets, documents and applications, which are published under different licenses.

The big challenge in this context is the harvesting[2], i.e. the integration of different datasets from various institutions and cities – i.e. city (open) data portals – into a common meta-portal. This harvesting process had to be conducted in a way that guarantees high quality of the automated harvesting results, which led to a formal process involving several iterations and regular audio conferences with relevant data providers. More details on these processes and the obtained experiences are provided in previous publications such as [15].

Finally, one of the latest Open Data developments with a direct link to Smart Cities is constituted by the Pan-European Open Data Portal *(https://www.europeandataportal.eu/)*, which is currently operated as a pilot by a consortium including Fraunhofer FOKUS as a main technical partner. It harvests and aggregates data from all EU members as well as from a large number of EU associated countries, which means that 35 states automatically provide data. Thereby, datasets can pass different paths and are harvested on multiple levels until finally being represented on the Pan-European level. For example, a dataset published in Berlin is automatically harvested to the German national Open Data platform (presented in the preceding paragraph) and then in turn harvested to *www.europeandataportal.eu*. Hence, the Pan-European Open Data Portal serves among others as a unified view on urban data originating from cities and regions across Europe.

The above paragraphs outline the initial trend in Smart Cities which was driven by the vision of opening the large amount of data treasures kept inside various institutions within in a city. However, a large amount of

2 *Harvesting stands for the process which obtains metadata about datasets from online systems, databases, webservices, other Open Data platforms and alike.*

use cases go beyond using only this data and require real-time data obtained from different sensors and more general data sources (e.g. social networks, crowd sourcing et cetera). This leads to a much more complex urban ICT environment, which is at the heart of the next section.

3. ICT reference architectures for Smart Cities

ICT reference architectures are a required concept for Smart Cities for various reasons, many of which were formulated as requirements within [9]. These include the need to provide an abstract picture and understanding of the ICT strategies and developments within a city, as well as to serve as a tool for describing the ICT artefacts within an urban environment. ICT reference architectures are meant to accommodate and explain existing ICT infrastructures on the one hand, and to enable extensions and the introduction of new components and solutions on the other hand. Furthermore, the identification of abstract interfaces among different layers and involved components, as well as the enforcement of appropriate design principles permits the creation of integrative solutions compiled and provided by different stakeholders in an urban ICT eco-system (e.g. large industry or local SMEs) [11]. This would support cities in avoiding vendor-lock-in and the continuous dependence from specific providers. In addition, the path would be set for using solutions based on Open Source and Open Data in combination with data exchange over interoperable and standardized interfaces [6,11].

As previously mentioned, examples of similar efforts are constituted by the extremely successful Internet/Telekom Reference Models – TCP/IP and ISO/OSI layered models. Similarly, as in the case of these models, an urban ICT reference architecture is needed in order to facilitate the replication and reusability of components and solutions across multiple urban eco-systems and to finally speed up the development of ICT based Smart Cities in Europe and across the globe.

3.1. Triangulum ICT reference architecture

The Triangulum reference architecture – as defined in [9] and [11] – is illustrated in *Figure 1* with its different views thereby zooming into the *Technical View*. Further views on the reference architecture are constituted by the *Informational and Organizational View*, which relates to aspects such as market places, user applications and services, as well as business procedures, billing, charging and governance. The Technical View accommodates three layers including the *Data Sources* layer, the *Communication* layer and the *Data Processing and Analysis* layer. On top of the Data Processing and Analysis layer different applications and services can be developed which are managed and distributed over marketplaces from the Market Layer within the Informational View. These marketplaces provide the belonging services and applications to end users within the User Layer. In addition, two pillars related to Management and

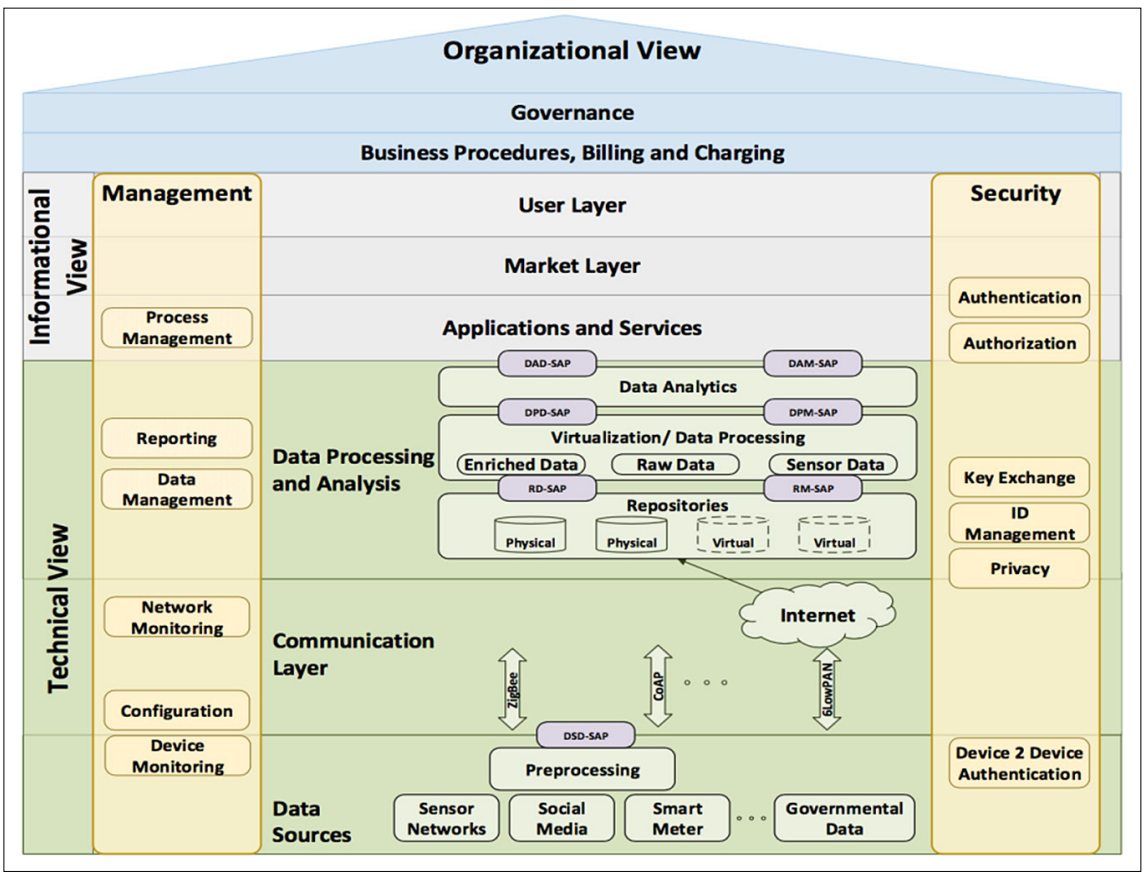


Figure 1. The Triangulum ICT reference architecture as specified in [9] and [11]

Cloud Control Protocol (Stack)	Advantages
OpenStack Rest API + [HTTP/IP/...]	Pretty much standardized, open, rough mapping to other cloud providers (Google, Amazon) existing
SOAP / HTTP (also SMTP, TCP, or JMS)	Platform and language independent, very simple XML format for messaging
CORBA	Wide language and platform support, scalability (can handle both small and large number of objects), open standard
HTTP(S) / [TCP + TLS] / WiMAX or UMTS or LTE	control via mobile devices, works similar as the one above; use of wide range, high overhead/ reliable wireless protocols
Database/Data warehouse Control Protocol (Stack)	**Advantages**
SQL commands	well established, also distributed, as defined in the Distributed Relational Database Architecture (DRDA)
Open Network Computing (ONC) Remote Procedure Call (RPC)	

Further details of the protocols can be attained from the Protocol Details section.

Document Map

Contents
- Overview of SAPs
- Protocol Details
  - Protocol Template
  - MQTT (Message Queue Telemetry Transport)
  - CoAP
  - DDS Data Distribution Service
  - RTP (+ RTCP) Real-Time Transport Protocol, SRTP, DCCP
  - FTP File Transfer Protocol
  - Real Data Transport (RDT)
  - UMTS 3G ?
  - WiMAX
  - LTE
  - Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH)
  - BACNet
  - ModBus
  - Soap
  - Open Network Computing (ONC) Remote Procedure Call (RPC)
  - Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)
- Security Considerations in Detail
- SAP Changes in RA from Del. 6.1

Figure 2. Mapping communication standards and data models to Service Access Points

Security span over all layers of the Technical and Informational View. The Security column accommodates functions such as *Authentication* and *Authorization*, *Key Exchange* and *ID Management,* whilst the Management pillar deals with various flavors of data, processes and infrastructure management including monitoring, configuration, network management, data management and further.

The various artefacts of the ICT reference architecture (especially within the Technical View) communicate over abstract interfaces denoted as Service Access Points (SAPs). Examples of SAPs are given by the DSD-SAP (Data-Sources-Data-SAP) responsible for communication from the data sources (e.g. sensors, social networks, ...) over the *Communication Layer* to the *Data Processing and Analysis Layer*. Similarly, different data communication SAPs – those with "D" before "-SAP" in Figure 1 – and management SAPs – those with "M" before "-SAP" in Figure 1 – are in place in the upper layers towards enabling the exchange and interoperability among components in the layers of the *Technical* as well as the *Informational View*.

The question arises on how SAPs enable the communication between components in different layers of the Triangulum reference architecture. Firstly, [11] specifies a number of generic formats regarding messages flowing over SAPs. However, the more realistic approach is given by establishing a mapping between established protocol standards (e.g. IPv4/v6, DHCP, CoAP, HTTP, SOAP, ...) along with data models/formats (e.g. DCAT-AP, JSON, XML, RDF, ...) and SAPs. Hence, for implementing a particular SAP, a component should implement certain belonging protocols and thus enable the possibility of information exchange over the SAP.

Figure 2 provides a screenshot of our current navigational documents capturing protocols mapping on different SAPs of the Triangulum architecture. Based on the combination between the layers of the Triangulum reference model and the SAPs with belonging mappings, it is possible to explain and structure the ICT eco-system in a city, thereby enabling its extensibility and modular enhancement, as achieved within the Triangulum project.

3.2. Applying the reference architecture

Within the Triangulum H2020 the authors applied the above architecture, in order to structure various ICT systems in the involved European cities – i.e. Eindhoven, Manchester and Stavanger as lighthouse cities. Due to non-disclosure agreement aspects, we are not able to report on details regarding these deployed systems. However, two of the most interesting examples are given by the ICT system which is introduced as a set of components for **energy management including smart gateways** in the city of Manchester, and the **Big Data Analytics Engine and Data Hub** from the city of Stavanger. In both cases the systems were described through a mapping of their components to the layers of the ICT reference architecture, as well as through the mapping of their communication flows and interfaces to the belonging SAPs and communication protocols. This structuring is the basis for the replication of urban ICT solutions between lighthouse and follower cities as planned in the following two years of the Triangulum project.

4. Standardization activities and collaborations

An ICT reference architecture for Smart Cities is the perfect object for standardization having the potential outreach to involve multiple players in an urban ecosystem. Hence, a large consensus among a large number of players, including cities, large industry, utilities, SMEs and end users is required in order to establish a viable ICT reference architecture. Indeed, standardization bodies such as ETSI, ISO and DIN, to mention a few, can play an important role in future Smart Cities through their standards and capabilities to create consensus

among multiple parties. In this line of thought, the following two sections deal with relevant international collaborations and standardization activities in close relation to the presented reference architecture research.

4.1. MOU EIP SCC

In 2015, the European Commission initiated the Memorandum of Understanding (MoU) towards open and interoperable urban platforms within the European Innovation Partnership (EIP) on Smart Cities and Communities (SCC). A number of key players from industry, academia, SMEs and cities committed to work on a number of topics organized in three working streams – *WS1: Standards & Standardization, WS2: Reference Architecture & Design Principles* and *WS3: Scale (Market Perspectives, Business Models, Extend Reach, Collaboration, PMO, ...*). Thereby, the overall goal of the MoU consortium is constituted by the ambition to engage cities, infrastructures companies, service providers, telecommunication players, and utilities in order to establish a strong EU city market for urban platforms. This implies that in the future EU citizens will be using such urban platform(s) to conduct and handle their business with a city whilst the city and its administration can gain valuable insights and can optimize their processes based on urban platforms. Furthermore, urban platforms can drive local innovations by providing data but also by enabling different players (e.g. local SMEs) to be part of a complex innovative urban ICT eco-system.

The establishment of an urban ICT eco-system is especially dependent on *WS2: Reference Architecture & Design Principles* from MoU EIP SCC. WS2 produces a potential standard for an ICT reference architecture and design principles for Smart Cities [6], which is available for partners over the portal of the European Innovation Partnership [4]. The resulting specification constitutes a layered model encompassing all the layers from data sources up to user interfaces, business processes and management consoles. Each layer is characterized through a number of capabilities which are explicitly defined within the reference architecture document [6]. These capabilities together with the design principles of openness, open interfaces and the proposed increased utilization of standards, instead of proprietary protocols, lays the ground for further development and standardization activities (e.g. DIN SPEC OUP described in the coming paragraphs). In addition, the reference architecture of WS2 supports the cities in avoiding vendor-lock-in and establishing a sustainable local ICT infrastructure based on SMEs, open standards and Open Data.

4.2. DIN SPEC 91357 Open Urban Platform

In November 2016, DIN – the German Institute for Standardization famous for its DIN A4 standard – started a working group that gradually converged in their discussions towards a specification for an Open Urban Platform. The DIN SPEC 91357 is based on the European partnership and the reference architecture [6] that was worked out in the scope of MoU EIP SCC. A dozen of partners from cities, municipalities, industry, research, automotive, software, network providers, and energy suppliers were meeting regularly with the goal to discuss and adapt the European reference model [6] to the needs of the German market. The discussions included a review of various standards and global undertakings such as oneM2M [13] from telecommunications, FI-WARE [14] from the area of Future Internet, as well as relevant ITU-T and ETSI initiatives. Fraunhofer FOKUS was active in various topics around the emerging specification and supported the overall outcome of the consortium, which was published at the end of 2017.

The resulting document contains the abstract design of an open urban ICT Reference Architecture for the German market. This Open Urban Platform is based on open interfaces which enable the exchange and interoperability along multiple layers for communication and data processing. These layers incorporate the paradigms of security and privacy in various patterns and thus guarantee the trustful realization of different use cases and scenarios described in [3]. Hence, based on the considerations and consensus of the above standardization output, different projects have been initiated and influenced in Germany and across Europe [18,19].

5. Future work – oupPLUS

oupPLUS [12] is a vision of Fraunhofer FOKUS which will materialize in the near future. Thereby, oupPLUS aims at combining various features from the above presented standardization and R&D activities – i.e. MoU SCC EIP [5], DIN SPEC 91357 OUP [3] and Triangulum reference architecture [9,11]. Indeed, oupPLUS intends to build on the layered structure and capabilities proposed by MoU SCC EIP [5] and DIN SPEC 91357 OUP [3]. In addition, some further layers/pillars are introduced, which allow for improved network and systems management and increased security of the critical urban infrastructure including aspects such as confidentiality, integrity, availability and data privacy. However, the most crucial aspect will be given by the introduction (and detail specification) of the Triangulum SAPs to the layered structure of MoU SCC EIP and DIN SPEC 91357 OUP. This allows for laying down the basic constraints and design principles for communication of Smart City components placed/belonging within the various layers/pillars of the oupPLUS reference model.

The SAPs will be a key artefact within the emerging oupPLUS reference model. Through a suitable mapping of communication protocols and data models to the SAPs, it would in turn be possible to apply model-driven approaches, testing and various quality assurance processes to an integrative urban eco-system based on oupPLUS. For example, it would be possible to define a generic meta-model for oupPLUS based components that generates skeletons, interfaces and WSDL, IDL/CORBA or ASN.1 descriptions for the communication flows be-

tween different urban components of an oupPLUS based eco-system. Furthermore, given the fixation of SAPs as communication gateways between components on different layers and with different capabilities within instances of oupPLUS, it is possible to introduce testing of components for Smart Cities based on the characteristics and established test suites for relevant protocols, e.g. IPv6, XML, CoAP, MQTT, DHCPv6, SOAP and Mobile IP to give just a few examples.

The SAP testing can have different goals:

1) Conformance testing of the component according to the standards accommodated within and SAP, i.e. it is checked whether an urban component complies to an SAP within the oupPLUS model,

2) Interoperability testing, i.e. it is checked whether an urban component can interact with other components attached at the other end of an SAP in question, and

3) Security testing, i.e. it is checked whether the SAP implementation of an oupPLUS urban component can guarantee a certain level of security and privacy. Hence, this testing approach enables different processes and undertakings, e.g. a certification process can be put in place that asserts the quality of Smart City components according to the oupPLUS design principles.

Furthermore, it is possible to introduce certification processes for conformance and security as well as to organize interoperability testing events allowing urban ICT vendors to test and protocol the interoperability of their solutions.

6. Conclusions

The current paper gives a comprehensive introduction to the topic of ICT reference architectures for Smart Cities and on the basic principles leading to the creation of eco-systems of ICT vendors and operators in an urban context, including SMEs, NGOs, Open Source initiatives and large industry.

ICT reference architectures can be seen as a logical next step in the development of Smart Cities following the initiatives to opening the data treasures in public administrations, which were illustrated on a couple of projects at the beginning of this paper. Given the dynamicity of the required data – e.g. sensor data, continuous data, maps, geolocations, video streaming, ... – it is apparent that an integrative approach is required that enables the interoperability of various ICT components from different stakeholders in an urban environment. Hence, the tool of an ICT reference model is introduced and related developments are presented thereby focusing on the Triangulum ICT reference architecture. In this scope, it is also briefly elucidated how such a reference architecture has already been applied within European cities to accommodate Big Data solutions and ICT components relating to energy optimization.

International collaboration and national standardization activities have moved beyond initially limited models created within single projects, such as the Triangulum ICT reference architecture. This was mainly achieved through the active engagement of various players such as cities, IT vendors, telecommunication vendors and operators, automotive industry and further stakeholders from the urban community. Indeed, MoU SCC EIP and DIN SPEC 91357 represent the two most prominent undertakings in this regard and were described in the current paper.

To conclude the paper, an outlook into the coming research and development activities of Fraunhofer FOKUS was given by drafting the ideas around oupPLUS which will focus strongly on quality assurance, modelling and model checking, as well as testing for ICT in Smart Cities. Thereby, oupPLUS constitutes a combination of various features from MoU SCC EIP, DIN SPEC 91357 OUP and Triangulum reference architectures for ICT in Smart Cities.

Acknowledgment

This work has been partially supported by H2020 –Triangulum project (GRANT AGREEMENT No. 646578).

Authors

NIKOLAY TCHOLTCHEV holds a master degree from the Berlin University of Technology. He is currently working for the Fraunhofer Institute for Open Communication Systems (FOKUS) where he leads and participates in projects related to the areas of Smart Cities (Open Urban Platforms), Autonomic Communications and Computing, Model-based Testing, Future Internet, IPv6, and Risk based testing for Security purposes. Currently, Nikolay Tcholtchev finalizes his PhD within the area of Fault-Tolerance and Resilience in IP networks. Furthermore, his current tasks include: technical project management (industrial projects, H2020, EU-FP6/FP7, ...) and reporting (H2020, EU-FP7, industrial projects), contribution to acquisition (EU-FP7, H2020, BMBF, industrial projects), supervision of students in the course of their bachelor and master thesis, technical contribution to multiple areas of interest, e.g. Testing, Quality Assurance, Cyber Security, Smart Cities, Standardization etc.

PHILIPP LÄMMEL is a researcher at Fraunhofer FOKUS. His main research areas include the design, specification and implementation of platforms in the area of Smart Cities – requirements analysis, implementation, testing, continuous integration, etc. Furthermore, he is active in the areas of: Security, IoT, eHealth, Smart Cities, Model-based Testing and Cloud Computing. Philipp Lämmel studied Computer Science at the Free University of Berlin and finalized his Master Thesis in the scope of Security for Smart Cities at the Fraunhofer Institute for Open Communication Systems in Berlin. His technical expertise includes: Experiences with tools, methods, algorithms, technologies and programing languages from the area of Operating Systems, Communication Networks, IoT and Security-TCP/IP, CoAP, Z-Wave, ZigBee, DASH7, 6LoWPAN, Ethernet, traffic monitoring (wireshark, tcpdump, pcap, netflow, ...), Burp Suite, Metasploit-Framework, Model-based Testing (TTCN3, EMF, UML2.0, UTP), Eclipse Modelling Framework (EMF), Databases (MySQL, PostgreSQL, Redis, H2), Hibernate, Java SE/EE, Python, C/C++, Ruby, Boost, R, SPSS, PHP, Bash programming, AWK, Apache Tomcat, Wildfly, MQTT, Docker, OpenID (Connect), OAuth, SAML, Shibboleth, Kerberos, PKI, HTML, JavaScript, Linux/Unix, MacOS, Windows.

ROBERT SCHOLZ is a researcher at the Fraunhofer Institute for Open Communication Systems in Berlin. He has a bachelor in Cognitive Sciences from the University of Osnabrück and has been with Fraunhofer FOKUS since 2015. He participated in several European and German national projects, including H2020 Triangulum, WindNode and further, thereby regularly publishing scientific results at conferences and in journals.

PROF. DR. INA SCHIEFERDECKER studied mathematical computer science at the Humboldt University Berlin and did her PhD at the Technische Universität Berlin in 1994. Since 1993 she has been working for the Fraunhofer Institute for Open Communication Systems FOKUS and has been holding a professorship since 2016 on "Quality Engineering of Open Distributed Systems" at the Technische Universität Berlin. At FOKUS she established the Competence Centers Testing, Interoperability and Performance (TIP), Modeling and Testing (MOTION) as well as the System Quality Center (SQC). Moreover Prof. Dr. Ina Schieferdecker is President of the Association for Software Quality and Further Education (ASQF) and a member of the National Academy of Science and Engineering (acatech), just to mention a few.

References

[1] CKAN, Comprehensive Knowledge Archive Network: *https://ckan.org/*, as of date 30.01.2018.

[2] Socrata: *https://socrata.com/*, as of date 30.01.2018.

[3] DIN SPEC 91357, Reference Architecture Model Open Urban Platform (OUP), *https://www.din.de/en/wdc-beuth:din21:281077528?sourceLanguage&destinationLanguage,* as of date 30.01.2018.

[4] EU Partnership on Smart Cities and Communities Marketplace, *http://eu-smartcities.eu/*, as of date 30.01.2018.

[5] EU Partnership on Smart Cities and Communities, *http://ec.europa.eu/eip/smartcities/*, as of date 30.01.2018.

[6] EIP SCC work stream 2 – Main Deliverable, Reference Architecture, Draft, version 0.98 (Work in Progress), 22.06.2017, Main editors: Lutz Heuser, Jeroen Scheer, Pieter den Hamer, Bart de Lathouwer.

[7] Nikolay Tcholtchev, Lena Farid, Florian Marienfeld, Ina Schieferdecker, Benjamin Dittwald, Evanela Lapi: On the interplay of open data, cloud services and network providers towards electric mobility in smart cities. IEEE LCN Workshops 2012: 860–867.

[8] Evanela Lapi, Nikolay Tcholtchev, Louay Bassbouss, Florian Marienfeld, Ina Schieferdecker: Identification and Utilization of Components for a Linked Open Data Platform. IEEE COMPSAC Workshops 2012: 112–115.

[9] Ina Schieferdecker, Nikolay Tcholtchev, Philipp Lammel, Robert Scholz, Evanela Lapi: Towards an Open Data Based ICT Reference Architecture for Smart Cities. CeDEM 2017: 184–193.

[10] EU Triangulum project: *http://www.triangulum-project.eu/*, as of date 30.01.2017.

[11] Triangulum Deliverable, D6.1 ICT Reference Architecture, M18 Update, July 2016.

[12] oupPLUS web presence: *https://www.fokus.fraunhofer.de/en/sqc/smart_cities_ou*pPLUS, as of date 30.01.2018.

[13] oneM2M, *http://www.onem2m.org/*, as of date 30.01.2018.

[14] FI-WARE, *https://www.fiware.org/*, as of date 30.01.2018.

[15] Florian Marienfeld, Ina Schieferdecker, Evanela Lapi, Nikolay Tcholtchev: Metadata aggregation at GovData.de: an experience report OpenSym 2013: 21:1–21:5.

[16] Klessmann, J., Denker, P., Schieferdecker, I., Schulz, S., 2012. Open government data Deutschland. Eine Studie zu Open Government in Deutschland im Auftrag des Bundesministerium des Innern, Berlin. Bundesministerium des Innern (Germany).

[17] WindNode project: *http://www.windnode.de/*, as of date 30.01.2018.

[18] SmartPolis initiative: *http://smartpolis.eit.bme.hu/*, as of date 30.01.2018.

[19] Urbaner Datenraum: *https://opendata.bonn.de/blog/bonn-ist-pilotpartner-zur-studie-urbaner-datenraum*, as of date 30.01.2018.

Traffic Burden Monitoring Systems
as a solution for tackling air quality in European cities

DAVID BÁRTA
CityOne Ltd., Brno, Czech Republic
barta@cityone.cz

ROMAN LIČBINSKÝ, JIŘÍ HUZLÍK
Transport Research Centre, Brno, Czech Republic

Keywords: air quality, IoT networks, Intelligent Transport Systems, TBMS, Air Quality ITS stations, geofencing, Sustainable Urban Mobility Plans

Air quality is a major problem of European cities. To solve the problem a strategical approach based on continuous data from deployed modern technologies should be used. The traffic burden monitoring system is a new way of monitoring air quality in a city in a needed scale and resolution and can provide data that can become a game changer for the city as well as people decision making.

1. Introduction

The most recent directive relating to ambient (outdoor) air quality is the Air Quality Directive (2008/50/EC [1]), which was adopted in 2008. The Directive consolidated a number of earlier directives and sets objectives for several pollutants which are harmful to human health.

It requires member states to:

- *Monitor and assess air quality* to ensure that it meets these objectives;
- *Report to the Commission* and the public on the results of this monitoring and assessment;
- *Prepare and implement air quality plans* containing measures to achieve the objectives.

To make air quality plans really functional the city should take actions in near real time by a set of pre-defined measures and take pre-defined strategic actions based on yearly evaluation. This is to be achieved by continuous monitoring of reliable sensor-based networks.

The findings presented have been gained within the project SmartNet [4] and the project SOLEZ [3].

2. Air pollution sources

Air pollution is caused by a variety of polluting matters from various sources. One of the main sources of city air pollution is traffic. Traffic emits various harmful compounds, not just by combustion engines of cars and other vehicles but also by so called non-combustion pollutants including particles derived by road surface abrasion, abrasion of tyres, mechanical components abrasion (braking pads, clutch lining) and also by resuspension of dust laid on the road by the traffic. So it is very hard to clearly identify the source of a particular matter as it can be emitted into ambient air by various sources. *However, the following pollutants related to traffic can be considered: nitrogen oxides, benzene, platinum metals and ultrafine particles. So air quality related to traffic can be monitored by occurrence of these pollutants.*

Basic pollutants to be monitored are nitrogen oxides (NO, NO_2, NO_x) as it is emitted to the ambient air by all the high temperature combustion engines where fossil fuels are combusted at the temperatures higher than 1300°C. In urban environment the traffic is the dominant source of the pollutants except the areas with specific industry processes (like producing nitric acid). The other two pollutants to be considered due to the affordable cost of monitoring are particulate matter and benzene.

3. Strategies and technologies

The rise of new technologies, mainly based on Internet of Things (IoT), brings new potentials to traffic management and its environmental impact on quality of life in cities. The cities are buying various sensors or even networks of sensors within their smart cities concept with the risk of unstable or uncertain source of data or even malfunction of the equipment.

Also wrong use of low carbon mobility policies and tools or their non-existence in city policies causes significant negative impacts on citizens´ health as well as low cost efficiency of the potential technologies compatibility and management. The good practice from Amsterdam (parking policy [2]), Barcelona (tactical urbanism) or Vicenza (low emission zone and low carbon city-lead logistics hub) should be spread in connection with suitable technological background [3].

Nowadays technologies for smart parking and/or traffic flow management based on low cost IoT sensors embedded in the ground bring reliable, long term and low cost solution for traffic monitoring in scale. The traffic can be monitored continuously in every street which brings valuable data for decision making of single citizens or city departments e.g. where to buy a flat, where to start a shop or where to decrease the number of parking spaces.

It also provides valuable data of traffic intensities which can be computed to noise and air quality levels.

The reliability of such data can be perceived as high and provides new possibilities to control traffic in an advanced way, enforce dedicated zones with geofencing and parking price regulation, e.g. in the smog event. If the data about traffic burden is provided as open data the city supports bottom-up approach as the citizens themselves will care about the place they live and push the steps for better traffic regulation and improved air quality and the quality of life at their particular place.

On the other hand the technologies for air quality measurement are very tricky. The low cost electrochemical sensors provide inaccurate values for pollutants concentrations as the temperature and humidity changes influence the quality of measurement significantly. After real testing, these sensors have been found unreliable becoming a source of "data noise", see *Figure 1* [5].

So specifically designed requirements on air quality ITS stations are necessary to enable to deploy systems that are reliable and that provide trustful data for city operational as well as strategical decision making and to prevent public sector from buying non-reliable sensor networks.

4. Technologies deployment – two philosophies of geofencing

The key element of smart cities initiatives consists in measuring the real time status and long term status of the traffic in particular streets and its impacts on environment. As the technology cost is significantly lower due to Internet of Things (IoT) cities invest in sensor networks.

There are two philosophies how to approach the traffic regulation and relevant technologies for geofencing – Traffic Burden Monitoring System (TBMS) and Access Control and Enforcement System (ACES, including active geofencing). The monitoring IoT system (TBMS) enables anonymous low cost continuous mapping of traffic burden in every street of a city; the enforcement system (ACES) is an access control system identifying and charging the access to the zone (city toll, access restriction to low emission zone etc.). The technological solutions of both philosophies differ very much in cost as well as maintenance cost and also in volume of data available and its potential of extension or use. So TBMS is seen as the technological concept that could be spread in every European city with affordable cost.

4.1. Traffic Burden Monitoring System (TBMS)

The monitoring system enables low cost and wide scale coverage of detection of an actual as well as long term traffic burden. Its main contribution is for modelling and planning of adequate air quality measures and actions. It is also a very good system for SUMP purposes. It consists of two parts: traffic monitoring and air quality monitoring.

The traffic monitoring part is an IoT system based on traffic flow detectors (e.g. magnetometers) deployed in every street of the city that enables to count the numbers of vehicles. At the entrance (access roads) to the zone it also enables to gain the length and velocity of the vehicles which improves the information for air quality modelling purposes. The number of vehicles per street can be then modelled into a noise and air quality burden model per street/smaller area of the zone and as such

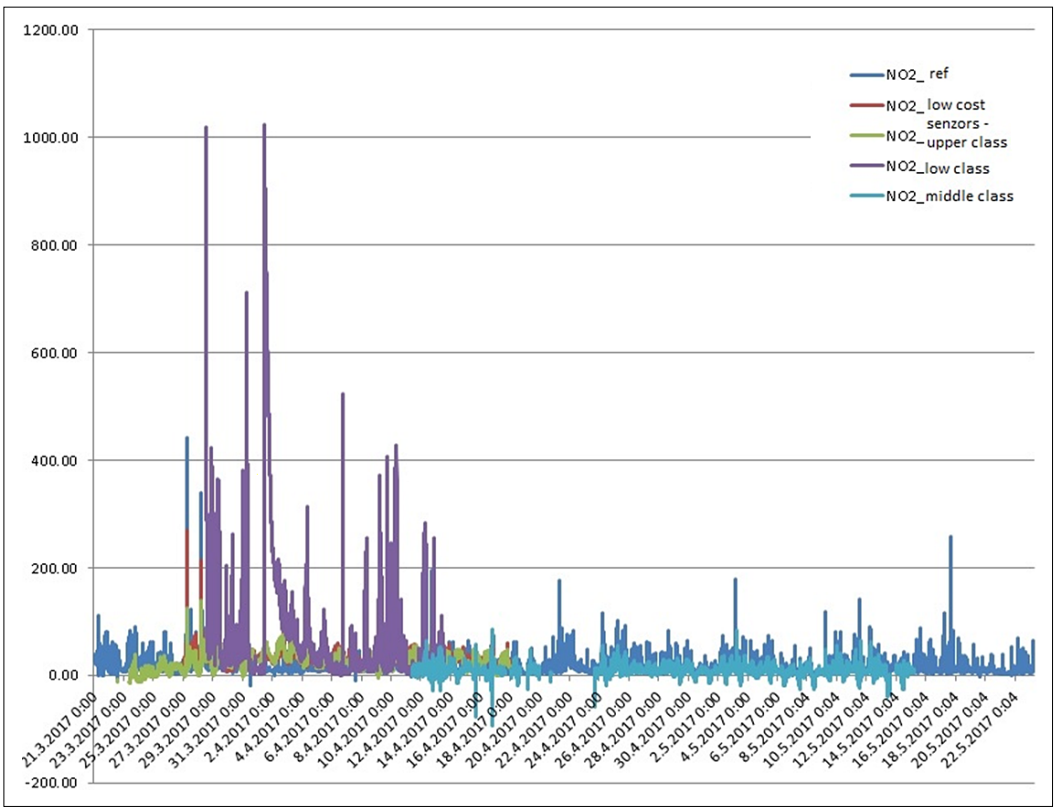


Figure 1. Results of testing several sensors systems for air quality measurement available in the market [4] against each other showing the significant differences among the systems and significant and not acceptable deviations from the air quality reference method (NO2_ref)

helps city decision makers to distinguish the places with urgent need for a set of Air Quality Action Plans (AQAP). City can profit from existing camera network and provide similar data for streets that are already covered by detection.

As the air quality modelling can be very unprecise due to the lack of information about the type of engine and age of passing vehicles, the monitoring system has to be supported by the on-site air quality monitoring. This is done by the deployment of Air Quality ITS stations (AQ ITS-S) of appropriate class *(see Table 1)*. The minimum acceptable class for TBMS is the class C. The advantage of AQ ITS-S network is its mobility so the deployment enables to change the deployment site from time to time and as such to cover an area with dense air quality measurement network. The data from AQ ITS-S network serves for improving the model (historic data analysis), recognizing other sources of pollution (e.g. household heating, industry) and providing valuable data for evaluation of air quality actions and for arguments for public communication.

There are also significant side effects of TBMS deployment. Besides continuous monitoring of traffic in a wider scale that enables to evaluate SUMP or AQAP target achievements, the traffic monitoring continuous data can serve e.g. for politicians´ arguments for residential parking introduction as it can be interpreted in public health impact. The data can also be viewed as big data; together with demographics data it can provide a heat map on where new concepts, e.g. car sharing services, introduction can be successful. The data also serves for better specifying the quality of life at particular places (different traffic burden) and as such can influence the retail and housing estates markets. All this and probably many more issues can significantly contribute to public discussion on sustainable mobility and quality of living and could be a game changer for city sustainable developments and air quality improvements.

The TBMS is the basic system for air quality improvement and can be successfully combined with parking regulation technologies and/or access regulation technologies.

4.2. Traffic flow data conversion into environmental impact – air quality model

Traffic flow data can be used also for air quality assessment, respectively to calculate emissions that contribute to air pollution and are produced by transport in the monitored area.

In general, this is done in the following steps. Firstly, data for the calculation of fleet composition (EURO 0-6) will be prepared based on known dynamic tracking data (e.g. from traffic survey or vehicle count in the area under consideration). Other input data are traffic flow data including traffic intensities of selected vehicle categories (up to 12 cats), traffic flow rates and traffic fluency in model sections. The data can also distinguish the different directions of the flow. Using spatial analysis in the GIS environment, the slope attribute of the communication can be assigned to sections. The following is the calculation of emissions using a particular emission model based on the emission factors of different pollutants (the amount varies depending on the emission model used), both the primary pollutants, solid particles from brake and tire wear, and secondary emissions in the form of dust resuspension. Emission factors for the relevant pollutant are further divided according to several criteria, such as transport categories, fuel used (automotive gasoline, diesel, LPG, CNG), emission standard (conventional drive – EURO 0, EURO 1-6) vehicles should meet. Depending on which emission model is being used, further refinements such as climate data, truckloads can be input into calculations. In the case of detailed modelling of intersections, it is usually possible to enter parameters such as column length, delays at the junction, vehicle speed before and after the junction.

Such an emission model, based on the above procedures, allows a detailed spatial assessment of transport emissions and, in particular, a precise comparison of the current and prospective status.

The result is two basic quantities, namely emissions production (kg/section/day) and emission flow (kg/km/day or g/m/s).

For the traffic burden monitoring system (TBMS), it is possible to use these more detailed data from the system of monitoring the intersections of major roads of the city, which are at the entrance to the defined zone. It is then sufficient to extrapolate these data in the surface monitoring of each street according to the number, length and speed of vehicles.

4.3. Monitoring by environmental sensors´ network

General findings [5]

The Directive [1] lays down rules on:

- *the minimum number of monitoring stations; and*
- *where they must be located.*

These rules on monitoring and assessment, while very complex, **are insufficient** *to ensure full and accurate assessment of air quality. Monitoring stations are to be sited at locations which are representative of the highest levels of pollution in a zone or agglomeration. However, in practice, this provision is often ignored or abused by member states. Monitoring stations are frequently placed in areas which do not have the highest levels of pollution.*

More commonly, member states **fail to publish or report data from unofficial monitoring sites** *that are not part of their official network. Often this will be justified on the basis that the unofficial data does not meet the very detailed siting requirements of the Directive, for example because the monitoring station is too close to a road junction. These problems arise in part because the Directive does not require sufficient monitoring stations, allowing member states to use modelling techniques to supplement monitoring data.* **While modelling provides useful supplemental information and reduces the need for expensive monitoring stations, it is not always accurate and is open to manipulation by member states.**

AG ITS-S class	Measured pollutant	Measuring method	Total cost comparison by the variable *x*	
			purchase	operation and maintenance (year)
A	Nitrogen oxide concentration	chemiluminiscence (EN 14211)	50x	2,5x
	Particulate matter concentration	nefelometry		
	Benzene concentration	gas chromatography, automatic sampling by sorption tube (EN 14622-3)		
	Meteorology parameters	Common methods		
B	Nitrogen oxide concentration	chemiluminiscence (EN 14211)	30x	2x
	Particulate matter concentration	nefelometry		
	Meteorology parameters	common methods		
C	Nitrogen oxide concentration	chemiluminiscence (EN 14211)	13x	x
	Meteorology parameters	common methods		

Table 1. Classification of Air Quality ITS stations (AG ITS-S), the reference methods and the cost comparison

4.4. Air quality ITS station (AQ ITS-S)

The air quality ITS station used for the long-term monitoring of air quality with regard to the expected source of transport pollutants should therefore, on the basis of the above, be capable of stable and accurate measuring of the concentrations of nitrogen oxides using the reference method (EN 14211). For the purpose of refining the information, the station may be extended by a benzene concentration measurement device, again operating on the reference method (EN 14622-3) and a particle count instrument operating on the nephelometry principle. In the case of measurement of particulate matter concentrations by the nephelometry method, the validation of this method must be performed on a regular basis by comparing the results obtained with the results determined by the reference method defined in EN 12341. The measurement of air pollutant concentrations should also include measurement of meteorological parameters including temperature, direction and wind speed.

With regard to the needs of city implementing the air quality measurement, the AG ITS-S stations can be divided into three types according to the instrumentation *(see Table 1)*. Of course, the station equipment is associated with the costs of acquiring the station itself and the cost of operating it, including instrument calibration, energy consumption, trained personnel, etc. Prices for devices do not include the cost of housing and air conditioning. Operational and maintenance costs do not include the cost of electricity, including only one-year calibration costs and regular annual service. All listed prices are very approximate and may vary significantly depending on the instrument manufacturer, the prices of the relevant calibration laboratory, the prices of electric energy etc.

Generally in all parameters (i.e. purchase, operation – calibration once a year, maintenance – regular annual service) the price rises from a less equipped station (class C) to a full-equipped station (class A).

Table 2. Air quality index and individual limits for selected pollutants (source: ČHMÚ)

Index	Air quality	Measure/Action	NO_2	PM10
1	very good	no action	0 - 25	0 - 20
2	good	no action	25 - 50	20 - 40
3	satisfactory	scenario 1	50 - 100	40 - 70
4	acceptable	scenario 2	100 - 200	70 - 90
5	bad	scenario 3	200 - 400	90 - 180
6	very bad	scenario 4	> 400	> 180

5. Pollutants values, index and scenarios

The instruments used shall be capable of delivering concentrations of the relevant pollutant in at least ten minute intervals in order to determine hourly averages which may be related to the limit concentrations defined in Directive 2008/50/EC. In order to regulate the traffic according to the current air quality situation, concentrations of NO_2 and, where appropriate, concentrations of particulate matter PM10, which have a defined hourly limit value of 200 $\mu g.m^{-3}$ in the case of NO_2 or daily limit value of 50 $\mu g.m^{-3}$ for PM10. However, it should be borne in mind that **PM10** does not come exclusively from transport but is produced by a wide range of sources. The proposed quantification of numerical concentrations of ultra-fine particles reflects transport pollution more, but there is no air quality limit to this characteristic defined and its definition is very difficult.

The actual air quality assessment can be based on the indices defined by the Czech Hydrometeorological Institute – ČHMÚ *(see Table 2)*. The calculation of the air quality index, which takes into account the possible impact of air quality on the health status of the population, is based on the evaluation of 1h concentrations of nitrogen dioxide (NO_2) and particulate matter (PM10). In the calculation, 1h average concentrations are used for PM10 as they better outline the current status (1h concentration limits were derived based on statistical analysis between 24h and 1h concentrations).

6. Efficient air quality measures to tackle traffic burden

There is a lot of ways to present various measures enhancing air quality. The consensus has been found in so called PUSH and PULL measures. They are classified into four main areas:

- PUSH: *emission production* (low carbon, zero emission vehicles)
- PUSH: *traffic restriction* (parking regulation, access restriction)
- PULL: *people motivation* (value added services, alternative means of transport)
- PULL: *emission absorption* (natural and technological tools)

A. Emission production

Besides manufacturers´, EU´s or Member States´ activities leading to regulation or even quotas on zero emission vehicles, significant contribution can be made by cities.

Cities can support the transfer to low carbon economy by various measures:

– *"in-house" investments* in city fleets renovations, i.e. purchases of low carbon vehicles for public transport, city police and other municipal services like waste management;
– *green public procurement,* i.e. requirements on city suppliers to use low carbon vehicles when providing services for the city.

B. Traffic restriction

The most efficient measures are restrictive ones. They require technologies to do the necessary enforcement. They can be divided into:

– *parking regulation,* i.e. visitors´ parking management by zoning with different pricing and residential parking;
– *access regulation,* i.e. low emission zones, access restriction zones and toll charging.

C. People motivation

The traffic restriction measures shall be complemented with motivation ones to enable people to make alternative choices for their travel behaviour. They can be divided into:

– *alternative means of transport,* i.e. sharing services like carsharing; scooter sharing; bikesharing; on-demand ride services (ridesourcing/TNCs, ridesplitting, and e-Hail); ridesharing; alternative transit services (shuttles and microtransit); courier network services;
– *integrated services,* integrated mobility scheme based on information level, i.e. sharing data (city/regional mobility platform, trip planning apps) and ticketing level, i.e. single fares (public transport as a backbone for other connected alternative means of transport with common clearing centre, account based ticketing).

D. Emissions absorption

These measures provide solutions for air polluted areas to decrease the levels of local pollution. These can be divided into:

– *nature based solutions,* i.e. planting trees and expanding green areas to catch and/or filter dust particles;
– *technology based solutions,* i.e. cleaning the dust from streets, watering streets and deployment of "smart" technologies (cleantech) as air washing machines or facades with titanium dioxide layer.

The four class measures scheme represents the base for the *following city decision making process*.

Table 3 below specifies the measures that should be triggered as the actions for improving air quality when the thresholds (not EU thresholds) are overstepped. The city policy based on such a scheme can provide "semi-automated" actions without the need of operational political decision making process or operational schemes of city companies that do the cleaning of the streets.

Scenario	Air quality level	Types of actions
Index 3: Scenario 1	Satisfactory	Plans, resident questionnaires, parking zones design with long term target air quality goals, complementary tree planting, basic scenario of street cleaning.
Index 4: Scenario 2	Acceptable	Parking zones introduction with residential parking, geofencing technologies deployment, sharing concepts deployment, significant renovations of city fleets, city logistics regulation, mobility platform, mobility fund…
Index 5: Scenario 3	Bad	Plan for toll introduction or strict parking regulation deployment, major planting of trees, smog free towers deployment…
Index 6: Scenario 4	Very bad	Very strict traffic regulation, high prices for parking, toll introduction, ban for Euro 3 and lower vehicle classes, major planting of trees, smog free towers deployment…

Table 3. Typology of scenarios

As each measure is classified and connected with a specific benefit and a specific triggered action/scenario, the city policy can react on the actual as well as long term levels of air pollution. So the bridge between air quality measurement systems deployment and specific reactions of a city is established. Such a city can communicate the impacts of the policy on traffic burden solutions to the public in a consistent way so the overall acceptance can be achieved. More the transparency of the process based on open data provided by TBMS enables to evaluate the policy results in specific numbers for a particular area and as such provide a city government with arguments for related investments as well as fulfilment of strategic goals. TBMS with AQ ITS stations network can also provide the city with approximate values of traffic based air pollution and derive the achievable targets for a specific area.

It is fully up to a city government to create its own air quality policy scenarios based on the air quality scenarios regarding local feasibility of the actions. The city government itself should specify the time limit, e.g. 1 hour/day of continuously overstepped threshold value, to trigger an action for real time values and real time actions.

7. Summary

New technologies enable cities to define and then trigger various air quality measures and actions when the air quality values defined by the city are breached. The politicians are given arguments (hard data based on long term continuous monitoring) to public consultations and initiate public debate on traffic control measures that could be functional but unpopular. Using technologies enable to launch a serious debate on air quality in European cities and discussion various measures and actions to be taken at a particular street.

References

[1] Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe OJ 2008 L152/1.
In December 2013 the European Commission proposed a package of proposals relating to air pollution, which included a revised National Emission Ceilings Directive (COM (2013) 920).

[2] *http://www.parkeren-amsterdam.com/parkeerzones*

[3] SOLEZ, Interreg Central Europe,
Smart Solutions supporting Low Emission Zones and other low-carbon mobility policies in EU cities,
http://www.interreg-central.eu/Content.Node/SOLEZ.html

[4] SmartNet, Czech Republic national R&D project on technologies to measure impact of traffic on urban areas, air quality sensors testing, 2017.

[5] Alan Andrews,
project Clean Air co-financed by EU Life+, Clear Air handbook, A practical guide to EU air quality law, 2015.
https://www.clientearth.org/reports/20140515-clientearth-air-pollution-clean-air-handbook.pdf

Authors

DAVID BÁRTA CityOne Ltd., former employee of Transport Research Centre (CDV, *www.cdv.cz*), IoT systems designer (e.g. Parking system for SKODA AUTO factory, 2017–2018), chief editor and publisher of CITY:ONE magazine *(cityone.cz)* and organizer of Smart Cities Fair URBIS in Brno, CZ (smartcityfair.cz). He is a Czech Republic representative in Urban ITS working group, CEN/TC 278/WG 17. He is the author of Smart Cities methodology for the Czech Ministry of regional development applying it in smart projects for various Czech or Slovak cities. TBMS, described in this paper, is a matter of the planned larger project in the city of Brno under name INTESMOG (2018–2020).

MGR. ROMAN LIČBINSKÝ is with Transport Research Centre (CDV). Professional interest in evaluation of influence of pollutants emitted from transport on the environment and human health, risk analysis and assessment, health risk assessment. Specialist on particulate matter air pollution including sampling, morphology observations (SEM), element content determination (EDX, ICP QQQ MS). Responsible representative of Transport research centre for authorized activities exercise (air quality measurements). Manager of accredited laboratory.

JIŘÍ HUZLÍK is with Transport Research Centre (CDV), expert in chemical analysis of environmental samples by gas chromatography, traffic emissions influence on the environment, management of hazardous chemical substances and preparations, metrology management within the institution, processing uncertainty calculations for the accredited laboratory. He uses the software ADSTAT-QC.Expert, NCSS, STATISTICA, OPSTAT and R for statistical calculations and special programs (Winchrom, GCMSSolution, Mass Hunter etc.) for instrumental analysis control.

A conceptual model and proposed solution for analyzing Information Quality for Critical Infrastructures

MOHAMAD GHARIB, PAOLO LOLLINI, ANDREA BONDAVALLI
University of Florence, Italy
mohamad.gharib@unifi.it

Keywords: Critical Infrastructures, System-of-Systems, Information Quality

Our society heavily depends on various interdependent Critical Infrastructures (CIs), where their disruptions may result in significant consequences for the society as a whole. Therefore, their dependability is a main concern to both governments and citizens. Information plays a key role in the coordination, cooperation, and collaboration of interdependent activities of CIs. In this context, such information should be of proper quality in order to guarantee a proper interdependency among CIs. As an increasing number of researchers are dealing with CIs as a System of Systems (SoS), we adopt our conceptual model for analyzing Information Quality (IQ) for SoS and apply it to the case CIs. We illustrate the applicability of the model for analyzing IQ for CIs by applying it to a realistic example concerning a cooperative road infrastructure system for driver overtaking assistance.

1. Introduction

Nowadays, our society depends heavily on various infrastructures such as electricity grids, telecommunications, oil and gas pipelines, transportation, banking and finance, emergency and government services, agriculture systems etc. [1,2]. Some of these infrastructures such as transportation, electrical distribution, water supply, and telecommunications systems provide essential services to our society, therefore and due to their importance they are often characterized as Critical Infrastructures (CIs) [2]. More specifically, CIs are those systems that are so vital to citizens and economy, where their disruptions may result in significant consequences for the society as a whole [2]. For example, the transportation infrastructure is of crucial importance for any country, where the majority of the population depends on its facilities on a daily basis [3].

The proper functioning (dependability) of CIs is always a main concern to both governments and citizens. The importance of CI dependability has been highlighted by many researchers [4], and it has also emerged out by several events (e.g., Galaxy 4 failure [1], Hurricane Sandy [5]). However, current CIs do not operate in isolation [4], they are highly interconnected and interdependent in complex ways [1,4], where such interdependencies can be physical, cyber, geographical, or even logical [1]. This makes maintaining their dependability even harder since a failure in one CI may propagate to other CIs [1], and potentially resulting in cascading effects that impact all aspects of society [4,5]. Recent disasters, such as the Fukushima earthquake and the Hurricane Sandy, have demonstrated the significant consequences of CIs failure [5].

Information plays a key role in the coordination, cooperation, and collaboration of the interdependent activities of CIs. Therefore, such information should be of proper quality in order to guarantee a proper interdependency among CIs [2]. On the other hand, increasing number of researchers are refereeing to CIs as a System of systems (SoS), whose function depends on the performance of individual complex systems [1,6]. The role of information in integrating the systems of SoS has been discussed by several researchers (e.g., [7]), but they did not consider the quality of such information. This leaves the system open to depending on inaccurate, incomplete, inconsistent, invalid, untrustworthy information, which may result in undesirable outcome or it may even lead an overall SoS failure [8]. To this end, we adopt our conceptual model for analyzing Information Quality (IQ) for SoS, and we illustrate its applicability for analyzing IQ for CIs.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 describes a motivating example. In Section 3 we discuss our conceptual model for analyzing IQ for SoS, and we illustrate its applicability for analyzing IQ for CIs in Section 4. Finally, we conclude in Section 5.

2. Motivating example: cooperative driver overtaking assistance

Our example concerns a cooperative road infrastructure system that aims at supporting drivers while overtaking on two-lane roads. Overtaking on two-lane roads is a difficult driving task, and relatively high number of traffic fatalities (35-50%) are directly related to passing/overtaking maneuvers [9]. Therefore, a system that is able to assist drivers to avoid takeover-related accidents is required. However, it is not easy to design such complex system with stand-alone solutions [10]. Thus, a cooperative road infrastructure system is required,

where road surface based units, vehicles, and other road infrastructure cooperate to solve this problem [10]. The proposed system is based on existing literature [9,10], and its main components can be classified under:

- Road Marking Units (RMUs) are integrated into road infrastructure, and they collect and disseminate information that assists drivers to avoid takeover-related accidents.
- Drivers/vehicles aim to reach their destinations safely, which implies avoiding takeover-related accidents.

While for communication channels in the system, we differentiate between two types:

1. Direct channels:
   - *RMUs-to-RMUs* (Infrastructure-to-Infrastructure/I2I): allows RMUs to communicate with one another to exchange information.
   - *RMUs-to-Vehicle* (Infrastructure-to-Vehicle/I2V): allows RMUs to communicate with vehicles.
2. Indirect channels (stigmergic channels [8]):
   - *Vehicle-to-Vehicle*/V2V: allows vehicles/drivers to collect (sense) information (e.g., location, direction etc.) about other vehicles.
   - *Vehicle-to-RMUs*/V2I: allows RMUs to collect information about passing vehicles.

Figure 1 shows a partial diagram of the system in terms of its main components along with their direct and indirect communication channels.

3. A conceptual model for analyzing Information Quality for System of Systems

IQ refers to how well information meets the requirements of its consumers, which can be analyzed through various IQ dimensions [11]. Several models for analyzing IQ based on its different dimensions have been proposed in the literature (e.g., [11,12]). However, none of them consider information that is exchanged through stigmergic channels, which make them inappropriate for analyzing IQ for SoS. To tackle this problem, we have proposed a conceptual model specialized for analyzing IQ for SoSs in terms of four core IQ dimensions [8], namely accuracy, completeness, timeliness and consistency. In this model, the real world is made up of *things*, where each *thing* has a *state* that has a set of *state variables*. *Things* can be represented in Information System (IS) by *information objects,* and each *of them* has a set of *produced information.* A couple of a *state variable* and a *produced information* that represent it are called a corresponding couple, and the value of each *produced information* should reflect the value of its corresponding *state variables*.

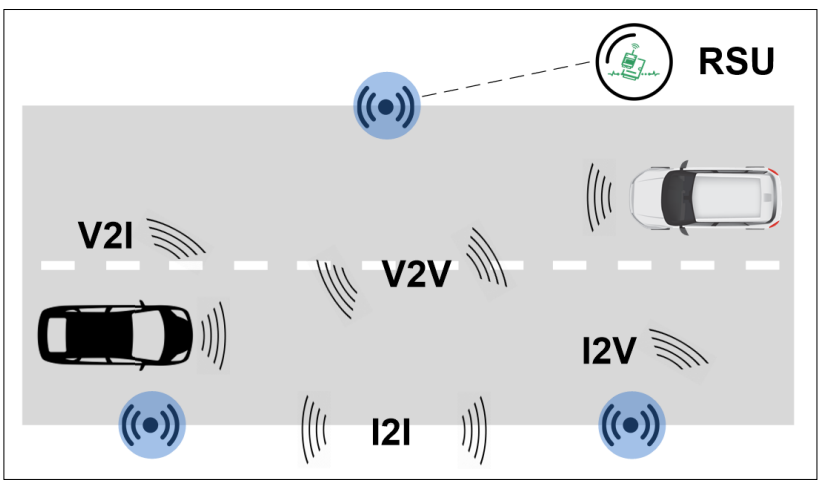
A SoS integrates a number of *Constituent Systems (CSs)*, which can be either *intentional* or *unintentional CSs*. A *CS* can *produce information (produced information)* by *acquiring* its *value* from its corresponding *state variable*. While *Intentional CSs* can *create* information *(created information)*. A *CS* can *send/receive messages* that *contain information* by *relying* on *message interface, which transmits* messages depending on a *channel*. Moreover, a *CS* can *perform activities* that can be either *Intentional or Unintentional communicative activity,* where the first are performed with the intention of changing a *state* of a *thing* to convey a *message*, and the last are not performed to communicate any information.

In this model, we analyzed the *accuracy of produced information* by comparing its *value* with the *value* of its corresponding *state variable.* While the *accuracy of created information* is analyzed based on the trustworthiness of its (i) source (*trusted,* distrusted, or *unclassified CSs*), (ii) the type of activity that produces such information (*legitimate, suspicious,* or *malicious*), and (iii) information content (*safe, potentially harmful,* or *harmful*).

Moreover, we analyzed the *completeness* of *information* depending on: 1. *Value completeness,* information is value *complete* if it has been transmitted through an integrity-preserving channel, otherwise it might not be. 2. *Purpose of use completeness,* information item should have all its parts for performing a specific activity. This analysis can be performed depending on three concepts, namely *part_of, purpose of use* and *relevant_to*.

For analyzing the *timeliness of produced information,* we compare its *volatility* with the *real volatility* of its corresponding *state variable,* and information is valid if they are close enough, and otherwise, it is out-dated. While *created information timeliness* is analyzed by comparing its *use-time* with its *validity time,* if its *use-time* is less than its *validity time,* information is valid, otherwise, it is not. Finally, we analyzed *information consistency* depending on several concepts such as *interdependent activities* that are *activities* belong to the same *activity type,* and per-

Figure 1.
A partial diagram of the cooperative assistance system



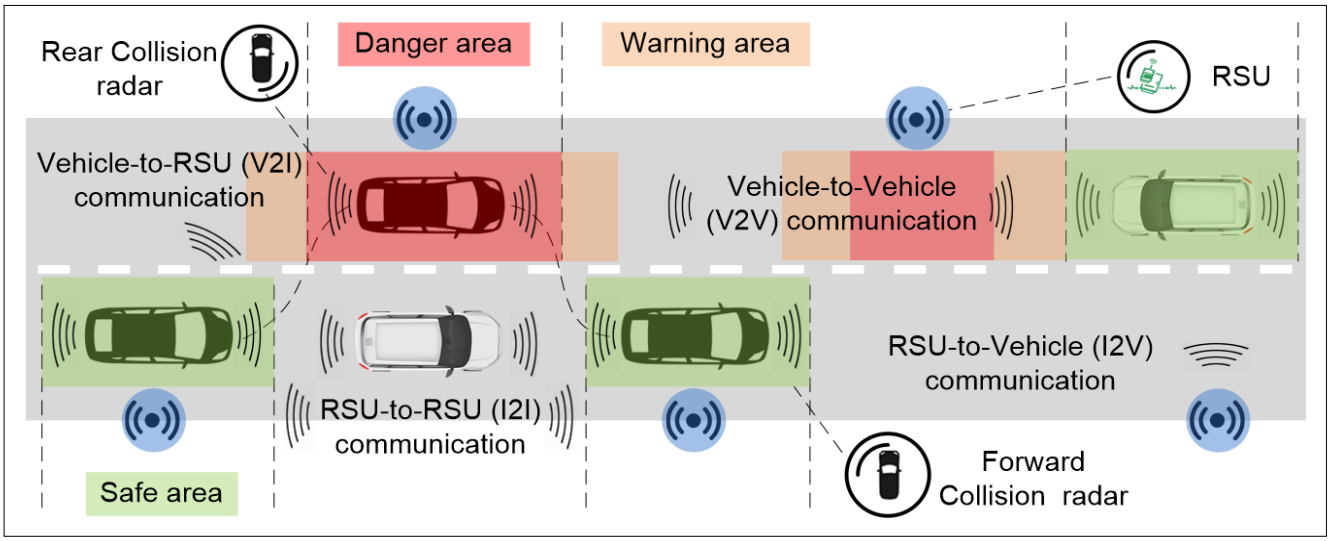


Figure 2. A partial diagram of the cooperative overtaking assistance system with the critical zones

formed in the same *Sphere of Action (SoA),* which is a partial part of the domain. While CSs who are performing *interdependent activities* are called *interdependent CSs,* and inconsistency result from providing/updating information used by *interdependent CSs* with different delay time/update rate.

4. Illustrating the applicability of our model for analyzing IQ for CIs

In this section, we illustrate the applicability of our conceptual model for analyzing IQ for CIs. According to Birk et al. [10], overtaking in two-lane roads consists of four main phases: (i) the driver estimates the possibility of safely overtaking a lead vehicle, (ii) the driver initiates the overtaking, (iii) the driver passes the lead vehicle in the opposite lane, and (iv) the overtaking is completed by changing the lane back into the original lane of the vehicle. Taking these four phases of an overtake in mind, vehicles can be in one of three main areas: (i) safe area (green), the vehicle is safe with respect to any danger that might result from an overtake; (ii) warning area (orange), the vehicle can be in danger due to an overtake in process; and (iii) danger area (red), the vehicle can be in an imminent danger due to an overtake in process. *Figure 2* shows a partial diagram of the system along with the different critical zones.

Now let us consider for example a driver named Paolo, who is driving on two-lane road and aims to reach his destination safely. In order to „avoid takeover-related collision", Paolo needs to depend on takeover-related information, which can be obtained either from nearby RMUs[1] *(a trusted source)* or other vehicles *(untrusted source since they may* disseminate false information [8]) using the same route. In this context, Paolo needs to depend on RMUs for acquiring *accurate* takeover-related information, since RMUs are classified as *trusted CSs* for such information, the activities that produce such information is *legitimate,* and the information content is *safe*.

On the other hand, in order to provide complete *takeover-related* information, RMUs need to depend on adjacent RMUs for information about incoming vehicles on the same lane, and on nearby RMUs that is located on the other side of the road. More specifically, such information is *relevant_to* the *purpose* of Paolo's *activity* (e.g., „avoid takeover-related collision"). Therefore, both of them are considered as sub-parts *(part_of)* of the *takeover-related* information, i.e., if any of them were not made available to Paolo, the *takeover-related* information will be considered incomplete for the *purpose of use.*

In order to avoid depending on *invalid* (out-dated) information, information should be updated with respect to the position and speed of the car, i.e., the driver should be notified within a period that enables him/her to take the right action to avoid an imminent accident. In other words, RMUs need to update the *value* of the *takeover-related* information among each other along with passing vehicles taking into consideration the *volatility* of the *value* of its corresponding *state variables,* i.e., the position and speed of subject vehicles. Note that different areas (green, orange, or red) have different timeliness updating requirements depending on their criticality.

Finally, to guarantee that vehicles will coordinate their activities appropriately in the subject area (e.g., takeover), they need to depend on consistent information. For example, when Paolo (or another driver of the opposite lane) starts initiating a takeover, RMUs should start notifying all vehicles trying to "avoid takeover-related collision" (interdependent activities) in the subject area (SoA), and this information should be consistent among all of these vehicles (interdependent CSs) in order to avoid a possible collision.

1 *Note that RMUs depends also on both electrical and communication infrastructures, but to simplify the scenario we will mainly focus on the different interdependencies among RMUs and vehicles.*

5. Summary

In this paper, we advocated that IQ plays a key role in the performance of interdependent CIs. Moreover, we presented a conceptual model for analyzing IQ for SoS in terms of the four core IQ dimensions, and we illustrated its applicability for analyzing IQ for CIs by applying it to a realistic example, namely cooperative road infrastructure system for driver overtaking assistance.

Acknowledgment

This work has been partially supported by
the "Schema concettuale, metodologia e sua applicazione per la costruzione di Sistemi di Sistemi (Systems of Systems) cyber-fisici, self-aware e semi-autonomi" project,
and by the PIRSES-GA-2013-612569 DEVASSES project.

Authors

MOHAMAD GHARIB is a postdoctoral researcher under the supervision of Prof. Andrea Bondavalli at the University of Florence. Previously he was a postdoctoral researcher under the supervision of Prof. John Mylopoulos at the Department of Information Engineering and Computer Science, University of Trento, Italy, where he obtained his PhD degree in April 2015, under the supervision of Prof. Paolo Giorgini. His PhD work mainly focused on modeling and reasoning about Information Quality requirements for Socio-technical Systems (STS). His current research interests focus mainly on the modeling and analysis of Cyber-Physical System of Systems (CPSoS), with special emphasis on three main areas: 1. Information Quality, 2. Functional Safety Requirements and 3. Privacy Requirements.

PAOLO LOLLINI received the PhD degree in computer science from the University of Florence, Italy, in 2005. Since 2006, he worked as research associate at the same University, and he is currently an Assistant Professor at the Mathematics and Computer Science Dept. He has been continuously participating in European and National funded projects since 2002 up to present, including the recently concluded projects ICT-FP7-610535 AMADEOS, ARTEMIS-JU-333053 CONCERTO and PRIN-20103P34XC TENACE (National), and he is currently participating to the PIRSES-GA-2013-612569 DEVASSES project. He was a member of the program committee of important conferences in the area of dependable systems, including DSN, HASE, LADC, SRDS and currently EDCC. His current research interests include the stochastic modeling and evaluation of performability and resiliency attributes of large-scale critical infrastructures and systems of systems, with reference to a variety of application fields including railway, mobile telecommunications, and electric power systems.

ANDREA BONDAVALLI is a Professor of Computer Science at the University of Firenze. Previously he has been a researcher and a senior researcher of the Italian National Research Council, working at the CNUCE Institute in Pisa. His research activity is focused on Dependability and Resilience of critical systems and infrastructures. In particular, he has been working on safety, security, fault tolerance, evaluation of attributes such as reliability, availability and performability. His scientific activities have originated more than 220 papers appeared in international journals and conferences. Andrea Bondavalli led various national and European projects and participates in (and has been chairing) the program committee in several international conferences in the field. He is the chair of the Steering Committees of IEEE SRDS and a member of the editorial board of the International Journal of Critical Computer-Based Systems. Andrea Bondavalli is a member of the IEEE, the IFIP W.G. 10.4 Working Group on "Dependable Computing and Fault-Tolerance".

References

[1] C. DeMarco, T. K. Kelly, J. P. Peerenboom, M. Amin, M. Ilic, and F. Alvarado, "Critical infrastructure interdependencies (PANEL)", IEEE Winter Meet. Columbus, OH, 2001.

[2] B. Genge, I. Kiss, P. Haller, and C. Siaterlis, "Generating high quality data for the protection of modern critical infrastructures", 4th International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS), 2016, pp.53–58.

[3] M. Gharib, P. Lollini, A. Ceccarelli, and A. Bondavalli, "Dealing with Functional Safety Requirements for Automotive Systems: A Cyber-Physical-Social Approach", 12th International Conference on Critical Information Infrastructures Security (CRITIS), 2017.

[4] P. F. Katina and C. A. Pinto, "On critical infrastructure interdependency", Annu. Int. Conf. Am. Soc. Eng. Manag. (ASEM 2012), Agil. Manag. Embrac. Chang. Uncertain. Eng. Manag., October 2012, pp.29–38.

[5] A. Laugé, J. Hernantes, and J. M. Sarriegi, "Critical infrastructure dependencies: A holistic, dynamic and quantitative approach", Int. J. Crit. Infrastruct. Prot., 2015, Vol.8, pp.16–23.

[6] J. Jovel and R. Jain, "Impact of Identified Causal Factors to 'System of Systems' Integration Complexity from a Defense Industry Perspective", Glob. J. Flex. Syst. Manag., 2009, Vol.10, no.4, pp.45–54.

[7] M. W. Maier, "Architecting Principles for Systems-of-Systems", INCOSE Int. Symp., July 1996, Vol.6, no.1, pp.565–573.

[8] M. Gharib, P. Lollini, and A. Bondavalli, "A conceptual model for analyzing information quality in System-of-Systems", 12th System of Systems Engineering Conference, SoSE 2017, 2017, pp.1–6.

[9] G. Hegeman, R. Van Der Horst, K. A. Brookhuis, and S. P. Hoogendoorn, "Functioning and acceptance of overtaking assistant design tested in driving simulator experiment", Transp. Res. Rec., Dec. 2007, No.2018, pp.45–52.

[10] W. Birk, E. Osipov, and J. Eliasson, "iRoad-Cooperative Road Infrastructure Systems for Driver Support", Proc. 16th ITS World, 2009.

[11] M. Gharib and P. Giorgini, "Dealing with Information Quality Requirements", in International Conference on Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling, 2015, pp.379–394.

[12] M. Gharib and P. Giorgini, "Modeling and Reasoning About Information Quality Requirements", in Requir. Engineering: Foundation for Software Quality, 2015, Vol.9013, pp.49–64.

Betekintés a komplex hálózatok világába

VARGA IMRE
Debreceni Egyetem, Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tanszék
varga.imre@inf.unideb.hu

Kulcsszavak: komplex hálózat, skálafüggetlen hálózat, kisvilág hálózat, terjedési folyamatok

A hálózatok, melyek a dolgok egymáshoz való viszonyait írják le, egyaránt megjelennek természeti- és társadalmi környezetünkben, mindenhol körülvéve bennünket. A valós hálózatok legtöbb esetben nem jellemezhetőek szabályos szerkezetű gráfokkal, de nem is tisztán véletlenszerű a felépítésük. Belső szerkezetük, mely speciális tulajdonságokkal bír, alapvető szerepet játszik számos folyamatban, jelenségben. Ezek megismerése, megértése nagyon fontos, nemcsak a hálózattudománnyal foglalkozók számára. Ez az összefoglaló jellegű cikk ebbe a világba szeretne rövid betekintést adni, bemutatva az eddig elért főbb eredményeket és a vizsgálatok során alkalmazott legtipikusabb módszereket.

1. Bevezetés

A Leonard Euler által a Königsbergi hidakról 282 éve írt cikk óta a gráfelmélet jelentős fejlődésen ment át és a matematika egyik önálló ágává nőtte ki magát. Segítségével egyre összetettebb szerkezeteket tudunk leírni. Fontos lehet tisztázni azonban, hogy egy bonyolult gráf általában nem az, amit ma komplex hálózat alatt értünk. Ahhoz, hogy megértsük mit is jelent a komplex hálózat fogalom, először talán érdemes megnézni, mi nem az.

Az Árpád-házi uralkodók családfája egy olyan gráf, ahol a csomópontok személyek és a köztük lévő élek a szülő-gyermek kapcsolatot írnak le. Tehát egy néhány tíz csomópontból álló irányított gráfról beszélünk. A hierarchikus szerkezet (fa) ugyan nem írható le egy egyszerű szabály segítségével, azonban mégsem nevezhető összetettnek: a bemenő élek száma konstans, a kimenő éleké erősen korlátos, a csomópontok teljes száma pedig alacsony. Könnyen belátható, hogy ez nem lehet komplex hálózat.

A grafitkristályban a szénatomok síkokat, rétegeket alkotnak, amelyen belül egy rácsszerkezetet figyelhetünk meg. Az atomok egy hatszöges felépítésű méhsejtrács csúcspontjaiban találhatóak. Egy ilyen rácsszerkezet könnyen leírható egy irányítatlan, súlyozatlan, hurokmentes, többszörös élektől mentes gráfként. Habár a csomópontok száma óriási, a szabályos szerkezet könnyen kezelhetővé teszi a rendszert.

A kis csomópontszámú vagy a szabályos szerkezetű gráfok nem tartoznak a komplex hálózatok közzé. A teljesen véletlen szerkezetű gráfokat sem tartja a szakma ebbe a csoportba. Melyek hát a komplex hálózatok? Milyen sajátosságaik vannak? Hogyan lehet őket tanulmányozni? Ehhez szeretnék egy kis betekintést adni a cikkben. A következő szakaszban először bemutatom a komplex hálózatok általános ismérveit, majd a vizsgálataik során szerzett legfontosabb tapasztalatokat és említést teszek olyan folyamatokról, amelyekben részt vesznek. A harmadik szakaszban az ilyen rendszerek vizsgálatai során alkalmazott technikák, módszerek kerülnek bemutatásra, röviden példákkal is szemléltetve. Végül a cikk egy összegző szakasszal zárul.

2. Komplex hálózatok

Az elmúlt két évtizedben a környezetünkben megfigyelhető valós hálózatok többségéről kiderült, hogy jelentősen eltérnek a bevezetésben bemutatott példáktól. Bár egységes definíció azóta sem született, a komplex hálózatok a következő jellemzők együttes jelenléte segítségével ismerhetőek fel. Minden ilyen rendszer nagyméretű, azaz sok csomópontot tartalmaz és köztük rengeteg él írja le ezen elemek kapcsolatait. A hálózat szerkezete nem szabályos, de nem is teljesen véletlenszerű. A rendszerben nincs központi irányítás, általában bizonyos szintű önszerveződés figyelhető meg. A hálózatot leíró számos mennyiség eloszlása rendszerint hatványfüggvény-szerinti lecsengéssel írható le matematikailag. Az ilyen rendszerek tanulmányozása egy új diszciplína, a hálózattudomány megszületéséhez vezetett [1].

A következő szakaszban bemutatásra kerül néhány példa ezekre a rendszerekre, kiemelve néhány fontos tulajdonságot és jelentősebb eredményt.

2.1. Tulajdonságok, eredmények, modellezés

A tudományos és a hétköznapi élet számos területén találtak a kutatók komplex hálózatokat. A teljesség igénye nélkül álljon itt most egy, a változatos világot bemutató rövid felsorolás a leggyakrabban vizsgált komplex hálózatokról [1,2]:

- Az anyagcsere-folyamatokban részt vevő fehérjék kölcsönhatási hálózata
- Az agy idegsejtjeinek kapcsolódási hálózata
- Repülőterek hálózata
- (Online) közösségi hálók

- Kutatók együttműködési/hivatkozási hálózata
- Az Internet AS szintű routerhálózata
- A weblapok hálózata

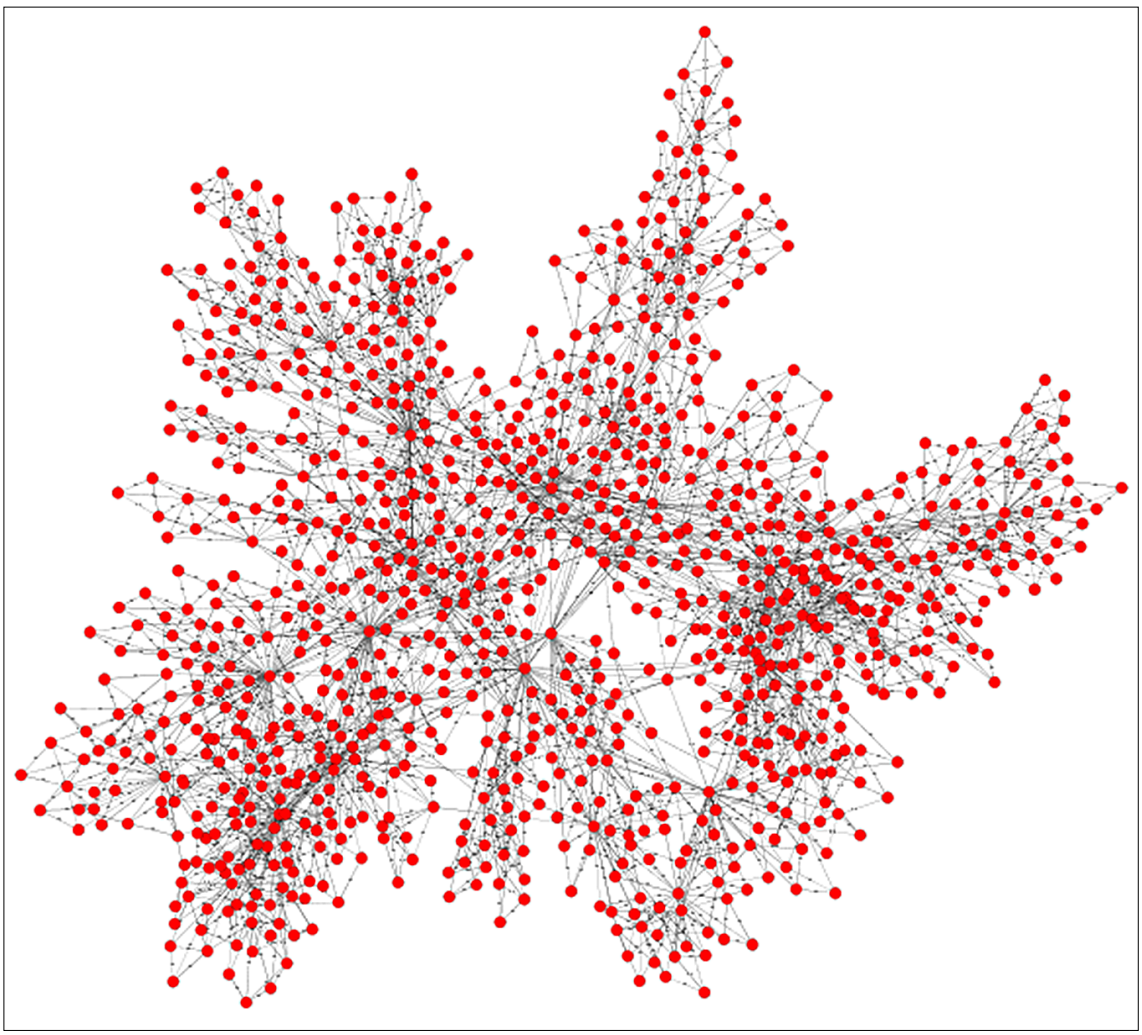
A vizsgálatok kiderítették, hogy ezeknek a rendszereknek az egyik legfontosabb közös tulajdonsága – a több ezer vagy millió csomópont mellett – az úgynevezett kisvilág-tulajdonság. Egy hagyományos hálózatban a tetszőleges csomópontpárok közötti legrövidebb útvonal átlagos hossza gyorsan nő a rendszer méretének növelésével. Ezzel szemben a fent említett rendszerek esetén az átlagos legrövidebb úthossz és a csomópontszám között logaritmikus kapcsolat áll fenn. Ez más szóval azt jelenti, hogy bármely csomópontból bármely másik csomópontba eljuthatunk mindössze néhány köztes csomópontot érintő él-sorozat mentén, tehát a távolságok kicsik a rendszerméretehez képest.

Egy másik fontos közös jellemvonás a csomópontokhoz kapcsolódó élek számának (azaz a fokszámnak) eloszlásával kapcsolatos. A megfigyelt lecsengő hatványfüggvényt követő eloszlások azt jelentik, hogy az ilyen rendszerekben a csomópontok többsége csak kevés másik csomóponthoz kötődik élek segítségével, azonban van néhány olyan eleme is a hálózatnak (ún. „hub”-ok), amelyek óriási számú kapcsolattal rendelkeznek. Ez egyben azt is jelenti, hogy az átlagos fokszámmal nem tudjuk jól leírni a rendszert, mert az eloszlás maximuma messze van az átlagtól. Ez a viselkedés nem függ a rendszer méretétől, ezért az ilyen gráfokat skálafüggetlen hálózatoknak nevezzük.

A legtöbb komplex hálózatban léteznek kis, sűrűn összekötött részhálózatok (közösségek), amelyeket csak kevés kapcsolat köt más közösségekhez, főként a hubok révén. Ennek a tulajdonságnak egyfajta jellemzésére bevezethetjük az átlagos klaszterezettségi együtthatót, amely azt mutatja meg, hogy milyen valószínűséggel fordul elő a csomópontok között a „barátom barátja az én barátom is” effektus.

Egy valós rendszer leírásához, megértéséhez, legfőbb jellemzőinek megragadásához a tudományban rendszerint modelleket hozunk létre. Minél jobban hasonlít a modell a valósághoz, annál pontosabb a leírás, annál jobban rátapintottunk a lényegre. A hálózattudományban az elmúlt időszakban számos modell született a komplex rendszerek leírására. Ezek közül csak két kiemelkedően fontos munka kerül itt megemlítésre.

Az egyiket *Duncan J. Watts és Steven Strogatz* alkotta meg [3]. Egy szabályos hálózatból kiindulva az élek bizonyos százalékának véletlenszerűen másik csomópontokra történő átkötése (újradrótozása) révén egy klaszterezett kisvilág-tulajdonsággal bíró hálózatot kaphatunk. A modell egyik szépsége, hogy az újradrótozás valószínűségének állításával két speciális esetet is



1. ábra Számítógéppel generált, klaszterezett, skálafüggetlen hálózat, amely az online szociális kapcsolati hálókat írja le kellő pontossággal [5].

kaphatunk – egyrészt egy szabályos hálózatot, másrészt egy teljesen véletlen hálózatot –, valamint folytonos átmenetként jelennek meg köztük a valósághű komplex hálózatok.

A másik, hihetetlen tudományos jelentőséggel bíró modellt két magyar, *Barabási Albert-László és Albert Réka* dolgozta ki [1,4]. A modell két alappilléren nyugszik. Az egyik a növekedés, amely azt jelenti, hogy a hálózat előállítása egy kisméretű gráffal kezdődik, majd ehhez lépésről lépésre újabb csomópontokat adunk, hozzákapcsolva őket már létező csomópontokhoz. A másik pillér az úgynevezett preferenciális kapcsolódás, ami azt fejezi ki, hogy a növekedés során egy új csomópont nagyobb valószínűséggel kapcsolódik azokhoz a csomópontokhoz, akik már eleve több kapcsolattal bírnak. Ezáltal egyes elemek hatalmas mennyiségű kapcsolatot halmoznak fel, míg a többség „kapcsolatszegény" marad. Bebizonyítható, hogy a csomópontok fokszámeloszlása hatványfüggvényt követ. Tehát a modell segítségével kisvilág-tulajdonságú skálafüggetlen hálózatok állíthatóak elő, amelyek hasonlóak a valós hálózatokhoz.

2.2. Hálózatokon lejátszódó folyamatok

Egy rendszer, amelyben az elemek kapcsolati viszonyai egy hálózattal írhatóak le, nem kell, hogy statikus legyen. A kapcsolat (vagyis az él) egyfajta kölcsönhatást írhat le a csomópontok között. Ezek révén a hálózat csomópontjai hathatnak egymásra, befolyásolhatják egymás állapotait, ezáltal dinamikus változásokat idézve elő a rendszerben. Emellett maguk a kapcsolati viszonyok is változhatnak idővel, elemek kapcsolata megszűnhet, mások között új élek jelenhetnek meg. Tehát egy hálózat nem szükségképpen időfüggetlen, különböző folyamatok színtere lehet.

A terjedési folyamatok mindig is a hálózattudomány fókuszában voltak [1,2,7]. Az egyedek, vagyis a csomópontok között a kapcsolatok révén különböző dolgok terjedhetnek. Ezek közül az egyik legintenzívebben vizsgált terület a járványterjedés, amely során azt vizsgáljuk, hogyan változik a személyek állapota (fogékony, fertőzött, immunis stb.) a kontaktusaik során átadott kórokozók által. Például olyan kérdésekre kereshetjük a választ, hogy milyen körülmények között válhat egy helyi fertőzéssorozat átfogó járvánnyá.

Egy másik tipikus példa a tovaterjedő meghibásodás (cascading failure) jelensége. Technológiai hálózatokban (pl. elektromos rendszerben) előfordulhat, hogy egy eszköz a meghibásodása vagy túlterhelése miatt kiesik a hálózatból, ez viszont azt eredményezi, hogy az eddig rá eső terhelés szétoszlik a közvetlen környezetében. Ez viszont többletterhet ró a szomszédos eszközökre, amelyek így szintén összeomolva további terhelést okoznak másoknak, és így tovább, végül az egész rendszer összeomolhat. Egy ilyen folyamat okozott 2012-ben Indiában 300 millió embert érintő áramszünetet. Ebből is látszik, hogy a hálózatokban lejátszódó folyamatok vizsgálata mennyire fontos.

3. Vizsgálati módszerek

A komplex hálózatok és a bennük megfigyelhető folyamatok tanulmányozására számtalan eszközt és módszert alkalmaz a tudomány. Ebben a szakaszban ezek közül négy kerül rövid bemutatásra, olyan kutatásokon keresztül, amelyeket a közelmúltban magyar kutatók végeztek.

3.1. Analitikus leírás

Egy ismert modell, amely leírja egy rendszer viselkedését, egyes esetekben arra is lehetőséget ad, hogy analitikus úton, mondjuk a valószínűségszámítás elméletében használt eszközök révén levezessünk vagy bebizonyítsunk egy, a rendszerre vonatkozó állítást, esetleg várható értékekre adjunk meg formulákat.

Egy kutatás során *Fazekas István és kollégája* [6] egy véletlen gráf fejlődési mechanizmust vizsgált, melyben egy időben változó szerkezetű gráf úgy áll elő, hogy a növekedés és preferenciális kapcsolódás mellett kis létszámú csomópont csoportok egyfajta kölcsönhatása is szerepet játszik. Az így létrejövő gráfok egyes csomópontjellemzőinek eloszlásairól, ún. martingálok segítségével bebizonyították, hogy skálafüggetlen jelleget mutatnak.

3.2. Empirikus vizsgálat

Adatgyűjtéssel, megfigyeléssel különféle információkat szerezhetünk a körülöttünk lévő valós hálózatokról és azok viselkedéséről. Ezen adathalmazt aztán elemezhetjük és információt nyerhetünk ki ezek alapján az adott rendszerről.

Sok esetben egy terjedési folyamat vizsgálatához nem áll rendelkezésünkre információ az adott hálózat belső szerkezetéről. Ezt a problémát oldotta meg *Karsai Márton kutatótársaival* [7], amikor a fizetős Skype-szolgáltatások elterjedését szerették volna vizsgálni. A fizetős szolgáltatást csak az alap, ingyenes szolgáltatást használók vehetik igénybe, viszont ez egy olyan közösség, amelynek a szerkezete pontosan ismert a cég által az ügyfelek telefonkönyve alapján. A vizsgát eredményeként sikerült felállítaniuk egy innováció-terjedési modellt.

3.3. Egyed alapú modellezés

A diszkrét idejű számítógépes szimuláció során a rendszer egyedeit egy hálózat csomópontjára képezzük le. Ezek az egyedek különböző állapotokkal rendelkezhetnek, amely megváltozhat a szomszédos egyedek állapotaitól függő kölcsönhatások révén. Ezek a lehetséges állapotátmenetek adják a folyamatok dinamikáját. Felfoghatjuk ezt a sejtautomata-modellezés egyfajta általánosításaként is.

Kocsis Gergely és szerzőtársa [8] ilyen eszközökkel vizsgálta az információterjedést egy olyan társadalomban, ahol az egyedek a tömegtájékoztatás és az interperszonális kapcsolatok révén is információhoz juthattak. Azt vizsgálták, milyen hatása van a terjedésre, ha az egyedek inaktív állapotban is lehetnek, amikor tehát

nem vesznek részt az információcserében. Bebizonyították, hogy az inaktivitás valószínűségének növelése hatalmas mértékben lassítja a globálisan informálttá válás folyamatát.

3.4. Játékelméleti megközelítés

A hálózat csomópontjaiban elhelyezkedő egyedeket felfoghatjuk racionális döntéshozókként is, akik különböző stratégiákkal rendelkeznek, ami által próbálják maximalizálni a hasznukat. A játékosok döntéseiket a mások által alkalmazott stratégiák alapján hozzák meg. A rendszer időfejlődése során eljuthat egy úgynevezett Nash-egyensúlyi állapotba, ami a játék végét jelenti. Ez egy olyan állapot, amelyben egyik játékosnak sem éri meg egyoldalúan megváltoztatnia az alkalmazott stratégiáját.

Gulyás András és szerzőtársai [9] a komplex hálózatokban széleskörűen használt útvonalválasztási elv, az ún. mohó navigáció hatásait vizsgálták. Kimutatták, hogy hiperbolikus metrikus teret alkalmazva az útvonalválasztás során a játék eredményezhet kisvilág-topológiát.

4. Összefoglalás

Láthatjuk tehát, hogy a komplex jelző ezen a területen nem csak egyszerűen a bonyolult szinonimája, hiszen a komplex hálózatok egy elég sajátos jellemzőkkel bíró gráfok halmazának neve a hálózattudományban, mely hálózatok a valós környezetünkben igen nagy számban előfordulnak. Ez a széleskörűség és gyakoriság egyértelműen központi szerepet biztosít a komplex hálózatoknak, ami ennek az interdiszciplináris tudományterületnek a roppant gyors fejlődéséhez vezetett.

Újszerű látásmódot kapunk általa nemcsak a matematika vagy a fizika terén, hanem a mérnöki, informatikai, biológiai és szociológiai tudományok terén is. Az eredményeket felhasználva hatékonyabban tervezhetünk reklámkampányokat vagy intelligensebb közlekedési rendszereket hozhatunk létre.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta.
A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

A szerzőről

VARGA IMRE Hajdúböszörményben született 1979-ben. 2002-ben a Debreceni Egyetemen szerzett fizika-informatika tanári diplomát. PhD fokozatát fizikai tudományok terén 2008-ban, habilitációját informatikai tudományok területén 2017-ben szerezte, szintén a Debreceni Egyetemen. 2009-tól a Debreceni Egyetem Informatikai Karának adjunktusa, majd 2017-tól docense az Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tanszéken. Kutatásai során különböző komplex rendszerekben lejátszódó folyamatokat vizsgál (pl. dipoláris vékonyrétegek rendeződése, szemcsés szerkezetű anyagok törése, információterjedés komplex hálózatokon), főleg számítógépes szimulációk segítségével.

Hivatkozások

[1] Barabási A.-L.:
„A hálózatok tudománya”,
Libri Könyvkiadó, (2017).
[2] Newman M.:
“Networks – An introduction”,
New York, Oxford University Press, (2010).
[3] Watts, D. J., Strogatz, S. H.:
“Collective dynamics of ‘small-world’ networks”,
Nature 393, pp.440–442 (1998).
[4] Barabási, A.-L., Albert, R.:
“Emergence of scaling in random networks”,
Science 286, pp.509–512 (1999).
[5] Varga, I.:
“Scale-free network topologies with clustering similar to online social”,
Proc. of the International Conference SMSEC,
Springer Proceedings in Complexity, Springer,
pp.323–333 (2015).
[6] Fazekas, I., Porvázsnyik, B.:
“Scale-free property for degrees and weights in an N-interactions random graph model”,
Journal of Mathematical Sciences 214,
pp.69–82 (2016).
[7] Karsai, M., Iñiguez, G., Kikas, R., Kaski, K., Kertész, J.:
“Local cascades induced global contagion:
How heterogeneous thresholds, exogenous effects, and unconcerned behaviour govern online adoption”,
Scientific Reports 6, 27178 (2016).
[8] Kocsis, G., Varga, I.:
“Investigation of spreading phenomena on social networks”
Infocommunications Journal 6 (3),
pp.45–50 (2014).
[9] Gulyás, A., Kőrösi, A., Szabó, D., Biczók, G.:
“On greedy network formation”,
ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review 40,
pp.49–52 (2012).

Okos városok igazgatása

NEMESLAKI ANDRÁS
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Pénzügyek Tanszék
nemeslaki@finance.bme.hu

Kulcsszavak: technika-, társadalomelmélet, tanuló szervezet, városigazgatás, IKT, adatbiztonság

Az okos városok irányításával kapcsolatosan a technológiai kihívások mellett lényeges igazgatásszervezési és vezetési kihívások is jelentkeznek. A tanulmány célja ezeknek a kérdéseknek az elméleti beágyazása, majd három kiemelt terület áttekintése. Az első a technológia és társadalom tudományterület, kiemelten a giddensi strukturálódási elmélet jelentőségének bemutatása, és ennek okos városok szempontjából való pozicionálása. A második témakör az okos városok igazgatásának rendszerében a célorientált és folyamatorientált megközelítés összehasonlítása, illetve az igazgatási koncepciók transzformációs hatás szerinti szakaszainak elemzése. Hangsúlyozásra kerülnek a jogi, adatvédelmi és a magánszféra biztonságával kapcsolatos irányelvek is. A harmadikként az IKT befogadását legjobban támogató szervezési és vezetési modellek kerülnek górcső alá, valamint annak kiemelése, hogy Magyarországon ezen a területen szükséges a legnagyobb előrelépés.

1. Bevezetés

Az okos városok igazgatásának, illetve kormányzásának kérdései lényegében arra adnak választ, hogy például miben tér el vagy miben azonos az „okos város” koncepció az eddigi e-közigazgatási projektektől; illetve jelent-e más igazgatásszervezési feladatot az „okos kormányzás”, mint a városok hagyományos vezetése.

Az okos városok igazgatásával kapcsolatos kérdéskörnek három területét járjuk körbe; elsőként a technológia és társadalom viszonyának széleskörű értelmezését, másodikként a városok igazgatásának rendszerét, végül a szervezeti és vezetési képességek fejlesztésének fontosságát mutatjuk be.

2. Elméleti háttér: a társadalom és technológia együttesen konstruált viszonya

Sir Anthony Giddens, a szociológia tudományának egyik legjelentősebb modernkori alakja fogalmazta meg és dolgozta ki azt az elméleti koncepciót, amit a struktúra kialakulásának nevezett [1]. Ennek lényege az, hogy társadalmi rendszereink „struktúrának” definiálhatók úgy, hogy azok szabályok és erőforrások halmazai. Erőforrások például az állampolgárok, a gazdaság, a közjószágok vagy egyéb felhalmozott javaink; szabályaink pedig részben kulturális vagy viselkedési örökségeink, részben pedig ezek kódolt és írott formái, például törvényeink, eljárásaink vagy akár tanulási szokásaink.

Giddens amellett érvelt, hogy a rendszerek fejlődését azok a folyamatosan és állandó jelleggel újra alakuló kapcsolatok határozzák meg, amelyek társadalmunk szereplői és csoportjai között formálódnak, és amelyek mindennapjainkat meghatározó és elfogadott gyakorlatainkat meghatározzák. Mindennapi gyakorlatainkat pedig együttesen alakítják ki egyéni kezdeményezéseink, amelyek feszítőek, és szociális intézményeink, amelyek alapvetően korlátozóak. Tipikusan illusztrálja a társadalmi struktúra kialakulását például az új üzleti innovációk kezdeményező gyakorlata, amelyek számos esetben a jogi intézményeinket (adózási rendszerek, magánszféra biztonsága, adataink védelme stb.) feszegeti és állítja kihívások elé.

Giddens elmélete azért fontos az okos városok igazgatása szempontjából, mert az utóbbi években kialakult hálózati gazdaságban a technológia és a társadalmi rendszerek határai elmosódtak. Egyre kevésbé értelmezhetők a társadalmi és technológiai folyamatok egymástól elválasztva; az eszközökbe és tárgyakba beágyazódó számítástechnika, az IKT-szolgáltatásokkal együtt, a humán-technológiai kapcsolatokat is fluiddá és szétválaszthatatlanná teszi. A technológia és társadalom általánosan vett viszonyán túllépve, a városok esetében különös jelentősége van ennek a konstruktivista megközelítésnek.

Például a „polisz” koncepció [2], csakúgy, ahogy a görög városállamokra utaló jelentéstartalomnál, azt a jelentést hordozza, hogy egy társadalmi és politikai közösség estében, igen gyakran a stratégiai szándékok, a kapcsolatok építése és a befolyásgyakorlás egyáltalán nem racionális érdekek összessége. Deborah Stone ezért a „polisz” fogalmat a racionális piacelméleti döntéshozatali modellel szemben használja, utalva arra, hogy a közösségi érdek és politika fennhatósága pragmatikusan felülírja a piacelméleti racionalitást [2], amit igen gyakran tapasztalunk a városok vezetése esetében is. Az urbanizáció sebessége és mértéke miatt kormányzási szempontból egyre több szakpolitikai kihívással kell a városoknak megküzdenie, vagy, Giddens-szel élve, működő struktúrát kialakítania:

– a gazdasági fejlődés területén,
– a szegénység felszámolásában,
– a lakhatás megoldásában,
– az egészséges életmód biztosításában,
– a technológiai és társadalmi innováció serkentésében,
– a kockázatok menedzselésében,
– az infrastruktúra folyamatos működtetésében,
– a víz-és hulladékgazdálkodás hatékonyságának javításában,
– a változó munkaerőpiachoz való alkalmazkodásban,
– a fenntartható fejlődés biztosításában környezeti, de társadalmi vonatkozásban is.

A társadalom és technológia konstruktivista felfogásának szempontjából az okos városok igazgatása a társadalmi együttműködés új formájának kialakítását jelenti. Ennek során az IKT lehetőségeinek kihasználására, a folyamatos kísérletezésre, a kezdeményezések érvényre juttatására, illetve az ezzel kapcsolatos párbeszédek biztosítására célszerű törekednünk [3].

3. Az okos városok igazgatásának céljai és folyamata

A racionális szakpolitikai célokból kiindulva, illetve azoknak a nemzetközi és hazai fórumoknak az eredményeit felhasználva, ahol az okos városokkal kapcsolatos igazgatási kérdéseket tárgyalták, két fontos területét azonosíthatjuk az „okos” technológiáknak a vezetésre gyakorolt gondolkodásban; a kimeneti és a folyamat-közelítéseket.

3.1. Kimeneti és folyamat-célok

Az első – és koncepcionálisan egyszerűbb – az úgynevezett kimenet-orientált célokra való fókuszálás, ezeknek az előtérbe helyezése. Ilyen kimenet-orientált célok például a város lakóinak jólétének növelése, mondjuk olyan megfigyelési rendszerek telepítésével, amelyek a biztonságérzetüket növeli. Ide sorolhatjuk a hatékonyság növelésével kapcsolatos vezetői célokat, melyek tipikus területe a város energiagazdálkodásának javítása vagy a közösségi közlekedés optimalizálása a járatkihasználás szempontjából. Sok város esetében kiemelt cél a fenntarthatóság a zöld területek növelésével, a károsanyag-kibocsájtás csökkentésével vagy a gépjárművek mozgásának, parkolásának megkönnyítésével. Amennyiben a kimeneti célokra való fókuszon nem lép túl a város vezetése, lényegében a „smart technológiák” felfogásában a hagyományos e-közigazgatási felfogás fog érvényesülni, és nagy valószínűséggel az azokkal kapcsolatos általános IKT-befogadási problémák fognak jelentkezni.

Ennek leküzdésére célszerű az okos városok igazgatásának másik területére – magának a kormányzás folyamatának és működésének átalakítására – fókuszálni. Ezzel kapcsolatosan ki kell emeljük:
– a folyamatos tanulás és képzés jelentőségét,
– a kísérletezés, tesztelés, az új megoldások kipróbálásának bátorítását,
– a különböző szervezetek közötti együttműködés, párbeszéd és kooperáció erősítését,
– az állampolgári, városlakói, egyéni részvételi kezdeményezések ösztönzését.

Ez utóbbira a participatív (társadalmi részvételen alapuló) kormányzásra az USA-ban már most is jó példák vannak [4]. Például van egy kormányzati programjuk (Code for America), amelyben informatikai szakemberek önként fejlesztenek applikációkat a kabinet számára. Bostonban az egyik legnépszerűbb ilyen alkalmazás a városban található tűzcsapokat gyűjtötte össze, külön névvel ellátva. Télen ezen az app-en keresztül versenyeznek azért a lakosok, hogy melyik tűzcsapot tisztítsák meg leghamarabb. Ez lényegében egy hóeltakarítási program, ami hatékony, hiszen amióta ez működik, sokkal könnyebben hozzáférhetőek a tűzcsapok a téli időszakban is. Egy másik alkalmazás abban segít, hogy a kóbor állatokat minél hamarabb megtalálják a közösségi felhasználók visszajelzései alapján, ahelyett, hogy a problémával különböző hivatalokat keresnének fel.

A részvétel lényege tehát az, hogy az adott hivatal bizonyos közcélú feladatok ellátásához a közösség összetartó erejére is támaszkodik. Az okos város vezetésének tehát nyitottnak kell lennie arra, hogy feladja azt a szemléletet, hogy az igazság és a jó megoldások csak tőlük származhatnak, de a közösségnek is nyitottabbnak kell lennie az önkéntességre. Magyarországon mindkét felet érzékenyíteni kell, csak akkor léphetünk előre.

3.2. Az okos igazgatás érettségi modellje

Mivel az okos kormányzás – a közigazgatás weber-i filozófiájú rendszeréhez képest – egészen új vezetési stílust, sőt testületi működést is igényel, ezért nyilván fokozatos adaptálás a reális a kockázatok elkerülése miatt. Ehhez javasolható az *1. ábrán* látható fejlettségi lépcsők egymás utáni bevezetése, olyan sebességgel és mértékkel, ahogy az adott település köztisztviselői és tágabb partnerei ezt megszokják.

Az első szint lényegében nem jelent érdemi változást a megszokott testületi munkában, illetve a szervezési-vezetési stílusban. A szervezet az IKT támogató szerepét keresi és gyakorolja, olyan alkalmazásokkal, amelyek teljesen igazodnak az önkormányzat eljárásaihoz és szabályzataihoz. A Globomax testületi tanácskozást támogató IKT-rendszere például segíti a hozzászólásokat, támogatja az ülések jegyzőkönyvezését, illetve videó formájában a haladóbb webes megjelenítést is.

A második szinten olyan információrendszer-megoldásokat képzelhetünk el, amelyek a döntéshozatali mechanizmusokat – egy-egy eljárás kiváltásával vagy automatizálásával – támogatják. A példánkban szereplő Globomax rendszer képes ilyen feladatokat is ellátni; keresőszavakra fájlokat előhívni, adatokat rendezni, illetve automatikusan kezelni komplexebb szavazási és számlálási szituációkat (pl. helyettesítést).

Az igazi transzformáció a harmadik szinten kezdődik, ahol az egyes technológiák bevezetésénél komoly folyamatszervezési és áttervezési feladatok merülnek fel. Közvetlenül nem az okos városokhoz kapcsolódó, de

ezt a szemléletet remekül illusztráló fejlesztés volt a 2017-es egyszerűsített adóbevallást támogató eBEV applikáció a NAV-tól, de még inkább az e mögött meghúzódó szolgáltatási szemléletváltás és a folyamatok átszervezése. Ennek alapján ugyanis a NAV a rendelkezésére álló adatokat nem ellenőrzésre használta, hanem egyszerűen rendelkezésre bocsájtotta az adózónak, akinek viszont ugyancsak megváltozott a szerepe – ő ellenőrizhette a NAV „előbevallását". A számok és visszacsatolások látványos megtakarítást és az elégedettség növekedését jelezték a megoldás kapcsán.

Az okos kormányzás legmagasabb szintje, ahol a legnagyobb transzformációs hatás és korszerű IKT-kihasználás érvényesül, az a magas szintű együttműködés és partneri hálózat kialakításának szintje. Itt valósul meg a kísérletezés, a szervezeti tanulás és a belső kezdeményezések kialakulása; az elkötelezettség egyesül a fogékonysággal és az operatív vezetés hatékonyságával. Ezen a szinten egészen újszerű struktúrák jöhetnek létre, amelyre a legjobb példát egy, a cikkünk elkészítésekor Szingapúrban élő kolléganőnk beszámolója szolgáltatja:

„A közlekedés terén például tele van a város szenzorokkal. A taxidrosztokban is vannak érzékelők, amik leadják a jelet a taxisoknak, ha van várakozó. A taxi mellett nagyon jól működik a „ride sharing" azaz a megosztott közlekedés. Egy Uber-hez hasonló app segítségével a lakosok összefoghatnak és alkothatnak egy új buszvonalat a napi ingázás vonalán. Ezután minden nap erre fog menni a kisbusz, felszedi őket, kicsit persze drágábban, mint a normál járat. Másik remek példa, hogy az új metróvonalat, amelyet hamarosan megnyitnak, úgy tervezték meg, hogy egy adatelemző céget megbíztak azzal, hogy számolják ki, hogyan kell a buszvonalakat átszervezni úgy, hogy az új metró beszívja az utasokat. A számításokat támogató adatok az egységes EZ-Link kártyákról származtak, ami a szingapúri BKV-nak felel meg."

3.3. Az okos városigazgatás jogi kérdései

Az okos kormányzás nagyon fontos területe az IKT fejlődése és a jogi, szabályozási rendszerek harmonikus egymáshoz illesztése. A magyar közigazgatás e-kormányzási tapasztalatai a jogi szabályozás előreszaladását mutatják, amely igen sokszor vezet ahhoz, hogy a helyi és központi szervezetek csak komoly erőfeszítéssel tudnak megfelelni számos jogi determinizmusnak. Ezzel sokszor párosul az, hogy kisebb településeken a fejletlen infrastruktúra és eszközpark használatának nehézségei általánosan negatív élményeket jelentenek az állampolgároknak és a tisztviselőknek is.

Például a 2018. január 1-től hatályba lépett elektronikus ügyintézési törvény jogszabályi szinten lehetővé teszi, hogy az ügyfél jogosult legyen ügyintézési cselekményeit elektronikus úton végezni, nyilatkozatait elektronikus úton megtenni. Ugyanakkor az empirikus adatok azt mutatják, hogy az ügyfelek is és a kormányhivatalok is sokkal jobban preferálják a személyes ügyintézést – a nagyobb bizalom, az alacsonyabbnak tartott kockázatok és a hatékonyabbnak gondolt átfutási idők miatt [5]. Az NKE Jó Állam Jelentése igazolja, hogy a kormányablakok elérése jelentősen javult az elmúlt időszakban, azaz csökkent a személyes ügyintézéshez szükséges idő. Ez az eredmény viszont abba az irányba hat, hogy a polgárnak ahelyett, hogy inkább online intézné ügyeit, jobban megéri befáradni a legközelebbi kormányablakba. A közigazgatás óvatos, hiszen senkit nem „hagyhatunk hátra", de az okos kormányzás feladata az emberek jelenleginél hatékonyabb terelése az online felhasználás irányába. Nem elsősorban az idősebb korosztálytól kell valószínűleg ezt elvárni, hanem azoktól, akik már eleve internethasználók.

Jogi szempontból két nagy kihívást is jelent az okos város koncepciója a kormányzás, illetve az igazgatás számára; az első a magánszféra és a biztonság úgyne-

1. ábra
Az okos város igazgatásának négy szintje – a szerző szerkesztésében

vezett alkumodelljének a feloldása, a második az adatvédelem és az információszabadság szorosan kapcsolódó területe.

A magánszféra kérdéseit, azaz, hogy az egyén hogyan viszonyul az őt érő támadásokhoz, ellenőrzéshez, esetleg szabadságának korlátozásához, számos esetben gondolták újra a jog és társadalomtudomány különböző területein [6]. Különösen a térfigyelő kamerák, a civil használatban levő drónok, a kereskedelmi tranzakciókban szinte kikerülhetetlen okostelefonos követési megoldások, az elsősorban bűnözési felderítéshez használt internetes megfigyelés, végül a jelenleg még hazánkban nem nagyon elterjedt, de dinamikájában gyorsan fejlődő biometrikus azonosítás emelhető ki.

A [7] által publikált empirikus vizsgálatban résztvevő kilenc országból a magyar mintában részvevők ítélték meg ezeket az IKT-innovációkat a legkevésbé aggodalomra okot adónak a magánszférájuk megsértésére, mégpedig a 72%-ban „aggodalmaskodó" átlaggal szemben mindössze 38%-ban, ami a minket közvetlenül megelőző Egyesült Királyság „aggódó" szintjének is alig a fele. Úgy tűnik, mintha mi magyarok nem éreznénk veszélyben privátszféránkat a modern megfigyelési technológiákkal szemben...

Azzal, hogy szinte minden és mindenki valamilyen formában a kibertérben is megjelenik, kitetté válik arra, hogy a magánszférájába való beavatkozás – akármilyen formája is legyen – technikailag a személyes adatainak megszerzésére irányuljon. Az állampolgárok adatvédelmének számos eleme garantálható jogszabályokkal, determinista technológiai megoldásokkal (például az e-közigazgatásban a szakrendszerek tudatos szétválasztásával, az adatok összekapcsolásának elvi lehetetlenné tételével) vagy a legkorszerűbb, privátszférát erősítő technológiák (Privacy Enhancing Technologies, PET) alkalmazásával. De ezek sem biztosíthatják azt, hogy a biztonsági incidenseknek kiszűrhető legyen az az igen magas százaléka, amit a munkavállalók és a magánszemélyek hanyagsága, gondatlansága vagy egyszerűen az ismerethiánya okoz [8].

A PET-ek fokozatos elterjedése, azok használatának elsajátítása remek példája az igen fontos, úgynevezett beépített adatvédelem elvének (privacy by design) [9]. Ennek lényege, hogy a magánszféra-védelem és az adatvédelmi szabályozás elveit integrálni kell a különböző adatkezelési technológiák követelményrendszerébe, így ezek az IKT-eszközök integráns részeivé kell, hogy váljanak anélkül, hogy azok funkcionalitása korlátozódna. A felhasználói viselkedéselemzés szempontjából ezek elterjesztése azért rendkívül fontos, mert az internetes üzleti modellek igen nagy része azon alapszik, hogy a használat során keletkező nagymennyiségű adat elemzésével felhasználói profilokat készít, és a termékek, szolgáltatások testreszabását, árazását, sőt kiszállítását is ennek megfelelően ajánlja fel.

Igen sokszor ehhez a profilírozáshoz bizonyos előnyök érdekében mi magunk járulunk hozzá, de annak a kockázata is igen nagy, hogy az adatgazdák, illetve adatkezelők tudatosan vagy valamilyen külső támadás következtében szivárogtatják ki védett adatainkat. A [9]-ben felhívják a figyelmet arra, hogy a 2018 elején életbe lépő, kötelező érvényű Általános Adatvédelmi Rendelet (General Data Protection Regulation) igen szigorú rendelkezéseket ír elő a hozzáférési jogok és az elszámoltathatóság vonatkozásában.

4. Az okos városigazgatást befolyásoló tényezők

Egy konkrét település igazgatási stratégiája szoros összefüggésben van néhány olyan tényezővel, amelyek keretet adhatnak konkrét irányokhoz. A teljesség igénye nélkül kiemelünk ezek közül néhányat.

A *közpolitika* általános tartalma alapvetően befolyásoló tényező, ugyanis illuzórikus azt várni, hogy a települések közigazgatása alapvetően más irányokat vegyen, mint amit az magasabb szintű diskurzusok illetve keretek meghatároznak.

Hasonló kereteket ad a *politikai és intézményi környezet,* például milyenek az adott település demokratikus hagyományai, vagy stabilitása a kormányzás területén. Olyan városokban, ahol a közgyűlés harcban áll polgármesterével, vagy gyakran váltják egymást a helyi pártok, jóval nehezebb okosváros-stratégiát építeni, mint ahol ciklusokon átnyúló komoly támogatottsággal rendelkező vezetés kormányoz.

Sokszor adottnak vesszük, de sajnos közel sem igaz az, hogy minden településen egyformán jó minőségű *internetelérés,* illetve *szolgáltatási minőség* van. Ezzel párosul a polgárok *IKT-használati szokása,* illetve az IKT penetrációja.

Fontos befolyásoló tényező lehet a település önkormányzatának tapasztalata az *IKT-szolgáltatások menedzselésében* (pl. ASP-szolgáltatások használata, KÖFOP-programokban való részvétel, H2020 projektek tapasztalatai, rendszergazdai szolgáltatások stb.), illetve hogy milyen szinten állnak az *e-közigazgatási rendszerek* ún. 1.0-ás alkalmazásaival (okmányirodai rendszerek, klasszikus webes alkalmazások, regiszterek interoperabilitási kérdései stb.).

A település *tér- és társadalomszerkezete* döntő tényező; egész más lehetőségei vannak az „okosításnak" Belső-Somogy településein, mint mondjuk Pest megyében, Budapest agglomerációjában. Az általános életszínvonal, a vállalkozási hajlam, a politikai részvételi szándék és kultúra korlátozza a lehetőségeket, ezek IKT-alapú változtatása hosszú és kanyargós folyamat.

A *döntéshozók képzettségi háttere és szemléletmódja,* amit gyakran „generációs" tulajdonságokkal kötünk össze, ugyancsak jelentősen meghatározza az IKT-alapú innovációs kezdeményezéseket. A már említett szingapúri példa ebből a szempontból is tanulságos, mert a város 2014-ben bevezetett, ún. „Smart Nation" stratégiája a külügyminiszter portfoliójába tartozik. Ennek pedig meglepő módon az ő személyes érdeklődése az egyszerű oka. Mi több, a szingapúri kormány tagjainak fele úgynevezett MTMI (műszaki, természettudományi, matema-

tikai, informatikai) diplomás, harmada pedig doktori címmel is rendelkezik, sőt a miniszterelnök, Lee Hsien hobbija, hogy programozni tanul.

5. Vezetési és szervezési képességek kérdésköre

Az okos kormányzás vagy tudáskormányzás – azaz a kezdeményezések és információk minél egyszerűbb áramoltatása és felhasználása – akkor tud kiteljesedni, ha ezt megfelelő szervezeti és vezetési struktúra is támogatja. A közigazgatás rendszerében a legnagyobb probléma ezzel kapcsolatosan az a bizonyos weberi örökség, amelyik az igazgatásszervezésnek a bürokratikus, hierarchikus, hatalomtávolságot tartó, végrehajtó és adminisztratív jellegére épül.

Ahhoz, hogy megnézzük mi határozza meg egy szervezet tanulási illetve innovációs képességét, érdemes a szervezet szociológiai kutatások eredményeit megnéznünk, elsősorban pedig az empirikus adatok tükrében. A *1. táblázat* Csizmadia Péter szervezetszociológus rendszerezését és doktori disszertációjában elvégzett empirikus kutatás paramétereit foglalja össze [10].

Csizmadia a táblázat alapján hét dimenzió értékelése szerint, négyféle szervezeti klasztert határozott meg. Ezek tanulási képességgel való összefüggése kimondottan jelentős az autonómia, a munkavégzés kognitív jellege illetve a teammunka megléte esetében. Vállalatok esetében azt érdekes eredményt kapta, hogy Magyarországon kiemelkedően sok az ún. 'taylori', vagy 'fordi' szervezet, amelyeket a rutinszerű munkafolyamatok jellemeznek, alacsony az új dolgok iránti tanulási igény, és a csoportos döntéshozatal és munkakör csere is ritka. Az ilyen szervezetek száma meghaladja az EUs átlagot, ugyanakkor a tanuló típusú vállalatok aránya jóval alacsonyabb annál, mi több, számos posztkommunista országtól is elmarad (pl. Észtországnál, Lettországnál, de meglepő módon Szlovákiánál is alacsonyabb).

A közigazgatási szervezeteinkkel kapcsolatban még nem áll rendelkezésre ilyen adatsor, de tapasztalatok alapján feltételezhetjük, hogy a magyar közigazgatás

Munkaszervezeti dimenziók (I-VII)	Munkaszervezeti változók (1-20)
I. Az autonómia mértéke	A dolgozó határozza meg: - a feladat sorrendjét (1) - a munkamódszert (2) - a munkavégzés sebességét (3)
II. A munkavégzés kognitív jellemzői	Új dolgok tanulásának lehetősége (4) Előre nem látható problémák megoldása (5) Összetett feladatok végzése (6)
III. Minőségellenőrzés	Minőségi előírások betartása (7) Dolgozó felügyeli a minőséget (8)
IV. Team-munkavégzés jellemzői	Csoport dönt a feladatokról (9) Csoport nem dönt a feladatokról (10) Munkaköri csere (job rotation) (11)
V. A munkafeladat jellege	Ismétlődő feladatok (12) Monoton feladatok (13)
VI. A munkatempó tényezői	Munkatársak (H)(14) Munkanorma (15) Gép diktálja (16) Főnök (hierarhia) (17) Vevők, ügyfelek (K) (18)
VII. Támogatás jellege a munkavégzésben	Munkatársi támogatás (19) Vezetői támogatás (20)

1. táblázat Munkaszervezetek besorolásának dimenziói [10]

helyzete rosszabb ebből a szempontból, mint a vállalatoké. Az IKT befogadása és használata szempontjából a tanuló szervezetek alacsony száma különösen nagy problémát jelent, ezt támasztja alá az, hogy az IKT-használat mintegy kétszer olyan elterjedt a tanuló szervezetekben, mint a taylori, vagy tradicionálisan hierarchikus vállalatoknál.

Nyilvánvaló, hogy a közigazgatási feladatok nagy része az ügyviteli fegyelem és az eljárások betartása miatt megköveteli a bürokratikus, taylori jelleg domináns fenntartását. Figyelembe véve ugyanakkor az egyre jobb minőségben működő mesterséges intelligencia alkalmazások és a robotizáció fehér galléros területeken való elterjedését, nem nehéz megjósolni az, hogy pontosan emiatt a közigazgatás számos munkafolyamata a leginkább „veszélyeztetett” az élőmunka kiváltására, a teljes körű automatizációra. A tudásmegosztó és tanuló szervezeti kultúra elterjesztése tehát nemcsak az okos városok hatékony kormányzásához szükséges vezetői feladat, hanem az általános foglalkoztatás fenntartása szempontjából is elengedhetetlen.

6. Összefoglalás

Az okos városigazgatás alapja egy fejlődő, emergens, szocio-technikai ökoszisztéma megteremtése.

Ehhez az igazgatási intézményeink részben konzerválódhatnak, de a technológiai hatásokra épülve transzformálódhatnak is. A kutatások azt mutatják, hogy az önkormányzati és központi igazgatás szervezeti tulajdonságai sokkal inkább a tradicionális – a közigazgatásban weberi bürokráciának ismert –, illetve a taylori típusú szerkezet és kultúra jellemzőit hordozzák magukon, amelyek azonban csak kis mértékben felelnek meg az okos kormányzás tanulás- és innováció-centrikus nézőpontjának és igényeinek. Ezért, ha nem is általános mértékben, de bizonyos részterületeken feltétlenül szükség lenne a sikeres IKT-innovációk alkalmazásához, illetve befogadásához szükséges tudásalapú és tanuló-szemléletű szervezeti sajátosságok kialakítására.

Ezt tekinthetjük jelenleg a hazai okos kormányzás legfontosabb stratégiai feladatának.

A szerzőről

NEMESLAKI ANDRÁS a BME GTK Pénzügyek Tanszék kinevezett vezetője és egyetemi tanára, okleveles gépészmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa. Harminc éve az infokommunikációs technológiák és rendszerek szervezeti hatásainak vizsgálatával foglalkozik, illetve ezen a területen végez kutató és oktató munkát. 10 évet dolgozott a CEU Business Schoolban, illetve annak jogelődjében, a Nemzetközi Menedzser Központban. 2000 és 2012 között a Budapest Corvinus Egyetem docenseként az E-business Kutatóközpont, illetve a jelenlegi Infokommunikációs Központ alapítója volt az egyetem Informatikai Intézetében. 2012 és 2018 között a Nemzeti Közszolgálati Egyetem docense majd egyetemi tanára volt, ahol számos vezetői megbízást és testületi tagságot töltött be. Több külföldi egyetemen oktatott, ezek közül kiemelkednek a Bocconi University, a Kölni Egyetem, a University College Dublin, valamint az Egyesült Államokban a Case Western Reserve Egyetem és a University of Delaware.

Hivatkozások

[1] Jones M. R. és Karsten H.,
“Giddens’s structuration theory and information system research,”
MIS Quarterly, Vol.32, No.1, pp.127–157, 2008.

[2] Stone D.,
Policy Paradox: The Art of Political Decision Making,
New York: Norton Third Edition, 2011.

[3] Meijer A. és Bolívar M. P.,
“Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance,”
International Review of Administrative Sciences,
Vol.82, No.2., pp.392–408, 2016.

[4] Noveck B. S.,
Smart Citizens, Smarter State: The Technologies of Expertise and the Future of Governing, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 2015.

[5] Kaiser T. (szerkesztő),
Jó Állam Jelentés 2017,
Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2017.

[6] Székely I., Somody B. és Szabó M. D.,
„Biztonság és magánélet:
Az alkumodell megkérdőjelezése és meghaladása,”
Replika, Vol.3., No.103, pp.13–36, 2017.

[7] Szénay M.,
„SurPrise – rendhagyó közvélemény-kutatás
a biztonságról, a megfigyelésről és a magánszféráról,”
Replika, Vol.3., No.103, pp.37–60, 2017.

[8] Szabó G. E. és Révész B.,
„Adataink biztonságban – adatainkban a biztonság?,”
Információs Társadalom, Vol.17., No.1, pp.45–54, 2017.

[9] Kiss A. és Krasznay Cs.,
„A felhasználói viselkedéselemzés kiberbiztonsági előnyei és adatvédelmi kihívásai,”
Információs Társadalom, Vol.17., No.1., pp.55–71, 2017.

[10] Csizmadia P.,
A szervezeti innováció és tudásfelhasználás mintái
a magyar gazdaságban,
Budapesti Corvinus Egyetem: Doktori Disszertáció, 2014.

Internet-hozzáférések teljesítményvizsgálata webböngészőben

OROSZ PÉTER, KULIK IVETT, MAROSITS TAMÁS

BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, Smart Communications Laboratórium
{orosz, kulik, marosits}@tmit.bme.hu

Kulcsszavak: internet-hozzáférés, szolgáltatásminőség, TSM rendelet, mérőrendszer, böngésző

Az internetszolgáltatók elsősorban a hozzáférési sebességek növelésével igyekeznek a változó fogyasztói igényeknek megfelelni. Ezzel szemben az újgenerációs média- és IoT-alkalmazások forgalmának továbbítása nem csak kapacitásnövelést jelent a Jövő Internetének hálózati operátorai számára. Fontos kérdés, hogy az internetkapcsolat minőségét hogyan tudja garantálni a szolgáltató, illetve mikor tekintünk egy hozzáférést jó minőségűnek. Az előfizető oldalán felmerül az ellenőrizhetőség kérdése: van-e a felhasználó kezében olyan eszköz, amellyel tetszőleges időpontban, megbízhatóan mérhető a kapcsolat aktuális minősége? A cikkben áttekintjük a internet-hozzáférés minőségét meghatározó hálózati paramétereket és azok méréstechnikáját, majd egy olyan vizsgálati módszert és megvalósítást ismertetünk, amely széles hozzáférési hálózati sebességtartományban lehetővé teszi a kapcsolatok főbb paramétereinek nagy pontosságú mérését webböngésző felhasználásával.

1. Bevezetés

Az internet-hozzáférési szolgáltatók növekvő ütemben emelik az előfizetés-csomagokhoz tartozó elérési sebességeket, ezzel igyekeznek megfelelni a változó fogyasztói igényeknek. Elsődleges kérdés, hogy az előfizetett internetkapcsolat minőségét hogyan tudja garantálni a szolgáltató, illetve mikor tekintünk egy internet-hozzáférést jó minőségűnek. Előfizetői oldalon pedig felmerül az igény egy olyan eszközre, amellyel tetszőleges időpontban, megbízhatóan ellenőrizhető az internetkapcsolat aktuális minősége a főbb paraméterek tekintetében.

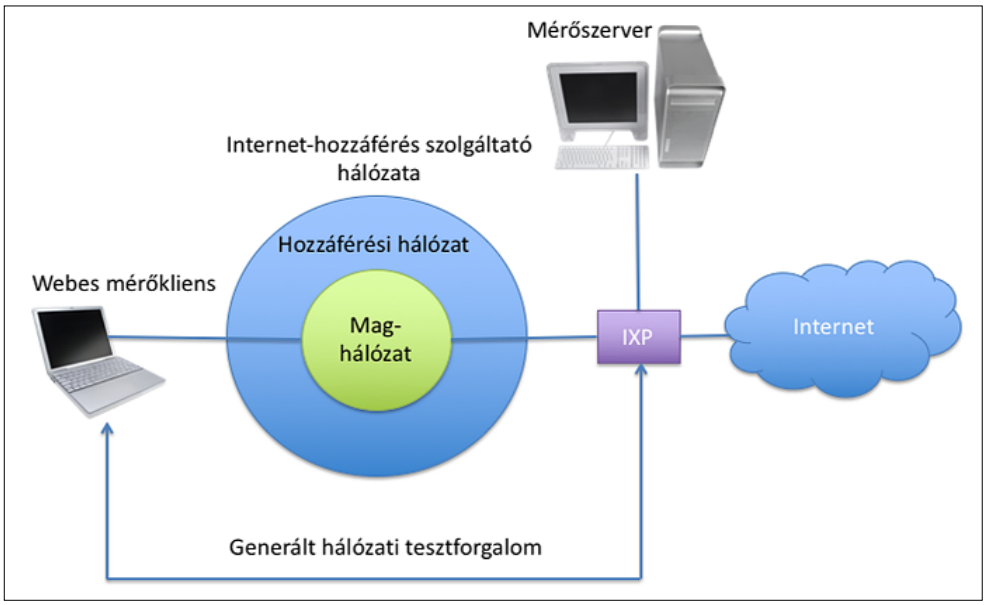
Sok esetben a szolgáltató által garantált és maximált sebességek között nagyságrendi eltérés tapasztalható. Az előfizető természetes elvárása, hogy az internet-hozzáférés rendelkezésre álló kapacitása a felhasználási idő jelentős részében a szerződésben vállalt maximális sávszélesség közelében legyen. A fentiek alapján fontos feladat, hogy meghatározzuk azokat a hálózati paramétereket, amelyek közvetlen hatással vannak a felhasználó által tapasztalt szolgáltatásminőségre. Érdemes megjegyezni, hogy a felhasználó valójában közvetetten, az általa használt alkalmazásokon keresztül érzékeli az internetkapcsolat minőségét. A hozzáférést akkor értékeli jó minőségűnek az előfizető, ha az internetes alkalmazásai megfelelő válaszidővel és akadozás nélkül működnek, tetszőleges napszakban.

Az internet globális forgalmi összetételét megvizsgálva erős trendként láthatjuk, hogy az elmúlt években jelentősen emelkedett a médiaszolgáltatások által generált forgalmak aránya. Ha a jelen helyzetet és a közeljövőre vonatkozó előrejelzéseket megnézzük [1–3], látható, hogy a videóforgalom dominál az internetes forgalmi mixben. Ez a jelenség a jövőben még inkább erősödni látszik. A nagyságrendi növekedést egyrészt a videómegosztó oldalak, másrészt az online videotékák és a TV-szolgáltatások generálják. Globális trendként jelentkezik, hogy a felhasználók egyre több internetes médiatartalmat fogyasztanak otthoni és hordozható eszközeiken egyaránt. A forgalmi növekedés másik motorja a továbbított médiatartalmak közelmúltbeli növekvő felbontása (1080p, 4k), mely a videókódolók tömörítési hatékonyságának javulása mellett is növekvő átviteli sebességet igényel a hálózattól. Ahhoz, hogy az előfizetőkhöz megfelelő minőségben jusson el a médiatartalom, a szolgáltatói transzporthálózat kapacitásnövelésével párhuzamosan a hozzáférési sávszélességet is folyamatosan emelni kell.

Az új típusú médiafolyamok átvitele a hálózati operátorok számára nem csak a rendelkezésre álló sávszélesség tekintetében jelent kihívást. A valós idejű médiaszolgáltatások (élő TV-adás, videókonferencia, Voice over IP, kommunikációs alkalmazások, online játékok stb.) alacsony továbbítási késleltetést, késleltetésingadozást és alacsony csomagvesztési arányt is megkövetelnek a megfelelő felhasználói minőségérzethez. Az átviteli kritériumok teljesülése a klasszikus best effort továbbítási modell alapján nem minden esetben biztosítható a kapacitások jelentős növelése nélkül, sok esetben még azzal sem.

A médiaszolgáltatások forgalmi dominanciája előirányozza a fel- és letöltési bitsebességen túlmenően egyéb hálózati metrikák vizsgálatát is. Itt fontos megjegyezni, hogy az internethasználathoz kapcsolódó minőségérzetet nem pusztán a hozzáférési hálózat kapacitása határozza meg. A internet-hozzáférési szolgáltató részéről a felhordó és maghálózat, illetve az internet irányú kapcsolatok kihasználtsága egyaránt hozzájárul a felhasználó által tapasztalt szolgáltatásminőséghez. Az objektív, mérhető metrikák felhasználásával az előfizető számára képet adhatunk a megvásárolt internet-hozzáférés tényleges, aktuális minőségéről.

Jelen cikkben áttekintjük az internetkapcsolatok szolgáltatásminőségi vizsgálatához kapcsolódó hálózati paramétereket és az érvényes nemzetközi méréstechnikai szabványokat, ajánlásokat. Érintjük az EU TSM rendeletének releváns műszaki elemeit. Továbbá bemutatunk egy saját fejlesztésű mérőrendszert, mely webböngésző használatával, alacsony mérési hibával teszi lehetővé az internetkapcsolat minőségének vizsgálatát széles sebességtartományban.



1. ábra
Mérőszerver elhelyezése internetkicserélő központban (IXP-ben)

2. Internetkapcsolatok minőségének méréstechnikája

2.1. Mérések kivitelezése

Az internet-hozzáférés minőségének vizsgálata összetett feladat. Több műszaki szempont együttes vizsgálata alapján választható ki a célnak leginkább megfelelő mérési módszer és mérőrendszer-architektúra.

Első számú műszaki kérdés, hogy a mérés passzív vagy aktív módon kerül-e kivitelezésre.

- Vizsgálhatók a hálózati átviteli paraméterek a forgalom passzív mérésével. Ebben az esetben a mérőrendszer nem generál többletforgalmat, a hálózaton jelen lévő előfizetői forgalmakon végez méréseket.
- Aktív mérés esetén a mérőrendszer két egységből áll: egy forgalomgenerátorból, mely specifikus tesztforgalmat küld a hálózaton, valamint egy mérőegységből, amely fogadja a tesztforgalmat és megméri az előre definiált átviteli paramétereket.

A második tervezési szempont a mérőegység elhelyezése, a mérési pont vagy pontok kijelölése a hálózatban. Tipikus eseteket nézve telepíthető mérőrendszer

– a szolgáltató maghálózatán belül,
– az előfizetői végponton vagy annak közelében (otthoni vagy szolgáltatói hozzáférési hálózaton),
– a szolgáltató külső kapcsolatainak valamelyikén,
– a szolgáltató hálózatán kívül.

Utóbbi esetben például egy olyan internetkicserélő központban (Internet Exchange), amelyhez a szolgáltató közvetlenül kapcsolódik *(1. ábra)*. Ennek a megoldásnak előnye, hogy a szolgáltató internet irányú kapcsolatainak minősége is implicit mérhetővé válik.

A forgalmi mérés megvalósulhat egyrészt automatizáltan (akár távolról vezérelve), másrészt felhasználói együttműködéssel, crowdsourcing alapon. Utóbbi megoldás előnye, hogy egy szélesebb felhasználói bázis részvételével teljesebb kép alkotható az internet-hozzáférések minőségéről, akár egy adott szolgáltatóra vetítve, akár országos szinten. A másik oldalon viszont automatizált méréssel elkerülhető a felhasználói interakció, a mérések távolról vezérelve indíthatók. Utóbbi esetben jellemzően hálózati forgalmazás szempontjából tétlen vagy alacsony intenzitású időszakban indul a mérés, így elkerülhető, hogy a tesztforgalom az előfizető otthoni hálózatán jelentős háttérforgalommal keveredjen.

A hálózati paraméterek elvárt mérési pontossága előirányozza a mérőrendszer architektúrájára vonatkozó főbb kritériumokat. Itt elsősorban a szoftver- és hardveralapú mérőrendszerek közötti architekturális különbségek kerülnek előtérbe. Szoftveres mérőrendszer esetén az 5% alatti mérési hiba, az 1 Mbit/s–1 Gbit/s sebességtartományban reális követelmény.

2.2. Méréstechnika a TSM rendelet tükrében

Az EU TSM rendelete [4] előírja, hogy a nemzeti hatóságok monitorozzák az internetszolgáltatás szolgáltatásminőségi paramétereit. A rendelet példaként megnevezi az internet-hozzáférési szolgáltatás (Internet Access Service, IAS) szolgáltatásminőségi jellemzői között a késleltetést (packet delay), a késleltetés-ingadozást (packet delay variation, jitter) és a csomagvesztést (packer loss), de értelemszerűen definíciót nem tartalmaz, a mérendő paraméterek konkrét körét és azok értelmezését, a mérési eljárás kidolgozását a BEREC-re hagyja.

A BEREC a rendeletet értelmező iránymutatásában (BoR (16) 127 [5]) részletezi az egyes paraméterek – közülük is leginkább az átviteli sebesség – mérésével kapcsolatban a nemzeti hatóságok lehetőségeit és a rájuk háruló feladatokat. A használandó mérési eljárásokat illetően hivatkozik korábbi BEREC dokumentumokra is, többek között kiemelten a BoR (14) 117-re [6], amely áttekinti a témával foglalkozó akkori, fontosabb európai és nemzetközi szabványokat, ajánlásokat. A CEPT által kiadott ECC Report 195 [7] nyomdokain haladva a BEREC többé-kevésbé egyértelműsíti, hogy a feltöltési és a le-

töltési sebességet, a késleltetést, a késleltetés-ingadozást, valamint a csomagvesztési arányt tekinti szolgáltatásminőségi paraméternek, és felsorolja ezen jellemzők méréséhez a különböző szervezetek által ajánlott, vagy szabványosított eljárásokat. Az ETSI/ITU és IETF javasolta metódusok többnyire nagyon hasonlóak, kisebb eltéréseket találunk csak.

A feltöltési és a letöltési sebességre az ETSI Guide EG 202 057-4 [8], a késleltetésre, a késleltetés-ingadozásra és a csomagvesztésre az ETSI Guide mellett az ITU-T Rec. Y.1540 [9] és a G.1010 [10] adnak definíciót. Az IETF megközelítésében az RFC 7679 [11], illetve az RFC 2681 [12] adják meg az egyirányú, illetve a kétirányú késleltetés definícióját, az RFC 3393 [13] definiálja a késleltetés-ingadozást, az RFC 7680 [14], illetve az RFC 6673 [15] definiálják az egyirányú, illetőleg a kétirányú csomagvesztési metrikákat. Végül az RFC 3148 [16] és az RFC 6349 [17] egy vázlatát adják meg a TCP-protokollal végzett átviteli sebesség mérésnek.

Meg kell még említenünk a BEREC-nek a témához kapcsolódó viszonylag friss dokumentumát [18]. A BoR (17) 178 szokatlan módon konkrét mérési metódusokat ad meg, amelyek használatát kötelezővé kívánja tenni a TSM-rendelethez kapcsolódó, elsősorban sebességre vonatkozó mérések esetén. Ugyanakkor ezek az eljárások nem egyeztethetőek össze a nemzetközi szabványokkal és nem tekinthetőek alkalmasnak az internetkapcsolatok szolgáltatásminőségi paramétereinek pontos megmérésére.

3. A megvalósított webalapú SCL-mérőrendszer

Az alábbiakban részletesen ismertetjük az általunk javasolt szoftveres mérési módszert, valamint a megvalósított szoftveres mérőrendszer architekturális alapjait.

Az SCL-mérőrendszer főbb tulajdonságai:

- Széles sebességtartomány (1 Mbit/s – 1 Gbit/s)
- Alacsony mérési hiba: <5%
- Széles platformtámogatás (OS: Windows 7/8/10, Linux, OSX, iOS, Android; böngésző: Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox, Apple Safari)
- Alacsony erőforrásigény kliensoldalon
- TSM rendeletben meghatározott QoS-paraméterek vizsgálata
- Skálázhatóság

A rendszer feladatai:

– közvetlen visszajelzés az előfizető számára,
– aggregált adatok gyűjtése az üzemeltető számára,
– szolgáltatásminőségi térképek előállításának támogatása,
– szolgáltatás-telepítések műszaki támogatása (új bekötések, IoT-eszközök telepítése stb.)

A végponttól végpontig végzett forgalmi mérés során a kommunikációs útvonal számos pontján jelentkezhet szűk keresztmetszet. Mivel a vizsgálat célja, hogy megmérjük az előfizető internetkapcsolatának fontosabb paramétereit, optimális esetben a tesztforgalommal szűk keresztmetszet megjelenése nélkül ki lehet tölteni a rendelkezésre álló hozzáférési sávszélességet. Mérési hibát eredményez, ha a mérés során akár a kliensoldali végponton, akár a kliens helyi hálózatán, vagy akár a mérőszerveren szűk keresztmetszet jelentkezik.

A mérőrendszer kliens-szerver modellen alapuló szoftverrendszer. A kliensoldal web-alapú, a szerveroldal pedig natív alkalmazás. A mérést crowdsourcing alapon a felhasználó kezdeményezi azzal, hogy böngészőjével meglátogatja a mérőrendszer weboldalát és ott elindítja a mérési folyamatot. A mérés során szekvenciálisan vizsgálja a rendszer az *1. táblázatban* bemutatott hálózati paramétereket.

A rendszer, összhangban a legjobb gyakorlatokkal, 15 másodpercben maximalizálja egy adott paraméterre vonatkozó mérés időtartamát. A mérési módszernek olyannak kell lennie, hogy megadott tartományon belül (1 Mbit/s – 1 Gbit/s) az előfizetői hozzáférési sebességtől függetlenül képes legyen adott mérési hibahatár és a fenti időtartam betartásával lemérni a hálózati jellemzőket. A mérés során alkalmazott transzportprotokoll a TCP. Az előfizetői internet-hozzáférésen elérhető letöltési és feltöltési bitráta mérését párhuzamos TCP-kapcsolatok felhasználásával valósítjuk meg. A mérési pontosság fenntartásához a rendszer minden paramétert a szerveroldalon mér le, mivel a webes böngészőkben futtatott JavaScript kóddal a kellően pontos méréshez nem biztosítható az egyenközű, megfelelő periódusidejű mintavétel. A megadott hálózati paramétereket TCP szinten mérjük le minden (1 másodperces) időablakban, a méréshez kiépített párhuzamos TCP-kapcsolatokon mért értékeket pedig irányonként aggregáljuk. Böngésző-szinten a HTML5/JavaScript és WebSocket [19] webes technológiák alkalmazása biztosítja a tesztforgalom hatékony átvitelét, illetve a széles platformtámogatottságot.

Ahhoz, hogy elkerüljük a tesztadatok ideiglenes tárolását (gyorstárazását), véletlenszerűen generált bináris blokkokat továbbítunk mindkét mérési irányban. A TCP-kapcsolatok száma az előfizetői internet-hozzáférés áteresztőképességének

1. táblázat
A rendszer által mért átviteli paraméterek

Mért paraméter	Mértékegys.	Felbontás	Mérés kimenete
Kétirányú késleltetés	ms	10^{-6} s	minimum/átlag/maximum
Kétirányú késleltetés ingadozása	ms	10^{-6} s	A késleltetésértékek szórása
Letöltési bitráta	Mbit/s	8 bit	TCP throughput/goodput, socket throughput
Feltöltési bitráta	Mbit/s	8 bit	TCP throughput/goodput, socket throughput
Csomagvesztési arány	%	1 csomag	Irányonként: átlag/maximum és a két irány maximuma
Újraküldött csomagok száma	db	1 csomag	TCP újraküldések száma irányonként

Rendszer megnevezése	Támogatott platformok	Mért metrikák	Mérési réteg	Max. szál	Max. átviteli sebesség
NetGauge (OOKLA) Server2.1 Client3.0.3	MS Windows, Linux/Unix, OSX, Solaris/Sparc, FreeBSD	LE/FEL bitsebesség, RTT, késleltetés, késleltetés-ingadozás, csomagvesztés	Alkalmazási réteg (socket)	LE 32 szál, FEL 24 szál, de akár 128 szál is lehet mindkét irányban	>1 Gbit/s
Iperf2.0.10 (NLANR/DAST)	MS Win10, Win7, WinXP, Linux, MacOS, Android	LE/FEL bitsebesség, RTT	Szállítási réteg (TCP/UDP)	Több szál támogatása (memória limit)	~1 Gbit/s
Iperf3.2.0 (ESnet/Lawerence Berkeley National Laboratory)	CentOS 7 Linux, FreeBSD 10, MacOS 10.12, Open BSD, Android	LE/FEL bitsebesség	Szállítási réteg (TCP/UDP)	Egy szál támogatása (nagyobb TCP ablakméret beállítása lehetséges)	~1 Gbit/s
Netperf2.7.0 (Hewlett Packard)	Linux/Unix, HP-UX system	BTC, RTT, csomagvesztés	Szállítási réteg (TCP/UDP) Adatkapcsolati réteg (DLPI)	Egy szál támogatása	~1 Gbit/s
Network Speed Test (Microsoft)	MS Win8.1, Win10, WinPhone	LE/FEL bitsebesség, késleltetés	Alkalmazási réteg (HTTP Flash player nélkül),	–	~1 Gbit/s
SmartCom Lab mérőrendszer v1.1	MS Windows 7/8/10, Linux, Mac OS, iOS, Android	LE/FEL bitsebesség (több rétegben), RTT: (min/avg/max), késleltetés, késleltetés-ingadozás, csomagvesztés (többféle módszerrel), újraküldés	Alkalmazási réteg (websocket), Szállítási réteg (TCP)	LE/FEL 32 szál, konfiguráció kérdése (több szál is lehet)	>1 Gbit/s

2. táblázat Hálózat átviteli teljesítményének szoftveres mérése

függvénye. Minden mérés 4 párhuzamos TCP-kapcsolaton indul, majd az időegység alatt mért bitráta függvényében növeli a rendszer a kapcsolatok számát (a felső korlát jelenleg 32 párhuzamos kapcsolat kliensenként). Ennek megfelelően nem csak egy adott TCP-kapcsolat szintjén értelmezhető felfutási idő, hanem a mérésre vonatkozóan is, melyet a kapcsolatszám növelésének dinamikája határoz meg. A rendszer a kapcsolatszám szükséges növelését a mérés első 1/3-ában végzi el.

4. Mérési pontosság vizsgálata

A teljesítményparaméterek meghatározására szolgáló mérőszoftver fő célja a nagy mérési pontosság elérése széles sebességtartomány mellett, különböző operációs rendszerek és web-böngésző platformok támogatásával. A *2. táblázat* összevetésként áttekintést nyújt a széles körben elterjedt, hálózati átviteli képességet tesztelő szoftverek fontosabb paramétereiről és a BME TMIT SmartCom Lab által kifejlesztett SCL-mérőrendszer tulajdonságairól.

A hálózati teljesítmény monitorozására használatos legelterjedtebb rendszert az Ookla működteti a *www.speedtest.net* weboldalon. A felhasználó lemérheti összeköttetése teljesítményét a világon bármelyik nyilvános Ookla-szerverhez kapcsolódva. Alapértelmezetten a felhasználóhoz fizikailag legközelebbi szerverrel épül ki a kapcsolat, de választhatunk másik szervert is a weboldalon felkínált lehetőségek közül. Egy teszt során le- és feltöltési irányú bitsebességet és késleltetést (RTT, Round Trip Time) mérünk, opcionális a késleltetés-ingadozás és csomagvesztési arány számítása – a szerverek operátorai általában nem is használják ez utóbbiakat. A mérési eredmények meghatározása a kliensoldalon, böngészőben történik. A mérőrendszer TCP-protokollt használt a tesztadatok átvitelére. Az átviteli paraméterek mérését viszont csak alkalmazási szinten tudja elvégezni a webböngésző architekturális adottságai miatt. A különböző kiszolgálókon végzett mérések eredménye eltérhet egymástól, egyrészt nyilvánvalóan az internet minőségének fluktuáló jellege, másrészt a fizikai távolság, harmadrészt a szervek konfigurálásának esetleges különbözősége miatt. A szerveren web-szervernek kell fut-

Böngésző	Statisztikai mutató	Késleltetés (ms)	Késleltés-ingadozás (ms)	Letöltési sebesség (Mbit/s)	Feltöltési sebesség (Mbit/s)
Google Chrome	átlag	0,844	0,147	9,448	9,481
	szórás	0,036	0,057	0,138	0,006
Microsoft Edge	átlag	0,752	0,046	9,473	9,442
	szórás	0,016	0,025	0,023	0,015
Mozilla Firefox	átlag	0,901	0,071	9,473	9,447
	szórás	0,066	0,047	0,011	0,185

3. táblázat Mérések 10 Mbit/s-os összeköttetésen

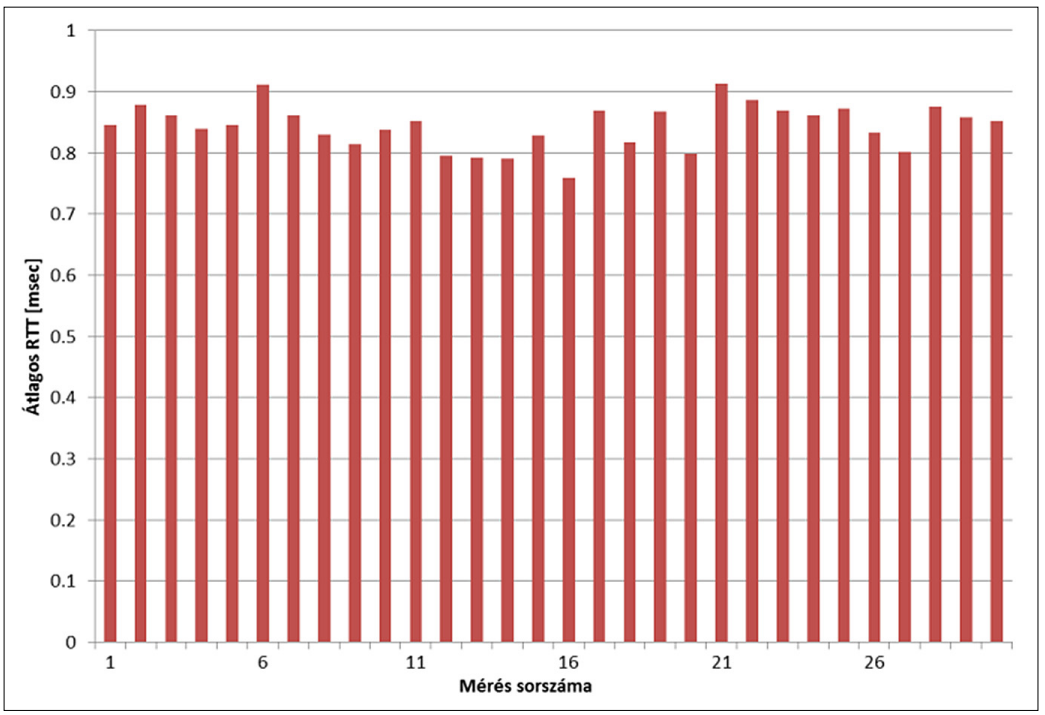
nia PHP, ASP, ASP.NET, vagy JSP támogatással. A kliensoldalon JavaScriptet támogató web-böngészőn kívül szükséges az Adobe Flash legalább v10, vagy a legújabb változat esetén a WebSocket támogatás. Alapértelmezetten lefelé irányban 32, felfelé irányban 4 szálon valósul meg az átvitel, ami 128-ra, illetve 32-re növelhető.

5. Mérési eredmények

A SmartCom Lab által kifejlesztett SCL-mérőrendszer kiterjedt operációs rendszer és webböngésző támogatása mellett nagy mérési pontosságot nyújt széles sebességtartományban. Ennek alátámasztására méréseket végeztünk 10 Mbit/s-os, 100 Mbit/s-os és 1 Gbit/s-os szimmetrikus Ethernet-összeköttetéseken. A méréseket sorozatban végeztük el, egy-egy sorozat legalább 30 mérést tartalmazott, ami biztosította, hogy a mérési eredmények átlaga elegendően kis bizonytalansággal adja meg a helyes értéket. A mérés során más felhasználói alkalmazás nem futott a kliensen és igyekeztünk minimálisra redukálni a kliensszámítógép elkerülhetetlen hálózati forgalmát is. Szükséges megemlíteni, hogy mivel a méréseket a le- és feltöltési sebesség szempontjából szimmetrikus tanszéki lokális hálózaton végeztük, így a 10 Mbit/s-os és a 100 Mbit/s-os mérési összeállítások esetén kapott késleltetés- és késleltetésingadozás-értékek nem adják vissza az ebbe a nagyságrendbe eső letöltési sávszélességgel rendelkező jellemzően aszimmetrikus hozzáférési hálózatok esetén mérhető értékeket. Az 1 Gbit/s-os mérési tartományban a méréseket úgy végeztük, hogy a klienst és a szervert közvetlenül összekötöttük. Emiatt az ezeken az összeköttetéseken mérhető késleltetés és késleltetés-ingadozás nagyon kicsi lett, nem tekinthető összevethetőnek a valós hozzáférési hálózati összeköttetéseken mérhető értékekkel. Ugyanakkor a mérések pontossága minden esetben nagyobb, mint az Ookla cég által kifejlesztett rendszer esetében. Vizsgáljuk meg közelebbről a mért eredményeket.

10 Mbit/s-os összeköttetésen végzett mérések

A *3. táblázat* összefoglalja a 10 Mbit/s-os hozzáférésen végzett mérések eredményeinek néhány statisztikai mutatóját. Látszik, hogy a fel- és letöltési bitsebesség, a késleltetés és késleltetés-ingadozás paramétereknél is nagyon alacsony szórás mutatkozott mind a három böngésző esetén. A megbízhatósági intervallum minden esetben 95%-on belül van. A *2. ábrán* látható, hogy a körbefordulási idő (RTT) átlagos idődiagram a Google Chrome böngésző használata esetén 0,85-0,86 ms körül mozog. Ez az érték Microsoft Edge böngésző esetén alacsonyabb tartományban 0,74-0,75 ms körül mozog, míg a Mozilla Firefox böngésző esetén ismét magasabb értékek a dominánsak: 0,87-0,88-0,90 ms.



2. ábra Átlagos RTT idődiagram (Windows 7, Google Chrome, 10 Mbit/s-os összeköttetésen)

Böngésző	Statisztikai mutató	Késleltetés (ms)	Késleltés-ingadozás (ms)	Letöltési sebesség (Mbit/s)	Feltöltési sebesség (Mbit/s)
Google Chrome	átlag	0,688	0,149	94,833	94,763
	szórás	0,037	0,024	0,105	0,312
Microsoft Edge	átlag	0,834	0,055	94,883	94,746
	szórás	0,180	0,047	0,034	0,019
Mozilla Firefox	átlag	0,668	0,067	94,864	93,726
	szórás	0,032	0,026	0,066	3,708

4. táblázat Mérések 100 Mbit/s-os össze-köttetésen

Böngésző	Statisztikai mutató	Késleltés (ms)	Késleltés-ingadozás (ms)	Letöltési sebesség (Mbit/s)	Feltöltési sebesség (Mbit/s)
Google Chrome	átlag	0,078	0,070	930,680	932,695
	szórás	0,035	0,083	6,181	10,018
Microsoft Edge	átlag	0,224	0,078	940,842	900,986
	szórás	0,020	0,144	0,580	4,073
Mozilla Firefox	átlag	0,107	0,037	932,746	941,245
	szórás	0,008	0,012	0,974	0,377

5. táblázat Mérések 1 Gbit/s-os össze-köttetésen

100 Mbit/s-os összeköttetésen végzett mérések

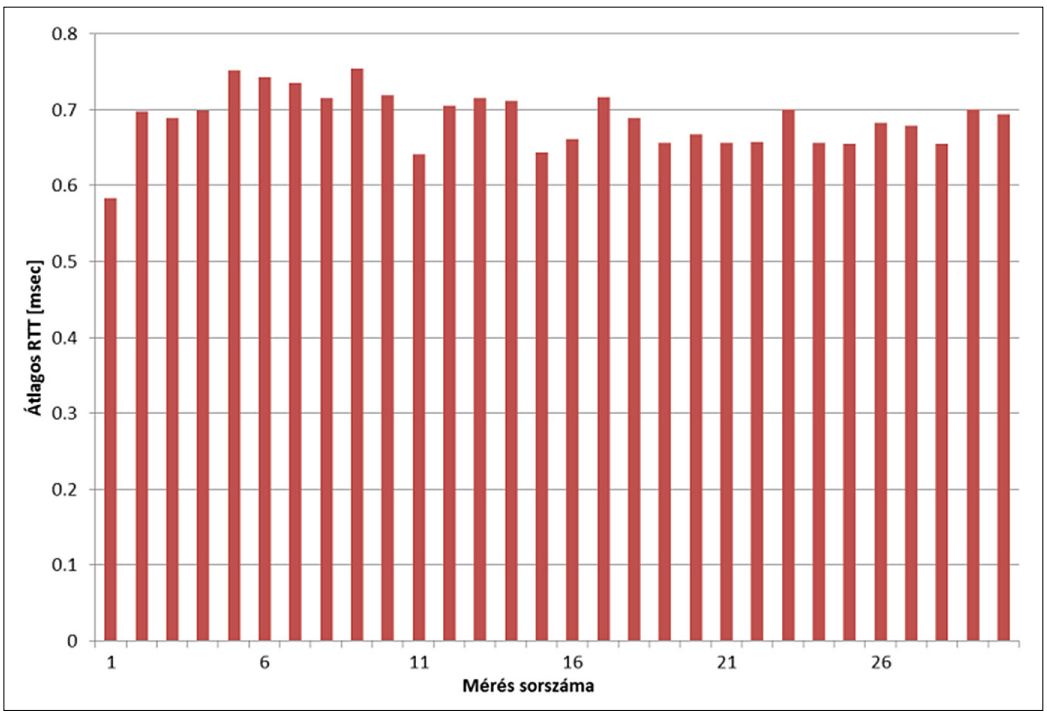
A *4. táblázat* a 100 Mbit/s-os hozzáférésen végzett mérések eredményeinek néhány statisztikai mutatóját foglalja össze. A 100 Mbit/s-os összeköttetésen végzett mérések statisztikája is kismértékű szórást mutat a fel- és letöltési bitsebesség, késleltetés és késleltetés-ingadozás paramétereknél egyaránt. A feltöltési sebesség esetén csak a Mozilla Firefox böngészőnél mutatkozott 3,708 Mbit/s szórás, de 100 Mbit/s-os átvitelnél még ez sem mondható túl nagy eltérésnek. A megbízhatósági intervallum itt is 95%-on belül van.

Az átlagos körbefordulási idő (RTT) *(3. ábra)* a Google Chrome böngésző esetén 0,65-0,71 ms értékek körül mozog, amit az átlagos RTT idődiagram ábra is jól mutat. Ez a paraméter Microsoft Edge használatával a 30 mérésből több mint 20 esetben 0,78 ms értéket mutat, míg Mozilla Firefox esetén változatosabbak az értékek: 0,64-0,65-0,69 ms a domináns.

1 Gbit/s-os összeköttetésen végzett mérések

Az *5. táblázat* az 1 Gbit/s-os hozzáférésen végzett mérési eredmények statisztikai mutatóit foglalja össze. Az 1 Gbit/s-os hozzáférésen végzett mérések is alacsony mérési hibát mutatnak. A szórás értékei nagyon alacsonyak a késleltetés és késleltetés-ingadozás paraméterek esetében. A Mozilla Firefox böngészővel mért eredmények alacsony szórású le- és feltöltési sebességértékeket mutatnak. A Microsoft Edge esetén a feltöltési sebességnél a szórás 4,073 Mbit/s, de 1 Gbit/s-os átvitel mellett ez is alacsony érték. Google Chrome-mal mindkét sebesség szórása >5 Mbit/s, de 1 Gbit/s-os átvitel mellett ez szintén elenyésző. A megbízhatósági intervallum pedig még az 1 Gbit/s-os hozzáférés mellett is 95%-on belül van.

Az átlagos körbefordulási idő (RTT) *(4. ábra)* a Google Chrome böngésző esetén 0,06 ms körül mozog, itt-ott egy-egy kilengéssel, ami még mindig csak 0,18 ms és 0,21 ms értékeket jelent. Ennél a paraméternél Micro-



3. ábra Átlagos RTT idődiagram (Windows 7, Google Chrome, 100 Mbit/s-os összeköttetésen)

soft Edge használatával a 0,21-0,22 ms értékek dominánsak, míg Mozilla Firefox böngésző esetén alacsonyabb értékek vannk többségben: 0,1-0,11 ms.

Az SCL mérőrendszer kliensoldali erőforrásigénye

A teljesítményparaméterek minél pontosabb meghatározása mellett, különösen nagy sebességű kapcsolatok mérésekor, fontos szempont a processzormagok optimális kihasználtsága, valamint az alacsony memóriahasználat. A *6. táblázat* az 1 Gbit/s-os átvitel mellett, Microsoft Edge böngészőn végzett, a letöltési és feltöltési sebességek mérése által előidézett teljes memóriafelhasználást, processzor-kapacitásigényt, valamint a hálózati interfész kihasználtságát mutatja.

6. táblázat
Mérés kliensoldali erőforrásigénye
(Intel i3-530, Windows 10, 1 Gbit/s-os összeköttetés)

Microsoft Edge	CPU (%)	Memória (MB)	Hálózat (Mbit/s)
letöltés	25,6	340,4	933,5
feltöltés	19,8	343,6	904,5

Jól látszik, hogy a mérőrendszer kliensoldali memória- és processzorigénye nagy átviteli sebesség (~1 Gbit/s) esetén is alacsony marad.

5. Összefoglalás

A bemutatott SCL-mérőrendszer architekturális jellemzői miatt a teljes mérési tartományában általánosan 2%-ot nem meghaladó mérési hibával képes lemérni az internet-összeköttetések rendelkezésre álló kapacitását. Ellentétben a legelterjedtebb webalapú mérőrendszerekkel, az SCL-rendszer szerveroldalon végzi a tesztforgalom paramétereinek mérését, ezáltal a hardver- és szoftverkomponensek elérése és ütemezése nagyobb pontossággal valósítható meg.

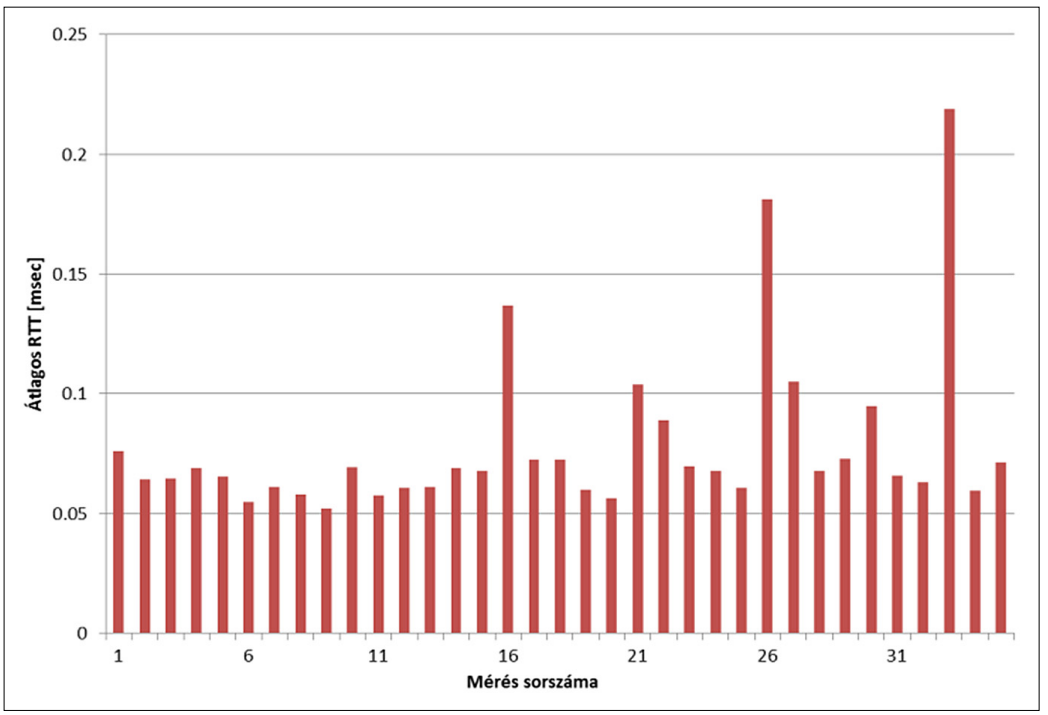
További előny is származik a szerveroldali mérésből: a szállítási rétegben végzett közvetlen mérési lehetőség a megnövekedett pontosság mellett olyan átviteli paraméterek mérését is lehetővé teszi, melyek kliensoldalon, böngészőben nem mérhetők le. A folyamatosan változó műszaki igényeket tekintve kiemelt szempont a rendszer mérési képességeinek bővíthetősége, melyet a fenti architekturális jellemzők lehetővé tesznek.

Szerzőinkről

OROSZ PÉTER a Debreceni Egyetemen végzett okleveles programtervező matematikusként. A BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékének oktatója, a Smart Communications Laboratórium vezetője. Elsődleges szakmai profilja kommunikációs hálózatok és szolgáltatások menedzsmentje. Kutatási témái: médiaszolgáltatások szolgáltatásminőségi vizsgálata, valós idejű támadásdetekció és -elhárítás adatközpontokban, 5. generációs mobilhálózatok erőforrás-menedzsmentje, helyhez kötött és mobil kommunikációs hálózatok forgalmi monitorozása. A fentiek mellett ipari IoT felhőrendszerek együttműködésének szolgáltatásminőségi kérdéseivel is foglalkozik.

KULIK IVETT a Kassai Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki oklevelet 1987-ben. A Kassai Műszaki Egyetem Számítástechnikai Központjának volt a munkatársa 1987-2000 között. 2001 óta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatika Karának Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén dolgozik, a Smart Communications Laboratórium tagja. Oktatási területe a hálózati rendszerek és a multimédia rendszerek vizsgálata. Kutatási területe jelenleg az infokommunikációs hálózatok szolgáltatásminőségi paramétereinek vizsgálata.

MAROSITS TAMÁS a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán végzett, mint okleveles villamosmérnök. Később PhD fokozatot szerzett a BME Villamosmérnöki Doktori Iskolájában. 1999 óta dolgozik BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén, elsősorban laboratóriumi tárgyak oktatója és tárgyfelelőse. Kutatás-fejlesztési munkát jelenleg az infokommunikációs hálózatok szolgáltatásminőségi paramétereinek mérése és a mérési eredmények feldolgozása területén végez. Megalakulása óta tagja a TMIT Smart Communications Laboratóriumának.



4. ábra
Átlagos RTT idődiagram (Ubuntu, Google Chrome, 1 Gbit/s-os összeköttetésen)

Hivatkozások

[1] Ericsson: Mobility Report, November 2017, *https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2017/ericsson-mobility-report-november-2017.pdf,* Letöltve: 2018. február 5.

[2] Cisco: Visual Networking Index, Forecast and Methdology 2016-2021, *https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf,* Letöltve: 2018. február 5.

[3] Cisco: Visual Networking Index, Global Mobile Data Forecast 2016-2021, *https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.pdf,* Letöltve: 2018. február 5.

[4] Európai Parlament és a Tanács (EU): TSM rendelet, 2015/2120 a nyílt internet-hozzáférés megteremtéséhez szükséges intézkedések meghozataláról, továbbá az egyetemes szolgáltatásról, valamint az elektronikus hírközlő hálózatokhoz és elektronikus hírközlési szolgáltatásokhoz kapcsolódó felhasználói jogokról szóló 2002/22/EK irányelv és az Unión belüli nyilvános mobilhírközlő hálózatok közötti barangolásról (roaming) szóló 531/2012/EU rendelet módosításáról, 2015. nov. 25. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L310, p.18.

[5] BEREC: Guidelines on the Implementation by National Regulators of European Net Neutrality Rules, BoR (16) 127 p.45, August 2016.

[6] BEREC: Monitoring quality of Internet access services in the context of net neutrality, BoR (14) 117, p.49, 25 September 2014.

[7] CEPT Electronic Communications Committee: Minimum Set of Quality of Service Parameters and Measurement Methods for Retail Internet Access Services, ECC Report 195, April 2013, *http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCREP195.pdf,* Letöltve: 2018. február 5.

[8] ETSI EG 202 057-4: "Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 4: Internet access", V1.2.1, July 2008, *http://www.etsi.org/deliver/etsi_eg/202000_202099/20205704/01.02.01_60/eg_20205704v010201p.pdf,* Letöltve: 2018. február 5.

[9] ITU-T Recommendation Y.1540: Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters, July 2016, *https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540-201607-I/en,* Letöltve: 2018. február 5.

[10] ITU-T Recommendation G.1010: End-user multimedia QoS categories, November 2001, *https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I/en,* Letöltve: 2018. február 5.

[11] IETF RFC 7679: A One-Way Delay Metric for IP Performance Metrics (IPPM), January 2016, *https://tools.ietf.org/html/rfc7679,* Letöltve: 2018. február 5.

[12] IETF RFC 2681: A Round-trip Delay Metric for IPPM, September 1999, *https://tools.ietf.org/html/rfc2681,* Letöltve: 2018. február 5.

[13] IETF RFC 3393: IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM), November 2002, *https://tools.ietf.org/html/rfc3393,* Letöltve: 2018. február 5.

[14] IETF RFC 7680: A One-Way Loss Metric for IP Performance Metrics (IPPM), January 2016, *https://tools.ietf.org/html/rfc7680,* Letöltve: 2018. február 5.

[15] IETF RFC 6673: Round-Trip Packet Loss Metrics, August 2012, *https://tools.ietf.org/html/rfc6673,* Letöltve: 2018. február 5.

[16] IETF RFC 3148: A Framework for Defining Empirical Bulk Transfer Capacity Metrics, July 2001, *https://tools.ietf.org/html/rfc3148,* Letöltve: 2018. február 5.

[17] IETF RFC 6349: Framework for TCP Throughput Testing, August 2011, *https://tools.ietf.org/html/rfc6349,* Letöltve: 2018. február 5.

[18] BEREC: Net Neutrality Regulatory Assessment Methodology, BoR (17) 178, p.25, 5 October 2017.

[19] IETF RFC 6455: The WebSocket Protocol, December 2011, *https://tools.ietf.org/html/rfc6455,* Letöltve: 2018. február 5.

Smart City megoldások a Budapest Közút Zrt.-nél

FEKETE GYULA, ALMÁSSY KORNÉL
Budapest Közút Zrt.
gyula.fekete@budapestkozut.hu

Kulcsszavak: 3D térképezés, pontfelhő, MLS, TLS, forgalomtechnika, nyilvántartás, útépítő mérnök, lézerszkennelés, KARESZ, LIDAR, GIS

A Budapest Közút Zrt. operatív üzemeltetéséhez egyre szélesebb körben állnak rendelkezésre Smart City-hez kapcsolódó szolgáltatások és technológiák. E feladatokhoz 2013-ban elindult a Közúti Adatgyűjtő Rendszer (KARESZ) fejlesztése, amelynek segítségével olyan 3D lenyomata készül el a városnak, mellyel az útfelújítások gazdaságosabb tervezésére és minőségellenőrzésére nyílik lehetőség, valamint további pontos elemzések hajthatók végre. A KARESZ következő fázisaként elkészült a Közterületi Adatok Publikációja (KAPU), mely az adatok nyilvántartásához, azok ügyviteli rendszerbe integrálásához, valamint elemzéséhez nyújt on-line megoldást. A KARESZ-KAPU megvalósulásával a világ egyik legkorszerűbb térképező és térinformatikai rendszere készült el, mely jellegéből adódóan nemcsak a Társaság Szolgáltatási szerződésében előírt adatok előállítására alkalmas, hanem minden, a közterületen tevékenykedő szervezet számára képes adatokat szolgáltatni a 21. század legkorszerűbb megoldásaihoz, beleértve akár az önvezető autókhoz szükséges alapadatokat is.

1. Bevezetés

Okos az, aki a hozzá beérkező információkból hatékonyan szintetizál.

A Budapest Közút Zrt. legfontosabb feladatai a város útjaihoz kapcsolódó operatív üzemeltetési tevékenységekhez kapcsolódnak. A munkák végrehajtásához egyre szélesebb körben rendelkezésre állnak Smart City-hez kapcsolódó szolgáltatások és technológiák, egyre több eszköz áll rendelkezésre az üzemeltetés hatékonyabb végrehajtásához. Legyenek bármilyen szofisztikáltak is az új eszközök, megfelelő mennyiségű és minőségű adatok nélkül egyik megoldás sem tud jól működni. A Társaság ezt felismerve úgy döntött, hogy az okos megoldások bevezetését megfelelő minőségű adatok gyűjtésével kezdi, így az új szolgáltatásokat és eszközöket már megfelelő alapinformációkkal tudja ellátni.

E feladatokhoz 2013-ban elindult a KARESZ (Közúti Adatgyűjtő Rendszer) fejlesztése, mely a város egész területére a legkorszerűbb megoldásokkal elkészíti Budapest 3D-felmérését. A rendszer térképi adatok készítését végzi, az ún. LIDAR (Light Detection and Ranging) technológiával, földi fotogrammetriai elemekkel kiegészítve. A felmérés eredményeként olyan 3D-lenyomata – pontfelhője – készül el a városnak, mellyel az útkarbantartások és -felújítások gazdaságosabb tervezéséhez és minőségellenőrzéséhez lehet részletes elemzéseket végezni. A forgalomtechnikai és forgalombiztonsági tervezések is pontosabbak és gyorsabbak lehetnek, a helyszíni felmérések pedig egységesebb és pontosabb adatok szerint valósulnak meg.

A KARESZ következő fázisaként elkészült a KAPU (Közterületi Adatok Publikációja), mely az adatok nyilvántartásához és azok ügyviteli rendszerbe integrálásához, valamint elemzéséhez nyújt on-line térinformatikai megoldást. A KAPU-hoz folyamatos fejlesztések zajlanak az egyre bővülő felhasználói kör igényei alapján. A KAPU, mint térinformatikai keretrendszer 2014 végére került kialakításra, mely mára nemcsak a Társaság dolgozóinak, hanem a fővárosi és számos kerületi önkormányzatnak, és egyéb fővárosi intézménynek is segíti a mindennapi munkáját. Az on-line rendszert minden felhasználó a számára testre szabott adatokkal és eszközökkel érheti el.

A KARESZ-KAPU 2012–2015 között valósult meg, beleértve a különböző szenzorok, szoftverek és hardver elemek rendszerbe integrálását, a saját internetfelhő összeállítását, illetve az üzleti folyamatok, az agilis rendszerfejlesztési folyamatok (SCRUM) bevezetését, valamint termelési munkafolyamatok szabványok szerinti eljárásainak kialakítását. A rendszer folyamatosan fejlődik, házon belül valósulnak meg a minden komponensre kiterjedő kiegészítő fejlesztések.

2. A KARESZ-KAPU elemei

A KARESZ-projektnek több, külön is önállóan működő, de egymáshoz szervesen integrált része van. Ezek a rendszerek más-más adatokat és szolgáltatásokat nyújtanak, de mindegyikről elmondható, hogy számos szolgáltatási területet szolgálnak ki, valódi multidiszciplináris megoldást nyújtva a Fővárosnak.

A KARESZ-KAPU elemei a következők:

1) Szkennelés
   a) MLS (mobil lézerszkenner) mérés
   b) TLS (statikus lézerszkenner) mérés
2) Vektorizálás
3) Adatpublikálás – KAPU
4) Elemzések

Ezeket vesszük sorra a következő szakaszokban.

1. ábra
A Budapest Közút mobil lézerszkennere a hordozó autóval

2. ábra
A mobil lézerszkenner közelebbről
(Felül két oldalt látható a két lézerszkenner fej, lentebb a hat darab kamera, középen a navigációs egység.)

2.1. Szkennelés

MLS (Mobile Laser Scanning)

A mobil lézerszkenner egy olyan mérési eljárás, melynél egy speciális mérőműszer autóra/hajóra/vonatra szerelve az utakat járva végigpásztázza, felméri a látható objektumokat, illetve a mérés végeztével a mért adatok utófeldolgozásával centiméterre pontos, úgynevezett pontfelhő áll elő *(1. és 2. ábra)*.

A kimeneti oldalon az úgynevezett 3D színes pontfelhő *(3. ábra)* koordinátái már a mai földmérő technológiával megegyező, 1-5 cm pontosságú adathalmazt eredményeznek. A kimeneti oldal tehát nemcsak a Szolgáltatási Szerződésben foglalt elemeket méri fel, hanem az utak mentén szabad szemmel látható minden objektumot, a talajtól a házak ereszén át a kábelekig.

További kimeneti adat az utakról minden 5 méteren készített 6-6 db színes felvétel, mely hozzávetőlegesen panoráma képet ad 5 méterenként a területről. Jelenleg kb. 35 millió ilyen képet készítettünk a KARESZ rendszerrel. Tekintettel arra, hogy a Társaságnak is eleget kell tenni a személyiségi jogokra vonatkozó törvényeknek, a Budapest Közút Zrt. saját fejlesztésű mesterséges intelligencia algoritmusokat használó robotot alkalmaz, mely az arcokat és rendszámokat minden egyes képről kitörli és folyamatosan tanulja az új helyzeteket.

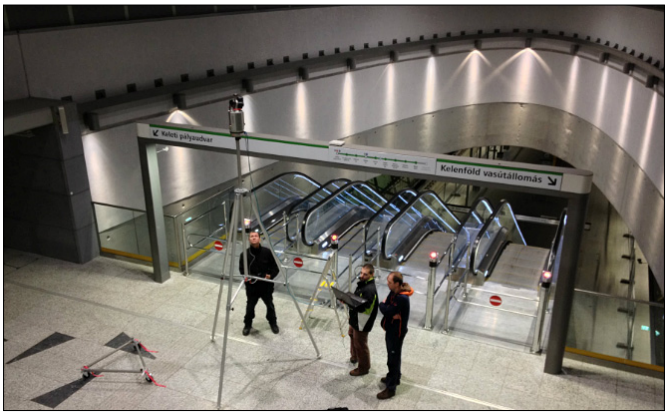
TLS (Terrestial Laser Scanning)

A statikus lézerszkenner mérési módszer az MLS kiegészítő eljárása, mely az MLS által fel nem mérhető helyeket pásztázza végig, illetve az MLS megfelelő pontosságát biztosítandó referenciaméréseket végzi. További feladata a Társaság által kezelt zárt terek, aluljárók, hidak stb. terepi felmérése.

A kimeneti oldalon szintén színes, 3D pontfelhő áll elő, melynek koordinátái a földmérő technológiával megegyező, 1-5 cm pontosságú adathalmazt eredményeznek, és összeilleszthetők az MLS pontfelhőjével. Az előállított pontfelhő tehát nemcsak a Szolgáltatási Szerződésben foglalt elemeket méri fel, hanem minden szabad szemmel látható objektumot a talajtól az ereszen át a kábelekig.

3. ábra
Az MLS által készített pontfelhő Budapest egy utcájáról

4. ábra
A Társaság által használt Riegl VZ-400 statikus lézerszkenner



5. ábra
TLS felmérés az M4 Bikás parki aluljárójában

További kimeneti adat minden ilyen, ún. szkennelési álláspontból készült 5 db nagy felbontású felvétel, mely körülbelüli panoráma képet ad az álláspontról. Jelenleg kb. 30 000 ilyen képpel rendelkezünk.

A TLS-eljárással már felmérésre került centiméteres pontossággal a város összes aluljárója, fontosabb csomópontjai, illetve néhány nappal a 4-es metróvonal átadása előtt a teljes metróvonal, beleértve a közösségi és kiszolgáló területet, illetve a teljes pálya is felmérésre került.

Pontfelhő alkalmazási területei – 21. századi alapadat

Az előállt pontfelhők számtalan területen alkalmazhatók. A Társaság elsősorban vektoros adatok előállításához használja, illetve különböző automata elemezésekhez, melyekről a későbbiekben lesz szó.

Ezen alapfelhasználási területeken túl a pontfelhők összetett, tipikusan Smart City megoldásokhoz is elengedhetetlen alapadatként szolgálnak. Kevesen tudják például, hogy az önvezető autók algoritmusainak legtöbb változata előre leszkennelt pontfelhőket használ referencia térkép gyanánt – a jármű fedélzeti szenzoraiból jövő adatokat e referencia pontfelhőhöz hasonlítja a rendszer a tájékozódás során.

A Társaság egyik külső munkája során a Budapesten elkészített pontfelhőnek megfelelő adatot használták már 2015-ben egy szingapúri városnegyedben, ahol önvezető taxik számára kellett megfelelően sűrű és pontos 3D térképi adat. Azóta a rendszer már tesztüzemben működik.

6. ábra
A TLS által készített pontfelhő – M4 Gellért téri állomása

Jelenleg már rendelkezésre álló pontfelhők és képek

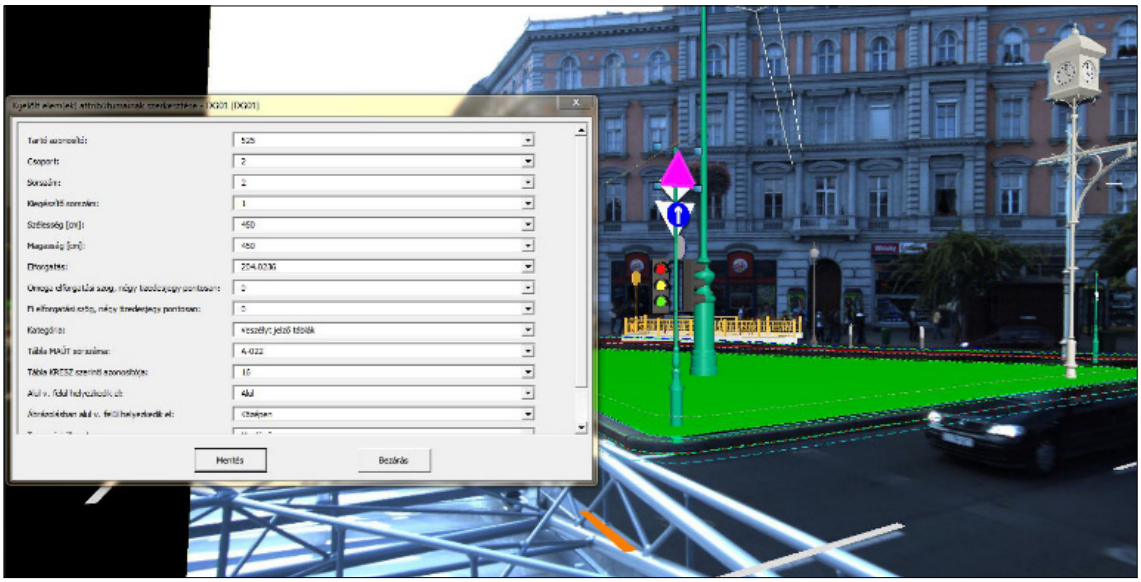
Az eszközök beszerzése óta a terepi felmérés tekintetében leszkennelésre került a főváros útjainak 100%-a, közel 5000 km városi útszakasz, illetve számos terület ismételt felmérése is megvalósult, illetve folyamatosan zajlik.

A főbb rendelkezésre álló *MLS felmérések,* melyek pontfelhője közel 300 TB adatot eredményez a Társaság dedikált felhőjében, a következők:

- A fővárosi tulajdonú utak (kb. 1070 km).
  (Ezen szakaszok évente felmérésre kerülnek, 2017-től a Google által is használt panoráma kameraképekkel kiegészítve. Így Budapestről a Társaságnál érhető el a legfrissebb Street View-jellegű képi adatbázis.)
- Az összes kerület teljes úthálózata.
  (A kerületi utak felmérése minden 1-1,5 évben szintén megvalósul, így részletes, és az üzemeltetési és karbantartási tevékenységek 90%-hoz elegendően naprakész és pontos adat áll elő.)
- Az összes aluljáró.
- A kb. 1000 közlekedési lámpás csomópont.
- A Duna teljes budapesti szakasza, kivéve a Soroksári-Dunaágat, amit az alacsony vízállás miatt nem lehetett megközelíteni.
- A Római part.
- A 4-es Metro alagútjai.
  (Ez utóbbi a világon elsőként valósult meg, mint kötött pályás alagútszkennelés, ahol egy felszíni bejárat van.

A *statikus (TLS) szkennelés* során az alábbi feladatok valósultak, illetve valósulnak meg folyamatosan:

- 750 db csomópont szélső pontos (kb. 1 cm pontos) felmérése.
- Kiegészítő mérések ott, ahol MLS nem használható.
- Duna korzó – forgalomtól elzárt terület miatt az MLS fizikailag nem tudott bemenni.
- A 4-es Metro összes állomása.
- Kb. 20 db aluljáró felmérése.
- A 4-es Metro teljes felmérése, közel 8000 álláspontból:
- A Füzérradványi Károlyi-kastély teljes külső és belső felmérése.



7. ábra
A KARESZ által készített vektoros állomány az attribútumokkal együtt

2.2. Vektorizálás

A KARESZ rendszer legáltalánosabban használt adatai – melyeket számtalan üzleti folyamatban használ a Budapest Közút Zrt. és társintézményei, valamint más külső felhasználók is, – a 3D vektoros adatok. Ezek felhasználói oldalon jellemzően mérnöki műszaki rajzok, vagy térinformatikai tematikus térképek, illetve különböző riportokhoz műszaki vázrajzok.

Az adatok pontfelhőből való kigyűjtése során a Társaság kiemelten figyelt a jövőbeni smartcity-megoldásokhoz való illesztésre, így minden elem geometriája mellé attribútumok is felvételre kerülnek. Ezzel az eljárással valódi 3D geo-adatbázis áll elő, ami alkalmas bármely jelenlegi vagy jövőbeni rendszer kiszolgálására.

Az attribútum-adatokkal együtt továbbá számos elemzést lehet végrehajtani, ami a Társaság folyamatait gyorsítja, döntési mechanizmusait fejleszti. Ilyen lehet adott elemeknek – például a városban található burkolati jelek teljes, valós területének – területszámítása. Ez a múltban több hetes és csak becsült eredményt adó munka volt, ma ez a feladat egy néhány perces on-line lekérdezés az adatbázisból.

A 3D pontfelhőből készült vektoros digitális adatbázis alapján az utakon található objektumok külön-külön kezelhetők, így a digitális nyilvántartás, az útvagyon, az üzemeltetési rendszer és még számos más terület számára alapadataként szolgálnak.

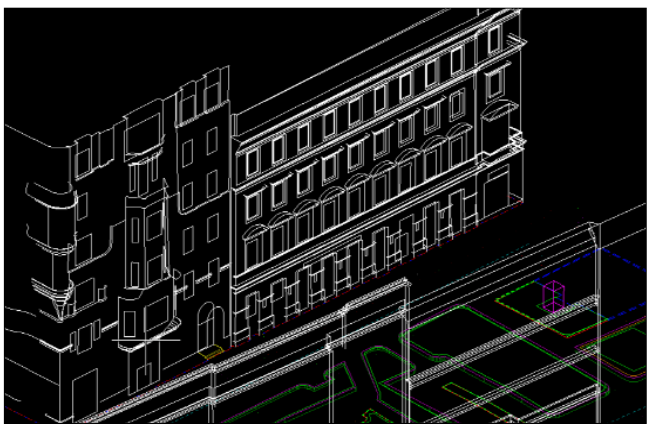
A kötelező elemek listáját a Társaság több hónapos, minden szakterületet bevonó vizsgálattal állította össze, melynek eredménye az az objektum és attribútum katalógus, mely Budapest közterületein fellelhető felszíni műtárgyakat és elemeket összesíti. Természetesen a vektorizálás során nemcsak az utakhoz kötődő, a Társaság által nyilvántartandó objektumok kerülnek, kerülhetnek felvételre, hanem minden más látható műtárgy is – kertészeti, közmű-műtárgyak, épületek homlokzatai, reklámtáblák, köztéri elemek, egyéb városi közvagyonhoz tartozó objektumok is.

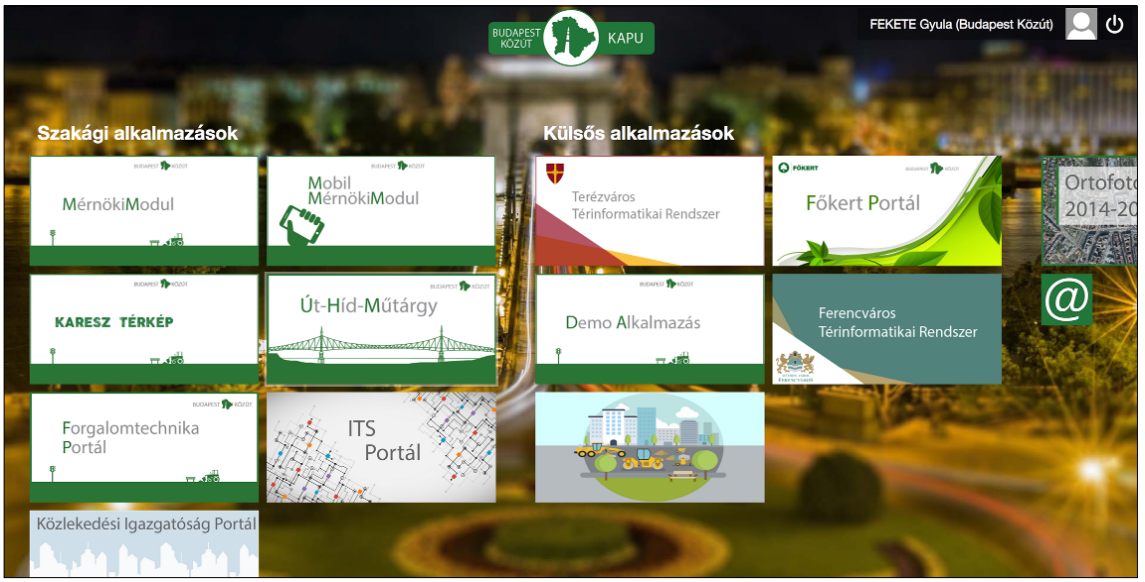
Tekintettel a rendszer sajátosságaira, nemcsak a Társaság szigorúan vett tevékenységeihez használható adatok állnak elő, hanem bármely más, a közterületeken működő szervezet számára szükséges objektumok is. A Társaság így mára nemcsak saját munkájához szükséges adatokat gyűjt, hanem több kerületi önkormányzat, a FŐKERT és más budapesti szervezetek számára is.

Az adatok előállításához az esetek 95%-ban az MLS/TLS kimenő adatait, a pontfelhőket, valamint a fényképeket használjuk. A vektoros adatok előállítása két módon zajlik: a város teljes úthálózatának kampányszintű felmérése, illetve az igények szerinti egyedi adatgyűjtések, melyek adott időpontban adott útszakasz felmérését célozzák. Előbbi kampányfelmérésekből az alábbiak valósultak meg:

- Az első nagy felmérési munka a város teljes úthálózatát (~5000 km) lefedő forgalomtechnikai váztérkép elkészítése volt mérnöki pontossággal, mely tartalmazta a város összes forgalomtechnikai lámpáját, tábláját és burkolati jeleit, valamint az összes útburkolat szélét.
  Ez a munka 2016 közepére lezárult.
- Minden évben elkészül a város fő- és tömegközlekedési úthálózatának ismételt felmérése és a már vektorizált adatok frissítése.

8. ábra
Homlokzatfelmérés a KARESZ MLS pontfelhője alapján – az utakon kívüli elemek is korrektül felmérhetők





9. ábra A KAPU nyitó portálja. A felhasználók csak azokat az alportálokat látják, amelyekhez jogosultsággal rendelkeznek

- A második kampány a fő és tömegközlekedési utak (~1500 km) közmű nélküli műszaki alaptérképének elkészítése, amely minden fontosabb felszíni objektumot, burkolt és burkolatlan felületet magában foglal.

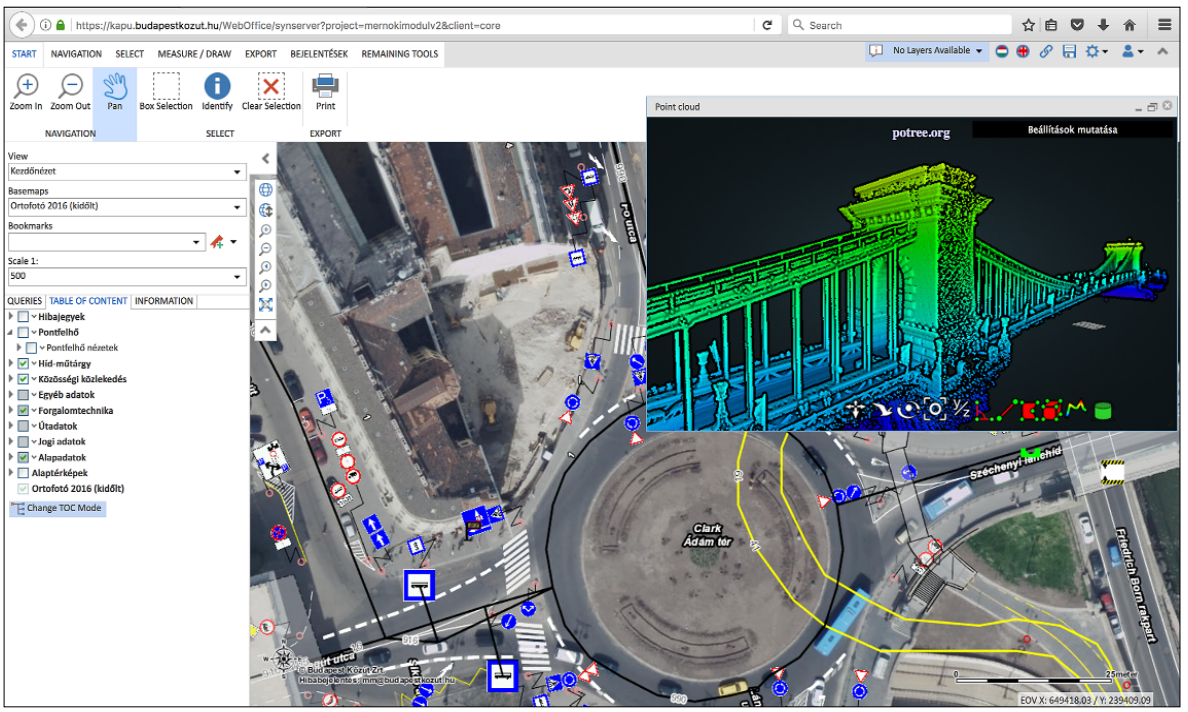
Ezen adatok mind elérhetők a Társaság térinformatikai portálján, és – jogosultság alapján – akár le is tölthetők a felhasználásnak megfelelő formátumban (DXF/DGN/SHP stb.)

2.3. Adatpublikáció – KAPU

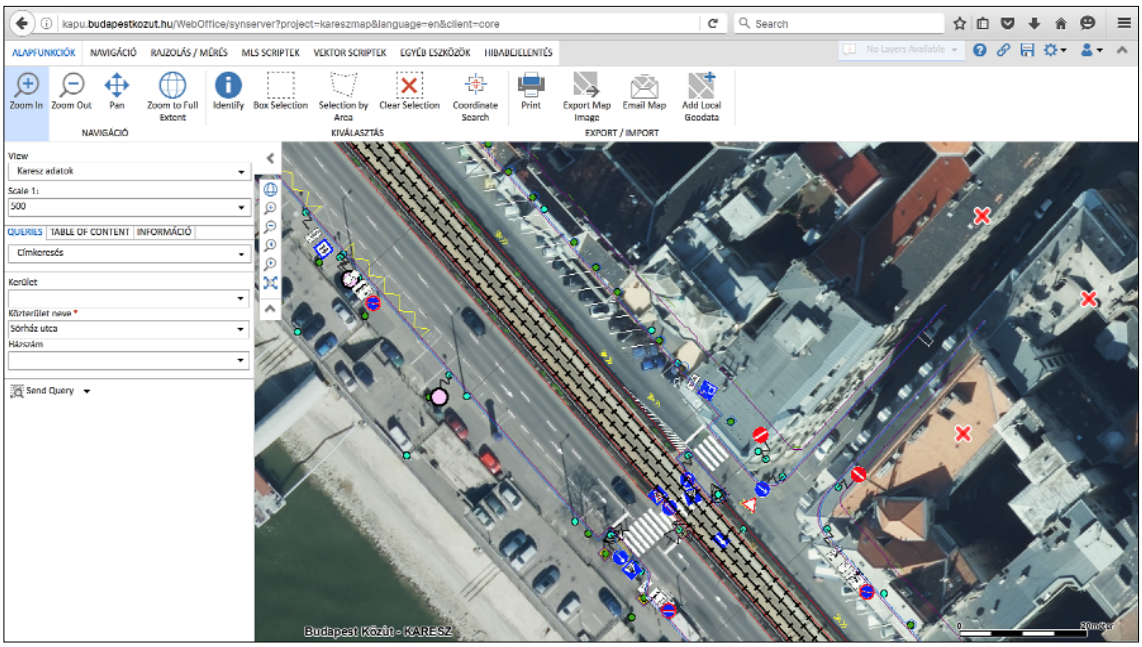
A KARESZ által elkészített adatok megjelenítését, kezelését és elemzését a Közterületi Adatok Publikációja, röviden a KAPU biztosítja. A KAPU-n keresztül a szakágak, vagy más, Társaságon kívüli felhasználók a lehető legkönnyebben kezelhető térképi környezetben férnek hozzá a KARESZ- és nyilvántartási adatokhoz, vagy az ügyviteli rendszerükben lévő egyéb információkhoz. A rendszer használata nem igényel speciális szaktudást.

A KAPU-t úgy terveztük meg, hogy az egyes szakágak a számukra fontos adatokat, és csak azokat lássák olyan formában, ami munkájuk számára a leginkább kényelmes. Így a KAPU valójában egy térinformatika alapú keretrendszer, mely alportálokon keresztül érhető el a felhasználók számára. Bizonyos felhasználók csak egy-egy ilyen alportált látnak, míg mások több, a munkájukhoz szükséges felületet is elérhetnek.

A rendszert felkészítettük külső felhasználók kiszolgálására is. Technikailag bárki is tevékenykedik a főváros közterületein, ugyanazokat a helyszíni adatokat használja, csak más-más formában. A KARESZ felméri a Társaság számára ezen elemeket, a KAPU pedig képes azokat a külső felhasználók számára is jól használható formában megjeleníteni, elérhetővé tenni.



10. ábra A KAPU felhasználói felülete néhány fontosabb adattal



11. ábra
Budapest egy kereszteződése térinformatikai megjelenítéssel a KAPU-ban

Napjainkra már számos kerületi önkormányzat (pl. Terézváros, Ferencváros, Óbuda stb.) és budapesti vállalat (BKK, Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatala, Főkert Zrt., FKF Zrt. stb.) használja napi munkájához.

Adatkonvertálás belső és külső adatpublikációhoz

Megvalósult a széleskörű adatszolgáltatáshoz szükséges adatkonvertáló motorok elemeinek kifejlesztése. A megoldással külső vagy belső adatok fogadása és kiadása vált teljesen automata módon kivitelezhetővé. A felhasználók így az on-line portálon látott adatokat a saját környezetükbe tudják átemelni, vagy az általuk elkészített terveket vagy egyéb téradatokat és azok leíró adatait a központi adatbázisba betölteni – így elérhetővé téve azt az összes (jogosultsággal rendelkező) felhasználó számára.

Erre jó példa, hogy ma a Főváros forgalomtechnikai tervezését (diszpozíciók készítését) a Budapest Közútnál működő Forgalomtechnikai igazgatóság munkatársai a KAPU támogatásával készítik. Az adott útszakasz forgalomtechnikai tervezéséhez szükséges aktuális állapotot a mérnök a KAPU-ba belépve lehatárolja, megadja a szükséges paramétereket és kért adatokat, melyeket a KAPU a felhasználó számára automatikusan kiemel a központi adatbázisba és a forgalomtechnikai szabvány szerinti tervezési fájlformátumban, a megfelelő rétegrenddel elküldi a mérnök e-mail címére. A tervező így néhány perccel az adott terület tervezési feladatának kézhezvételét követően már meg is kezdheti a munkát, mivel a KAPU biztosította számára a tervezéshez szükséges alaptérképi és egyéb információkat.

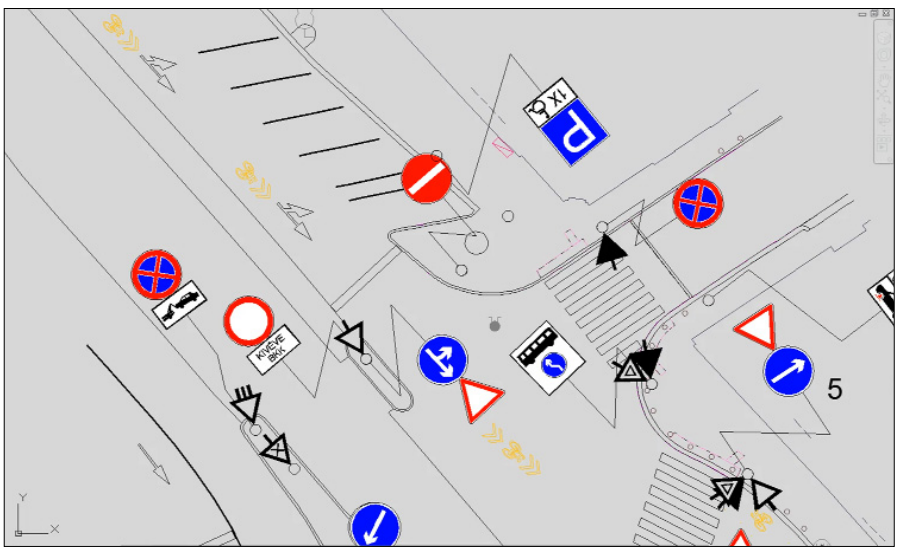
Ügyviteli rendszerek térinformatikai támogatása

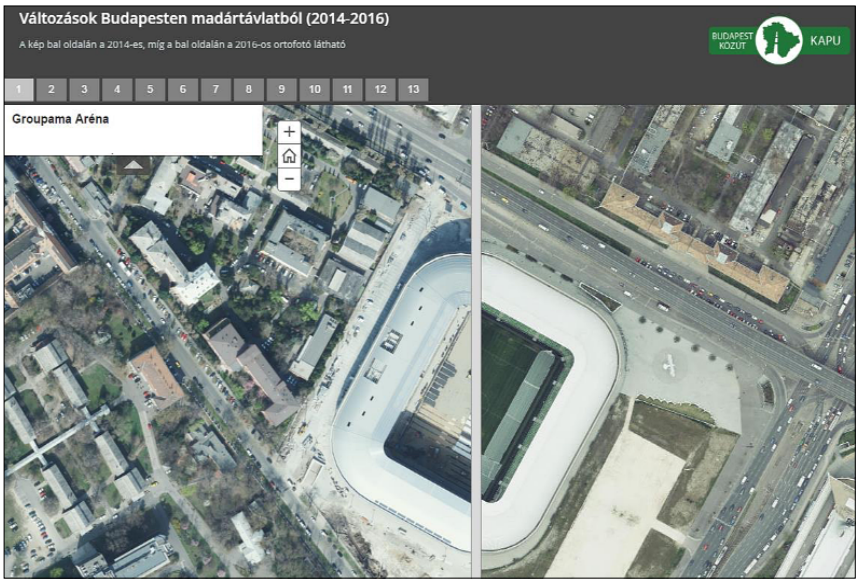
A jelenleg működő ügyviteli rendszer térképi támogatása szintén megvalósításra került. Ez egy hosszú folyamat, ugyanakkor mára a Társaság nem-térképi ügyviteli rendszere összekapcsolódott a KAPU-val, így az ott rendelkezésre álló adatok grafikus, térképi támogatással is megjeleníthetők, és akár módosíthatók is.

Ortofotók

A Társaságunk által megrendelt 2016-os ortofotófelmérés bekerült a KAPU-ba, így a korábbi ortofotókkal együtt elérhető a közterületekre és az épületekre optimalizált változat is. A KAPU mellett, a tervezők számára elérhető AutoCAD-ben is. A könnyebb összehasonlíthatóság érdekében készítettünk egy felületet, ahol a 2014-es és 2016-os ortofotók együttesen láthatók és egy csúszkával felfedezhetjük a különbségeket.

12. ábra
Ugyanaz a kereszteződés a KAPU-ból kiexportálva a forgalomtechnikai CAD szabvány állomány-rétegrendjével és szimbólumaival



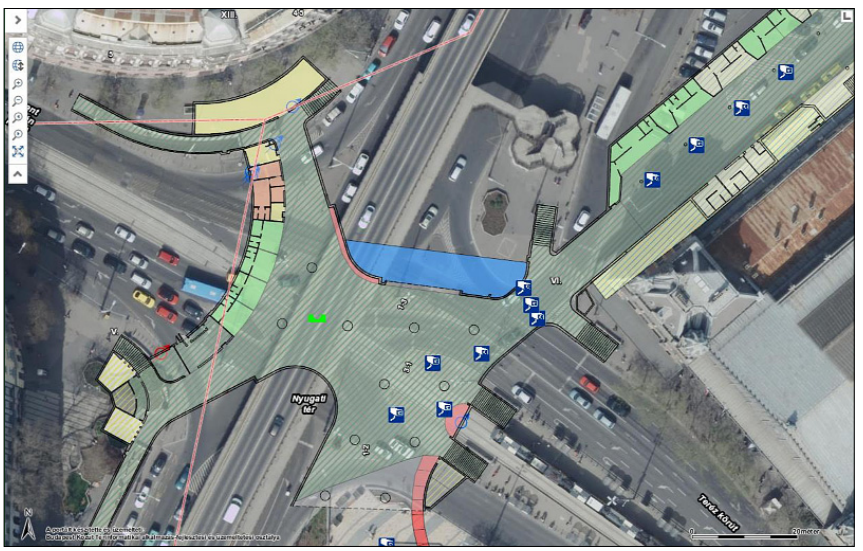


13. ábra
A kép bal oldalán a 2014-es, míg a jobb oldalán a 2016-os ortofotón látható a Groupama Aréna

Híd-műtárgy portál

A legújabb KAPU alkalmazásunk a híd-műtárgy szakág számára készült, amelyben a mérnöki modulban megszokott funkciókhoz képest a szakág szakemberei szerkeszthetik az aluljárókhoz kapcsolódó létesítményeket is, például térfigyelő kamerák, mozgólépcsők, tűzcsapok stb.

A fejlesztés következő szakaszában az aluljáró-törzslapok digitalizálását és azok könnyű elérését fogjuk biztosítani, illetve az aluljárók nem közforgalmú részeinek műszaki tartalma is bekerül az adatbázisunkba. Ennek köszönhetően naprakész és a teljes szakág számára azonos adattartalom válik elérhetővé pár kattintással.

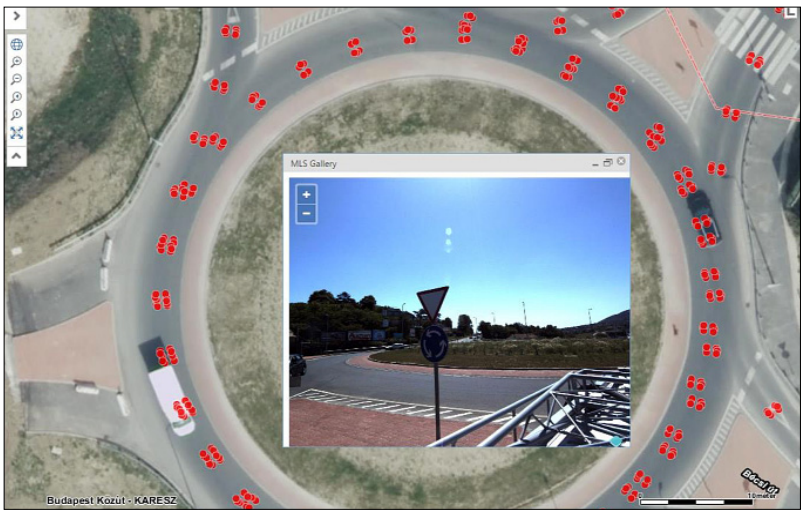


14. ábra
Aluljáró felülnézetben a KAPU-ban, az Út-, Híd-, Műtárgy osztály alportálján

MLS képek a kapuban

A pontfelhő-felmérés során felmérő autónk képeket is készít. Pontosabban, 5 méterenként 6 db képet, így a teljes városra lehetőségünk van egy Google Street View-t készíteni. A képek KAPU-ban történő megjelenítésének első fejlesztési fázisánál tartunk, ahol csak egyesével lehet megnézni őket. A következő ütemben elkészül a felhasználóbarát verzió is, amikor egy ablakban nézhetjük meg a 6-6 képet, majd végül a harmadik ütemben már az egyes álláspontok között is lépkedhetünk a képen belül.

A teljes város megjelenítéséhez meg kellett oldanunk a személyiségi jogok védelme céljából a rendszámok és arcok kitakarását. Ehhez saját fejlesztésű tanuló algoritmus alapján működő robotot használtunk, ami az első 10 000 képen megmutatott arcok és rendszámok után automatikusan ismerte fel a további

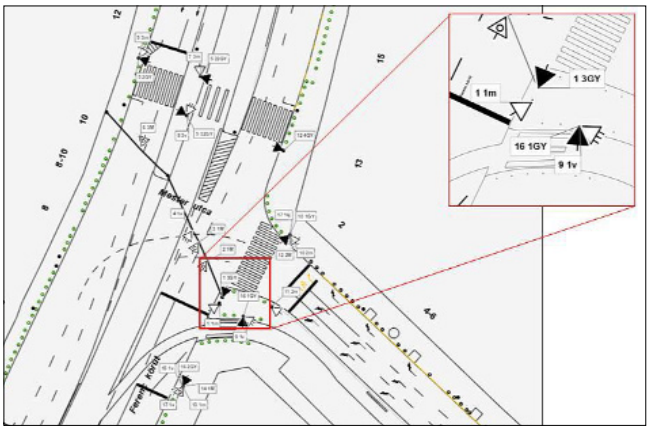


15. ábra
A KARESZ képeinek helyei piros ponttal jelölve és egy kamerakép a KAPU-ban

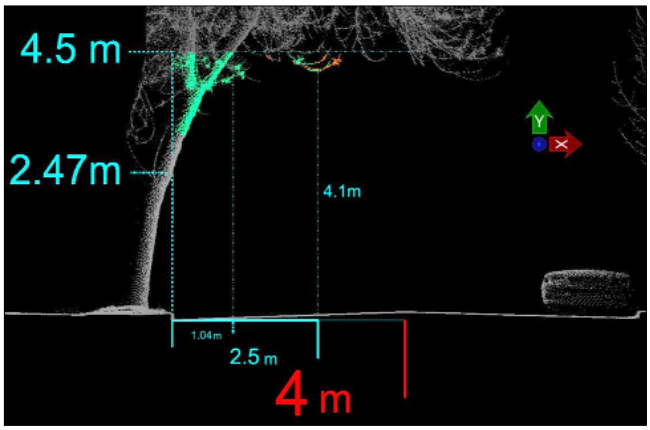
több tízmillió képen ezeket az elemeket. A robot körülbelül egy hétig dolgozott az adatokon, de mára a teljes képállomány publikálható. Az ismételt felmérésekkor már a munkafolyamat része, hogy az elkészült képeket a feldolgozás során automatikusan kitakarja a robot, így azonnal on-line is rendelkezésre állnak a felvételek.

Jelzőlámpás csomópontok frissítése

A KARESZ vektorizáló csapata a budapesti kereszteződések, gyalogosátkelők jelzőlámpáinak és érzékelőinek készíti a nyilvántartását a jelzőlámpás szakág kérésére. A városban 1064 olyan csomópont van, amivel a



16. ábra
Jelzőlámpás kereszteződés
műszaki rajz szerinti megjelenítése a KAPU-ban



17. ábra
Pontfelhő elemző robot eredményének megjelenítése
a fák ütközésvizsgálata közben egy űrszelvényben

szakág foglalkozik, ezeknek a nyilvántartásba vétele folyamatban van. A munka a tervezett ütemben halad, a végleges csomóponti rajzok a KAPU-ban is elérhetők lesznek a kezelők számára.

Terepi táblaellenőrző alkalmazás

A KAPU egy speciális terepi modulja a Közlekedési Igazgatóság Teherforgalmi Osztálya számára készült el 2017 májusára: a terepi táblaellenőrző mobilalkalmazás, amellyel kiváltottuk a papíralapú helyszíni ellenőrzéseket. Az alkalmazásban létrehozott űrlap dinamikusan működik, tehát az egyes kérdések a korábbi kérdésekre adott válaszok szerint jelennek meg.

Az alkalmazás további előnye még, hogy offline alaptérképet használunk, amellyel a mobiladat-használat is minimálisra csökkenthető. Az űrlap kitöltése mellett maximum 2 kép is csatolható az ellenőrzés mellé. A terepen felvett adatok akár a helyszínről is beküldhetők, vagy az irodában, Wi-Fi-ről is szinkronizálhatók. Előbbi esetben az ellenőrzéseket együttesen megjelenítő webalkalmazásban azonnal megjelennek a bejelentések.

Az alkalmazás tehát számottevő idő spórol meg az ellenőrzések során és csökkenti a papíralapú ellenérzéshez képest az irodai utófeldolgozás idejét is.

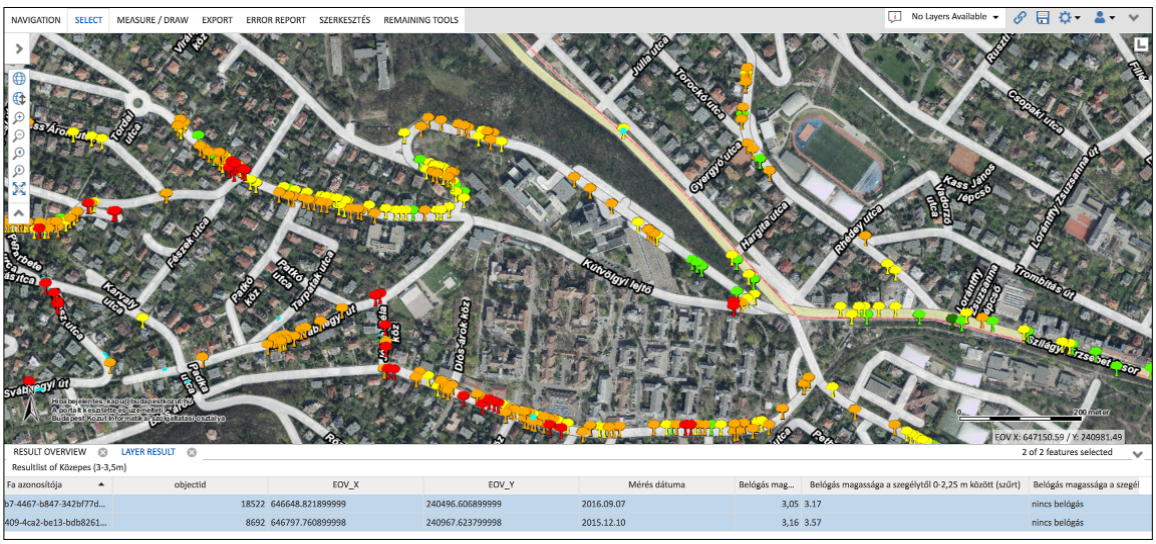
Jelzőszámozási helyszínrajz szakági ellenőrzése

A KARESZ által felvett jelzőlámpás csomópontok szakági ellenőrzése a KAPU-ban zajlik. A KAPU-portálban a szakág egyrészt ellenőrizheti, hogy a jelzőlámpák a megfelelő számozást kapták-e, illetve arrébb helyezheti a jelzőlámpa fejeket és zászlókat annak érdekében, hogy a jelzőszámozási helyszínrajz a legmegfelelőbb legyen (pl. jelzőlámpák ne takarják egymást).

Az ellenőrzés és átszerkesztés után lehetőség van a jelzőlámpás csomópontokat egy jelzőszámozási helyszínrajzként pdf-be exportálni a megfelelő térképi megírásokkal együtt.

Űrszelvény vizsgálatok

A budapesti közlekedés során az út felé dőlő, illetve lombozatukkal belógó fák fizikai akadályokat jelentenek egy külső sávban közlekedő, nagyobb teherautó vagy busz számára. Gyakori eset a ponyvák szétszakadása vagy a rakomány és karosszéria komoly sérülése. Az útellenőrök kérésére egy olyan elemzés készül, amely a pontfelhőből kiszűri az űrszelvénybe lógó fák részeit, ami a burkolatra vetítve a szegélytől számított 4,5 m vertikális magasságot jelent. További zajszűréssel megtalálhatók a vastagabb, veszélyt jelentő ágak, gallyak.



18. ábra
A fák
űrszelvény-
vizsgálatának
eredménye
a KAPU-ban,
színekkel
jelölve a
biztonságostól
a rendkívül
kritikus
fabelógások
szerint

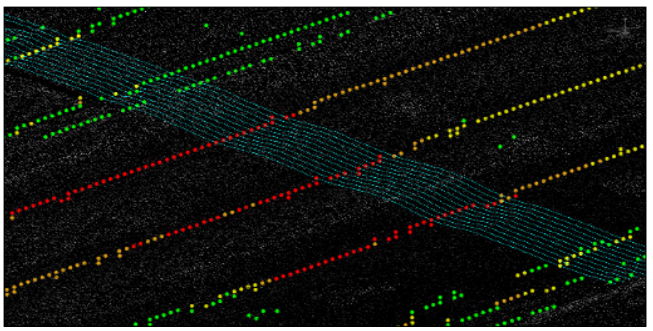
19. ábra Kátyú és repedezettség vizsgálat

A városra így készíthető egy veszélytérkép, melyet az útellenőrök helyszíni terepbejárásaik és ellenőrzéseik után továbbítanak a budapesti fákért felelős FŐKERT Nonprofit Zrt. részére, hogy a balesetmentes közlekedés érdekében vágást vagy metszést kezdeményezzenek.

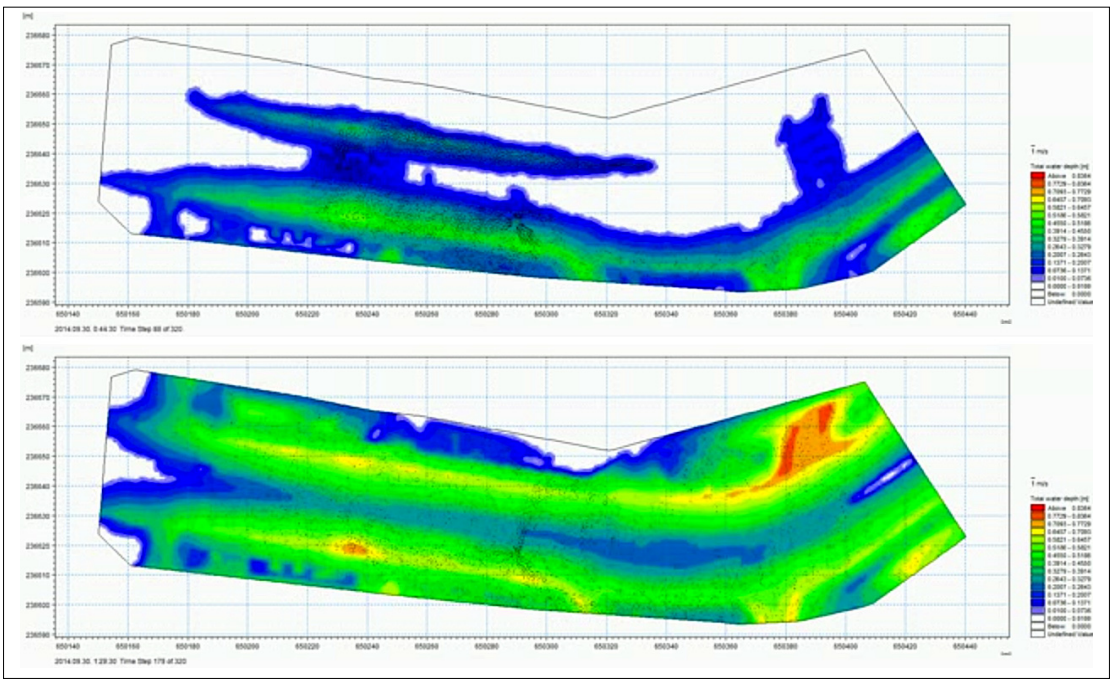
Az elemzés eredményei a KAPU-ban 2D-s szimbólumokkal ábrázolva, a belógás paraméterei attribútum adatokként láthatóak.

2.4. Elemzések

A KARESZ által gyártott pontfelhő olyan sűrű és részletes, hogy eddig nem látott speciális elemzésekre nyílik lehetőség. Olyan elemzésekre, melyre a városüzemeltetési, közlekedési és útügyi szakterületek történetében eddig még soha nem volt lehetőség.



20. ábra Nyomvályúsodás



21. ábra Felszíni modellek elöntés vizsgálatokhoz

Szerzőinkről

DR. ALMÁSSY KORNÉL TAMÁS útépítési szakember, az oktatásban és a szakmai közéletben is kiemelt tapasztalattal. Tanulmányai alatt és doktoranduszi feladatai elvégzése során a szakmai tudás gyarapítása és annak átadása mellett a hallgatói társadalom érdekvédelmi szervezeteinek munkájában és az egyetemi diák-közéletben is meghatározó szerepet játszott. A 2006-2010 közötti választási ciklusban politikai szerepvállalásakor az oktatás és sport szerepét kiemelten képviselte. 2010-től a Budapest Közút Zrt. vezérigazgatója. Tisztsége betöltése óta a társaság komoly elismeréseket ért el a fővárosban, ami az éves költségvetés, a dolgozói létszám, valamint az ellátandó feladatok számának növekedésében is megmutatkozik. Számos szakmai publikációja jelent és jelenik meg a városi úthálózathoz kapcsolódó szakterületi témákban.

FEKETE GYULA távérzékelési, térinformatikai szakember kiterjedt nemzetközi tapasztalattal. 2000 óta számos magyar és nemzetközi légi- és űrfelvétel-alapú térképezési munkában vett rész projektbonyolítóként vagy szállítói oldalon. Széleskörű nemzetközi tapasztalattal rendelkezik űrfelvétel-alapú védelmi-, békefenntartói- és bányászati célú térképi adatbázisok előállításában és ellenőrzésében. Több nemzetközi szervezetnél dolgozik szaktanácsadóként. Az elmúlt években a földi és légi LIDAR-alapú 3D-várostérképezésben tevékenykedett, városi szintű adatbázis készítő, és on-line publikáló rendszereket tervezett és épített föl hazánkban (KARESZ) és külföldön egyaránt (Szingapúr). Jelenleg a Budapest Közút Zrt-nél, mint vezetéstámogatási kiemelt szakértő dolgozik, valamint több nemzetközi 3D-városmodellező munkában is részt vesz.

Okos Város kiállítás a Műegyetemen

BAKONYI PÉTER, DÉKÁNY DONÁT
BME Egyesült Innovációs és Tudásközpont
bakonyip@eit.bme.hu

Kulcsszavak: Smart City, open urban platform, urban mobility, Smartpolis

2017. november 8-9-én először került megrendezésre a már hagyományos „Magyar Jövő Internet Konferencia – Célkeresztben az okos város" mellett az „Okos Város kiállítás" a BME Központi épületében. A kiállítás célja elsősorban a hazai okosváros-koncepciók, a megvalósult megoldások és eredmények bemutatása volt. A hazai részvétel széleskörű volt, beleértve a városokat, az okos városok fejlesztésével foglalkozó jelentős multinacionális vállalatokat, kutatóintézeteket és számos egyetemet.

OKOS VÁROS KIÁLLÍTÁS

1. Bevezetés

Sikerült külföldi kiállítókat is meghívni, így az e témában nemzetközileg elismert intézmények is bemutatták új eredményeiket. A kiállításon 29 kiállító vett részt, amely felülmúlta várakozásunkat. Ez azt mutatta, hogy szükség van a már nemzetközileg évről évre megrendezett hagyományos kiállításokon felül a régiónkban is hasonló rendezvényekre. A sikert az is jelezte, hogy számos kormányzati és önkormányzati vezető vett részt az eseményen, akik egyaránt elismerően nyilatkoztak a rendezvényről.

A konferencia házigazdája a BME és az NKE Rektora, fővédnöke Áder János köztársasági elnök volt. A kiállítás rendezője a BME, védnöke pedig Lepsényi István NGM államtitkár volt.

2. Az Okos Város kiállítói

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar (BME-VIK), Egyesült Innovációs és Tudásközpont

A Smartpolis projekt

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem három konzorciumi partnerével részt vesz a Horizon 2020 Widespread, 2017-2018 – Teaming – pályázatban. A pályázat célja a Smartpolis Okos város Kiválósági Központ létrehozása a közép-kelet európai régióban. A tervek alapján várhatóan kilenc nyertes pályázat lehet, amelyek egyenként max. 15 millió Euro EU-s támogatást kaphatnak, hogy létrehozzák és fejlesszék az általuk választott szakmai területen működő kiválósági központot. A Smartpolis pályázat esélyét javíthatja, hogy az első fordulóban a nyertes 30 pályázat közül csak ez az egy pályázat foglalkozott az okos városok témájával. A kiállításon bemutatásra kerültek a már elért eredmények és a fejlesztések várható irányai. Ezek közül kiemelendők a következők:

A Smartpolis Okos Város Regionális Kiválósági Központ katalizátorként működik az European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities (EIP-SCC) tevékenységének a régióban történő elterjesztésében, amelynek eredményeképpen a városok, az ipar és az állampolgárok együttműködése javítja a városi életminőséget a fenntartható integrált megoldások révén.

Hasonlóképen szoros együttműködést alakít ki a Központ az e területen működő iparvállalatokkal. Segíti a kis- és középvállalatok bekapcsolódását az okos város fejlesztési projektekbe, hiszen azok szolgáltatásai új piaci lehetőségeket nyújtanak a helyi szolgáltató kis- és középvállalkozásoknak, s ezzel jelentős mértékben javítják a helyi foglalkoztatást.

A Smartpolis keretében megvalósuló fejlesztések jelentős hozzájárulást adhatnak az okos városok terén együttműködések kialakítására a közép-kelet európai régióban és a régió bekapcsolására az EU átfogó Smart City programjaiba. A projekt során keletkezett új eredmények, know-how-k megosztásra kerülnek a régióban együttműködő partnerek között, így segítve a felzárkózást az európai élvonalhoz.

Egészségipari Mérnöki Tudásközpont (BME-VIK)

Okos életvitel,
azaz életvitelt segítő informatika

Mindennapjaink egyre nagyobb részét támogatják és felügyelik intelligens környezetek és e-technológiák. A kutatások olyan területekre irányulnak, amelyekben intelligens szolgáltatások sokaságával, számítógépek, adatgyűjtő pontok millióival rendelkező, nagy, elosztott rendszerek alkotják a közeljövő tudásalapú társadalmának, gazdaságának és szolgáltatási rendszereinek – nem utolsósorban egészségügyi és szociális ellátó rendszereinek – alapvető infrastruktúráját.

A BME-n a 2007-ben létrehozott és 2015-ben az EIT-be beolvadt Egészségipari Mérnöki Tudásközpont (EMT) szakterületei: időskorúak, krónikus betegek és fogyatékossággal élők életvitelét segítő, infokommunikációs technológiát alkalmazó rendszerek kutatása és fejlesztése; ilyen rendszerek használhatóságának vizsgálata; módszertanok, alkalmazási modellek kidolgozása; döntéshozást elősegítő és gyakorlati bemutató rendszerek létrehozása; a kidolgozott modellek és módszertanok valós élethez közeli környezetben való kipróbálása és a megoldások népszerűsítése.

Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék (BME-VIK)

SOLSUN – városi szenzorhálózat,
IoT megoldásokon alapuló
fenntartható kültéri világítás

A Climate-KIC európai tudás- és innovációs közösség kutatási és fejlesztési projektjeinek keretében a BME Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszéke négy konzorciumi partnerével, többek között a British Telecom-mal, 1,4 millió euró támogatást nyert a SOLSUN (Sustainable Outdoor Lighting & Sensory Urban Networks) projektre a 2015-2017 időszakra.

A SOLSUN projekt célja megmutatni, hogyan lehet költséghatékonyan és fenntartható módon intelligens városi infrastruktúrát kialakítani a városi közvilágítási rendszer hasznosításával. Az energiafogyasztás csökkentésének és a levegőszennyezés mérséklésének segítése szerepelnek a projekt elsődleges céljai között. A SOLSUN projekt egy integrált technológiai platformot fejleszt, amely a BME tanszékén született kutatási eredményeken és kifejlesztett SensorHUB *(www.aut.bme.hu/SensorHUB)* keretrendszeren alapszik, mind a kliensoldali adatgyűjtést, mind az adatátvitelt és adatfeldolgozást tekintve.

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék (BME-VIK)

Hibrid V2X járműkommunikáció
5G felhőinfrastruktúrákban

A trendek alapján a C-ITS hálózati és szállítási rétegek hibrid rádiós rendszerre fognak támaszkodni, ahol Wi-Fi, DSRC/ITS G5, 3G, 4G/LTE/LTE-A/LTE-A Pro, 5G, műholdas stb. kommunikációs technológiák együtt, sok helyen egyszerre elérhető módon fognak működni. Egymástól eltérő jellemzőik, képességeik és lehetőségeik miatt ezek a technológiák átlapolódóan, egymást kiegészítő módon lesznek alkalmazva, ami megköveteli a hálózati erőforrások hatékony kezelését, a hálózati- és felhőalkalmazások tartalom- és kontextus-tudatos futtatását, valamint az egyes rendszerek közti váltások finom felbontású, intelligens, alkalmazás- és szolgáltatás-specifikus megvalósítását. A cellás járműkommunikációs technológiák (C-V2X) fejlettsége várhatóan az 5G alapú megoldásokban éri el azt a szintet, amivel a kooperatív intelligens közlekedési rendszerek újgenerációs alkalmazásai (teljesen automatizált járművek, szinkronizált kooperatív vezetés és forgalommenedzsment, V2X beágyazott virtuális valóság stb.) is hatékonyan megvalósíthatók és támogathatók.

Éppen ezért kiemelkedő fontosságú a jelenleg már telepítés alatt álló, IEEE 802.11p alapú ITS G5 V2X-rendszerek és az 5G-felhőinfrastruktúrák együttélésének, integrációjának vizsgálata, a hibrid megoldások tervezési és telepítési kérdéseinek körültekintő, okos városok kontextusába emelt elemzése. A Nokia-Bell Labs Budapest és a BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék kutatói által közösen fejlesztett szimulációs környezet kiválóan alkalmas a kognitív járműkommunikációs hálózatok, az 5GC-V2X hálózati virtualizáció, a hibrid V2X megoldások, a különböző döntési algoritmusok, működési politikák, alkalmazás-lehelyezési, skálázási és migrációs stratégiák, valamint a C-ITS hálózati szeletek kezelésével kapcsolatos kérdéseinek és aspektusainak a vizsgálatára.

CityOne s.r.o. (Cseh Köztársaság)

A brno-i vállalat fő működési területe: smart city media, kutatás és tanácsadás. A cég Smart City magazint ad ki, amely a legjobb gyakorlatokról ad tájékoztatást a közép-keleteurópai országokból. Részt vesz a Smart City Urbis elnevezésű konferencia és kiállítás szervezésében, amely minden év április 25-28-án kerül megrendezésre. Emellett a cég hosszabb távon smart city mobilitási és környezetvédelmi témában tanácsadási szolgáltatást is kíván biztosítani.

Weboldaluk címe: *www.cityone.cz*

Debreceni Egyetem, Informatikai Kar (DE-IK)

FIRCC kutatás-koordinációs központ

Az Informatikai Kar az ország legnagyobb egyetemén a felsőoktatás informatikai palettájának egészét (gazdaságinformatikus, mérnökinformatikus és programtervező informatikus) nyújtja alap- és mesterszinten, magyar és angol nyelven *(www.inf.unideb.hu)*. A karnak közel 1800 hallgatója van, melynek 10 százaléka az angol nyelvű képzésben vesz részt, kapcsolódva a hazai informatikai cégekhez.

A karon kapott elhelyezést a FIRCC (Future Internet Research Coordination Center) központ, mely a Jövő Internete témakörhöz kapcsolódó hazai kutatásokat fogja össze és koordinálja. A BME-VIK és a DE Informatikai Kar együttműködésében jött létre a BME Egyesült Innovációs Tudásközpontjának debreceni kutatócsoportja, melynek célja a két kart érintő közös kutatások és pro-

jektek, valamint közös kurzusok szervezése. A kari tevékenységek rendszerint kutatócsoportokban zajlanak. Az eszközigényes kutatásokhoz a kar kutató-fejlesztő laboratóriumokat biztosít, melyek túlnyomó része az egyetemi inkubációs épületben kap helyet, megkönnyítve ezzel a hallgatók, kutatók, illetve a debreceni informatikai cégek közti kapcsolatok kialakítását.

Az egyik kutató-fejlesztő laboratórium a Smart City Living Lab, mely az EFOP-3.6.1. pályázat révén kerül kialakításra, és amely ebben a projektben a városi közlekedés monitorozása és elemzése témakörében végez kutatásokat.

Weboldaluk címe: *fircc.unideb.hu/*

EDC Debrecen Nonprofit Kft.

Az EDC Debrecen célja, hogy Város- és Gazdaságfejlesztési Központként működve, a 21. század kihívásainak megfelelve, elősegítse Debrecen fejlődését, hozzájárulva ezzel további munkahelyek teremtéséhez és a gazdaság fellendítéséhez. A tulajdonosok a város meghatározó szereplői: Debrecen Megyei Jogú Város Önkormányzata, a Debreceni Egyetem és a Cívis Ház Zrt.

Tevékenységük érintett területei:

Gazdaságfejlesztés keretében a cél a debreceni cégek támogatása és gyarapítani a betelepülő cégek számát. Városfejlesztés körében stratégiai dokumentumok tervezését, karbantartását, projektötletek rendszerezését, pályázatok elkészítését és projektmenedzsmentjét látja el. A vállalkozások fejlesztését elősegítendő, többek között a GINOP, KEHOP, EFOP és H2020 programokat illetően nyújtanak teljes körű pályázati információs szolgáltatást. A Smart City programban egy intelligens, innovatív, élhető és fenntartható város megteremtése a cél, amelynek eléréséhez a szervezet partnereivel közös stratégiát dolgoztak ki, melyben további országos és nemzetközi kapcsolatok kiépítése is szerepel. A csapat fókuszában jelenleg az energetikai beruházások támogatása, a digitális írástudás elterjesztése és Debrecen városában az intelligens közlekedés kialakítása áll, amely utóbbinak egyik bizonyítéka a kiépült okos zebrák jelenléte és a Waze Connected Citizens Programjához való csatlakozás is.

Weboldal címe: *http://edc.debrecen.hu;*
http://smartcity.debrecen.hu

Fraunhofer FOKUS (Németország)

A Fraunhofer Fokus az infokommunikáció területén az egyik legjelentősebb kutatóintézet ma a világon. A Fokus olyan technológiai megoldásokat kínál, amely a tudomány, az ipar és a közszféra számára is hasznosítható. Legfontosabb részlegei: hálózati megoldások, minőségbiztosítás, vizualizáció, mobilitás és biztonság.

A kiállításon e részlegek eredményeit mutatták be.

MTA SZTAKI

Az MTA SZTAKI Európa Kiválósági Központja az információtechnológia és az automatizálás területén. Az intézetben mintegy 300 munkatárs dolgozik, amelyből 140 fő kutató. Célzott alapkutatási tevékenységeikre támaszkodva, széleskörű hazai és nemzetközi együttműködések keretében hoznak létre új eredményeket, és támogatják azok alkalmazását a gazdaság és a társadalom fenntartható fejlődésének érdekében. Segítenek megőrizni és lehetőség szerint magasabb szintre emelni a hazai tudományos-műszaki kultúrát.

Legfontosabb kutatási területeik:

- Alapkutatás: Számítástudomány, Rendszer- és irányításelmélet, Mérnöki és üzleti intelligencia, Gépi érzékelés és interakció.
- Alkalmazott kutatás és innováció: Járműipar és közlekedés, Termelésinformatika és logisztika, Energia és fenntartható fejlődés, Biztonság és felügyelet, hálózati rendszerek és szolgáltatások, a Jövő Internet kutatása.

Gödöllő Város Önkormányzata

Gödöllő zöld város. Nagy gonddal rendben tartott, folyamatosan megújuló parkjai egyaránt felüdülést nyújtanak az itt élőknek és az ide látogatóknak, és nyitottak az okos város fejlesztések irányába.

Weboldal címe: *www.godollo.hu*

Kiskőrös Város Önkormányzata

Kiskőrös Város Smart City stratégiája:
a Petőfi Sándor Terv

Kiskőrös, Petőfi Sándor szülővárosa a BME szakértőivel együttműködve kidolgozott, és a képviselő testület által elfogadott egy kiskőrösi Smart City kisvárosi stratégiát, mely alapja, mintája lehet egy általános kisvárosi modellnek. A Petőfi Sándor Terv vezérgondolatai az alábbi célokra épülnek:

- Az élhetőbb, okos kisvárosi koncepció célja a megfelelő tudás, technológiák, innováció és szolgáltatások szervezett, összehangolt, átfogó szimbiózisa az életkörülmények, kényelem, egészség, környezetvédelem, energiatakarékosság, fenntarthatóság, költségcsökkentés, gazdasági versenyképességnövelés és fellendülés érdekében.
- A kisvárosokban és járásukban/körzetükben élők lokálpatriotizmusának erősítése a települések megtartó és vonzóerejének növelésével.
- A nemzeti és nemzetközi célokat csak úgy lehet elérni, ha széleskörű, átfogó, integrált, fenntartható Smart City megoldások kerülnek bevezetésre az a-

lábbi legfontosabb területeken: energetika, mobilitás, infokommunikációs technológia (IKT), életvitel és kormányzás.

- Az okos, intelligens várossá válás egy folyamatos fejlesztés útja, az élhetőbb környezet, a komfortosabb városi lét megteremtésének lépcsőzetes megvalósítására, olyan elvekre épülő tervekkel, melyek pénzügyi-gazdasági szempontból megalapozott, fenntartható, önfenntartó és környezetbarát rendszereket eredményeznek.

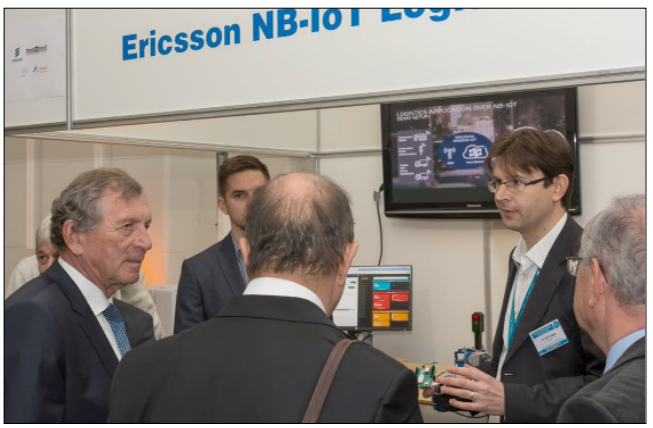
Budapest Közút

A Budapest Közút látja el a Fővárosi Önkormányzat tulajdonában lévő utak, hidak, műtárgyak, egész Budapesten a forgalomtechnikai létesítmények, valamint a nem fővárosi tulajdonú, de a közösségi közlekedés által igénybe vett utak üzemeltetési és fenntartási feladatait. A társaság kezeli a város forgalomtechnikai létesítményeit. Folyamatosan figyelemmel kíséri a fővárosi – közel 5000 km-es – úthálózat forgalmi és forgalombiztonsági paramétereit. A forgalom megváltozó igényei szerint módosítják a forgalmi rendet, segítve a minél gyorsabb és folyamatosabb közlekedést. Ellátják az üzemeltetési feladatokat, a fővárosi kezelésben lévő főútvonalak, valamint a közösségi közlekedés által igénybe vett, összességében mintegy 1070 km hosszúságú közúthálózaton és az ahhoz kapcsolódó kerékpárutakon, 320 közúti és gyalogos hídon, felüljárón (köztük 13 Duna- és Dunaág-híd), 72 közúti és gyalogos aluljárón, 15 magasságkorlátozó kapun és egyéb műtárgyakon.

Ericsson

Az Ericsson vezetői szerepet tölt be a kommunikációs technológiákban és szolgáltatásokban. Céljuk, hogy mindenkit bekapcsoljanak a kommunikációs hálózatba, ezáltal teremtsék meg bármelyik iparág számára, hogy kihozza magából a maximumot. Az Ericsson rendelkezik az iparág egyik legerősebb szabadalmi portfóliójával, összesen mintegy 42.000 bejegyzett szabadalommal. A kutatás-fejlesztés a tevékenység szerves része, melyen összesen mintegy 23.700 kolléga dolgozik nap mint nap.

Ez az elkötelezettség a kutatás és fejlesztés felé teszi lehetővé, hogy a társaság valóra váltsa küldetését, miszerint a jövőben minden és mindenki bekapcsolódik majd a kommunikációs láncba, amely lehetővé teszi a hatékonyabb együttműködést és információ-megosztást. Az Ericsson Budapesti központja mintegy 2000 főt foglalkoztat, ezáltal az ország egyik legnagyobb technológiai központja az ágazatban, amely elsősorban telekommunikációs, IT, szoftver- és hardverfejlesztések területén aktív. Az Ericsson Magyarország stratégiai partnere a Magyar Telekomnak, egyben a fő beszállítója a hálózati ezközöknek is. A szolgáltatási központ pedig magasan képzett mérnökökkel szolgálja ki számos ország telekommunikációs rendszereinek támogatását és integrációját.



ROBServer

ReSoNo Smart City

A ReSoNo egy olyan okos város megoldás, amely képes valós időben, kibocsátókra bontva megjeleníteni az éppen jelen levő zajszennyezőket. Valójában egy mesterséges intelligencia, amely képes költséghatékony módon online zajtérképeket előállítani és azt egy webes interfészen keresztül hozzáférhetővé tenni. A város zajtérképének fő problémája, hogy a mérési folyamat átlagolt és becsült számokat tartalmaz. Először egy szakember számítja ki a terület átlagos forgalmát. Ehhez vehet egy napi, heti, vagy havi forgalmi értékeket, de mindig egy adott napon vagy héten végzi a számlálást. A második lépés, hogy az akusztikus mérnök minden járműosztályhoz egy átlagos zajértéket rendel hozzá, ami máris becsült értéket eredményez. A harmadik lépés, hogy ezt a becsült értéket hozzárendelik a járművek becsült számához és felszorozzák egy hónapos, éves stb. időszakra. Az eredmény a becsült érték becslése.

A ReSoNo az egyetlen szabadalmaztatott, forrásszelektív, valós idejű, zajmonitorozó és térképező rendszer, amely pontos és valós idejű adatot biztosít a döntéshozók részére. A rendszer egy szenzorhálózatból, egy előfeldolgozó algoritmusból és a szervereinken dolgozó mesterséges intelligenciából áll. Mivel mindez bármilyen, akár létező okos város rendszerbe is beépíthető, így bármilyen pontosságú, hitelességű és gyártmányú szenzorral is alkalmazható.

Weboldal címe: *www.robserver.eu/index.php/hu/*

T-Systems

A T-Systems Magyarország – hazánk vezető infokommunikációs szolgáltatójaként – több várossal szoros partnerségben olyan megoldásokat alakít ki a jövőben, illetve alakított már ki, amelyekre alapozva digitalizálhatók, okosíthatók a városi lét alapjai a közszolgáltatásoktól kezdve az intézményi működésen át a közösségi közlekedésig.

Napjaink folyamatosan gyorsuló ütemű urbanizációja egyaránt kihívások elé állítja a települések vezetőit és lakóit: meg kell teremteniük a tömeges együttélés élhető és fenntartható feltételeit. A korszerű infokommunikációs technológiák és szolgáltatások alapjaiban segíthetik egy város életének megszervezését a közszolgáltatásoktól kezdve a közlekedésen, az egészségügyön,

az oktatáson és a kereskedelmen át egészen a helyi önszerveződő közösségek támogatásáig. Az egyre nagyobb mértékben beépülő innovatív megoldások hatékonyan és alacsonyabb költségek mellett járulnak hozzá ahhoz, hogy a lakosság életminősége érezhetően javuljon, mindezt úgy, hogy közben helyi és országos szinten is élénküljön a gazdaság. A digitalizáció egyben lehetőséget teremt arra, hogy az állampolgárok aktívan kapcsolódjanak be városuk életébe és hosszú távon is megtalálják számításaikat egy jól működő ökoszisztéma részeként.

Siemens

A Siemens Building Technologies (BT) divíziója átfogóan kezeli az épületekbe telepíthető automatikai és biztonsági rendszereket. A szolgáltatási volumenükbe ugyanúgy beletartoznak az egyszerű szobatermosztátok, mint a különböző szabályozó szelepek, vagy azok vezérlő motorjai. Az épületgépészeti oldal kiegészül még mérőberendezésekkel, illetve -rendszerekkel, továbbá egyszerűbb és összetettebb kontrollerekkel. Mindezek mellett a tűz- és egyéb biztonsági rendszerek eszközei, illetve központjai is a portfólió részét képezik. Ilyen módon válik lehetővé, hogy tűzjelző, behatolás jelző, beléptető, illetve CCTV-rendszereket is biztosítani tudnak. Mindezek felett pedig ott vannak azok az új BMS-szoftverkörnyezetek, amelyek a fent említett alrendszerek mindegyikét képesek integráltan és egymással kölcsönhatásban kezelni.

Tungsram

A Tungsram-Schréder Világítási Berendezések Zrt. Magyarország vezető kültéri világítótesteket gyártó vállalata, amely 1983. évi megalakulása óta több mint kétmillió világítótestet értékesített. A cég közel 200 munkatársa a Budapest melletti Pilisszentivánon a nemzetközi és hazai tapasztalatoknak és piaci igényeknek megfelelően állít elő világító berendezéseket, tartószerkezeteket és utcabútorokat.

A vállalatot a kezdetektől az elkötelezettség, céltudatosság és előretekintés jellemezi, melyben központi szerepet tölt be az energiahatékonyság és a világítás intelligens menedzselhetősége. A tőkeerős Schréder-vállalatcsoport az elmúlt évtizedekben jelentős összegeket fordított kutatás-fejlesztésre, gyáregységeinek centralizálására és modernizálására, a termékportfólió és értékesítési koncepció átalakítására, elősegítve ezzel a magas színvonalú innovatív LED-termékek és intelligens megoldások széleskörű elterjedését. A fenntartható fejlődés jegyében a Schréder mindenkit partnerének tekint, aki azon dolgozik, hogy maga vagy mások számára energiatakarékos, környezettudatos lakó-, szabadidős- vagy munkakörnyezetet, infrastruktúrát teremtsen és ezzel egészséges épített környezet valósulhasson meg.

A változó, felgyorsuló világban, minden nap új meg új megoldásokat keresünk. A VÁROS pedig pezseg, információt közöl és tárol, elemez, következtetéseket von le és rohamos tempóban halad előre. A világítási szakemberek is egyre gyakrabban találkoznak a jelenséggel: SMART CITY, az OKOS VÁROS. Gyakran így csupa nagybetűvel! El is gondolkodhatunk azon, mitől válik okossá egy csapásra a város, amiben élünk. Eddig nem volt az? Csak ösztönösen fejlődött, irányítás és tervezés nélkül? Nem, nem erről van szó! A városi terek, köz- és magánépületek, a természetközeli helyek, mind közterületekre felfűzhető hálózatot alkotnak. A közterületek, parkok, közlekedési területek a városi élet színterei, ahol közösségi funkciók és szolgáltatások foglalják el helyüket. Mivel ezeken a csatornákon keresztül áramlik a mindennapi élet, a FÉNY, mint a tájékozódást lehetővé tevő közeg éjszaka nélkülözhetetlen. Információval tölti be a tereket, lehetővé teszi a látást, mint az egyik legfontosabb érzékelést, ezért önmagában is „okosítja” a várost.

A közvilágítás alapinfrastruktúrája lesz a jövőben – vagy már jelenleg is annak mondható – mindennemű OKOS VÁROS modellnek. A társaságnál a világítóberendezések fejlesztése során arra helyezik a hangsúlyt, hogy sokféle módon variálható, – térvilágítás, kiemelő világítás, díszvilágítás, hangszóró tájékoztatásra és zenére, zárt láncú kamerás rendszer, Wi-Fi, elektromos autótöltő – modern formavilágú, a SMART koncepciót támogató berendezések szülessenek.

Urban Software Institute (Németország)

Az Urban Software Institute [ui!] napjaink egyik vezető, gyorsan növekvő, Smart City megoldásokat fejlesztő vállalkozása, három kontinensen működő leányvállalatokkal. Az [ui!] csoport székhelye a németországi Chemnitzben található; négy irodája Németországban, további

irodái Budapesten, Londonban, Brisbane-ben (Ausztrália) és New York városában működnek.

Magyarországi leányvállalata a the urban institute Hungary Zrt. a BME Villamosmérnöki és Informatikai, valamint Közlekedés és Járműmérnöki Karával szorosan együttműködve végzi tevékenységét. A vállalat tevékenységének központját innovatív üzleti modellek alkotják, amelyekkel a városi infrastruktúrákból kapott adatokat hasznosítja. A városi adatokat vállalkozások számára bevételt jelentő szolgáltatássá alakítja, miközben a városokat digitális átalakulásuk révén támogatja „okosabbá” válásukban.

Az [ui!] felhőalapú okos szolgáltatásokra koncentrál, amelyekkel az alábbi területeken hasznosítja az okos városi adatokat:

– nyílt városi platformok,
– fenntartható városi mobilitás,
– integrált városi Infrastruktúrák,
– okos energetika városi kerületek számára,
– okos város szolgáltatások,
– városok digitális átalakulása.

Az [ui!] zászlóshajója az UrbanPulse, egy nyitott, valós idejű IoT-platform, mellyel hatékonyan gyűjthetőek, tárolhatóak és dolgozhatóak fel adatok különböző szenzortípusokból és egyéb adatforrásokból. Nyitott interfész architektúrája és felhőalapú megvalósítása lehetővé teszi a városi adatok hatékony újrahasznosítását sokféle intelligens szolgáltatás számára. Az [ui!] UrbanPulse rendszer támogatja a városokat közlekedési és különféle szenzorok adatainak biztonságos és költséghatékony megosztásában, megjelenítésében.

Szerzőinkről

DR. BAKONYI PÉTER 1965-ben a Budapesti Műszaki Egyetem villamosmérnöki karán diplomázott, 1970-ben egyetemi doktori címet szerzett. 1974-ben a műszaki tudományok kandidátusa lett, kutatási területe a számítógép-hálózatok. 1987-ben vendégprofesszorként az Észak-Karolinai Egyetemen tanított. 1965-től az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetének (SZTAKI) tudományos munkatársa, majd főosztályvezetője. 1982-ben tudományos igazgató-helyettesnek nevezték ki. 1975 és 1990 között az MTA számítóközpontját irányította. 1991-től 2000-ig másodállásban a Magyar Tudományos Akadémia főtitkárának informatikai tanácsadója. 1991-től a Hungária Biztosító Számítástechnika Kft. ügyvezető igazgatójaként az Allianz Hungária Biztosító IT vezetője, 2000-2002 között az e-business üzletágért felelős vezetője is volt. 2002. januárban ismét csatlakozott a SZTAKI-hoz, mint igazgatóhelyettes. 2002. júniustól 2004. év decemberig az Informatikai és Hírközlési Minisztérium „Információs Társadalom Stratégia” helyettes államtitkára. 2004 decembertől 2011 júniusáig az MTA SZTAKI igazgató-helyettese. 2011-tól a BME Egyesült Innovációs és Tudásközpont vezető tanácsadója. 2016-tól az urban institute Magyarország Zrt. vezérigazgatója. További megbizatásai: 2004-2008: a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács kormány által delegált tagja. 2004-2010: az Országos Könyvtári Kuratórium elnöke. 2005-2012: a TÉT Alapítvány Kuratóriumának elnöke. 1997-ben a BME-n c. docensi kinevezést kapott, 2007-ben címzetes főiskolai tanári kinevezést kapott. 1991-2010 között a Magyar Internet Társaság elnöke. 1990-től a Hungarnet Egyesület ügyvezető elnöke. 2011-től a Jövő Internet Nemzeti Technológiai Platform elnöke.

DÉKÁNY DONÁT 2010-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán szerzett okleveles villamosmérnöki diplomát. 2009-től 2016-ig a Villamosmérnöki és Informatikai Karon létrejött Hallgatói Innovációs Központ igazgatója. 2010-2012 között a Műegyetemi Technológia és Tudástranszfer Iroda munkatársaként részt vett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem innovációs és technológiatranszfer-keretrendszerének kidolgozásában és működtetésében, az egyetemi kutatási eredmények piaci hasznosításában, spin-off vállalkozások elindításában. 2013-2014 között a BME VIKING Zrt. pályázati projektvezetője. 2013 -tól a Hírközlési és InformatikaiTudományos Egyesület Intelligens Energetikai Szakosztályának titkára. 2013-2015 között az Ayudate Investment Group-nál tőkebefektetési projektek előkészítésért és technológiai validációért felelős üzletfejlesztési tanácsadó. 2015-től az evopro Bus Kft. ügyvezető igazgatója. 2015-2016 között tagja a Nemzetgazdasági Minisztérium által létrehozott e-Mobi Kft. szakértői munkacsoportjának, melynek feladata országos töltőinfrastruktúra telepítési és működtetési koncepció kidolgozása a Nemzetgazdasági Minisztérium számára. 2016-tól a BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar Egyesült Innovációs és Tudásközpont projektekért felelős igazgatóhelyettese.

Research of the future of the Internet and its next generation is one of the most important areas of infocommunications research, and the results are being implemented in our Internet-based society. In November 2017, the 4th Hungarian Future Internet Conference was held, with focusing on Smart Sities this year, too. This time a Smart City Exhibition accompanied the conference.

International Smart City plans, experiences, success factors

Keywords: Smart City, urban data, data platform, sensor data, UrbanPulse, Darmstadt, Bad Hersfeld

With UrbanPulse the global company [ui!] – the urban institute(r) has developed a real-time sensor data platform, which is aligned with the vision of open urban platforms, as defined by the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities (EIP SCC). Therefore, Urban Pulse is an information platform for urban data. It has at its disposal a highly scalable architecture for data processing and analysis for the simple integration of sensors and other urban management systems.

Facilitating eco-systems for Smart Cities through reference architectures

Keywords: Smart Cities, ICT, IoT, 5G, reference architecture/model, Open Urban Platforms

A large number of activities have been conducted during the past years in the cross-domain area of Smart Cities. The research and development efforts started with various projects which aimed at opening the large amounts of data kept by the public administration – a goal which would ultimately enable various ICT based applications and services in urban environments.

Traffic Burden Monitoring Systems as a solution for tackling air quality in European cities

Keywords: IoT networks, Intelligent Transport Systems, TBMS, Air Quality ITS stations, geofencing

Air quality is a major problem of European cities. To solve the problem a strategical approach based on continuous data from deployed modern technologies should be used. The traffic burden monitoring system is a new way of monitoring air quality in a city in a needed scale and resolution and can provide data that can become a game changer for the city as well as people decision making.

A conceptual model and proposed solution for analyzing Information Quality for Critical Infrastructures

Keywords: CIs, System-of-Systems, Information Quality

Our society heavily depends on various interdependent Critical Infrastructures (CIs), where their disruptions may result in significant consequences for the society as a whole. Therefore, their dependability is a main concern to both governments and citizens. Information plays a key role in the coordination, cooperation, and collaboration of interdependent activities of CIs. In this context, such information should be of proper quality in order to guarantee a proper interdependency among CIs.

Insight into the world of complex networks

Keywords: complex network, scale-free network, small-world network, spreading processes

The networks, which describe the relationships between things, are everywhere around us. They are present in our natural and social environment. The real networks in most of cases cannot be characterized by regular graphs, nevertheless, their structure is not purely random. The inner structure of these networks has special features, which have an essential role in several processes and phenomenon. Cognition and understanding them is very important not only for the experts in network science.

Governance of Smart Cities

Keywords: STS, city management, learning organizations, privacy, smartness

Smart city governance embraces public administration and organizational challenges apart from the many faceted and intensively discussed technological issues. The author's intention is threefold; firstly to embed the problem into the science-technology-society (STS) paradigm, especially focusing on Giddens structuration theory. Secondly, we provide an overview of the difference between goal-oriented and process-oriented city governance approaches, arguing for the importance of the latter. Thirdly, a brief analysis of classic organizational structures are presented, showing the lack of learning organizations in Hungary in contrary to the "taylorian" and "fordian" organizations which are much less suitable for ICT uptake and adoption.

Performance analysis of Internet accesses in web browsers

Keywords: QoS, TSM regulation, measurement system

Transmitting the traffic of the latest generation media and IoT applications claims more than just increasing the capacity of the infrastructure and therefore sets up new challenges for the network operators of the Future Internet. In this paper, after introducing the network parameters that directly affect the quality of an Internet access, we overview the related measurement methodologies. Furthermore, we introduce a novel analysis method that enables the measurement of the major connection parameters in a wide speed range using the common web technologies and browsers.

Smart City solutions at Budapest Közút Zrt.

Keywords: LIDAR, GIS, 3D mapping, point cloud, traffic and asset management, laser scanning, RODIS, KAPU

Activities of Budapest Közút focuses daily road related operational tasks. Archive these goals there are more and more smart city technologies available. Furthermore such solutions works only with state-of-the-art, accurate, up-to-date and reliable data. The Company understood the importance of high quality data so Budapest Közút decided to start smart city solutions collecting necessary data that can serve future solutions and technologies. To achieve this goal, the development of Road Data Information System has started in 2013 that provides very high resolution 3D data with 100% coverage of all public roads of Budapest. As the next step of RODIS a 2D and 3D GIS portal, KAPU (Public Data Publication) was developed.

Smart City exhibition at the Budapest University of Technology and Economics (BME)

Keywords: smart city, open urban platform, Smartpolis

Parallel to the 4th Hungarian Future Internet Conference, a Smart City Exhibition was held first time in the BME Central Building on November 8-9, 2017. The purpose of the exhibition was primarily to present smart city concepts, implemented solutions and achieved results. Domestic participation was extensive, including cities, significant multinational companies, research institutes and several universities involved in smart urban development. Internationally renowned institutions also presented their achievements. Surpassing expectations, 29 exhibitors attended the exhibition.

A HTE-ről dióhéjban

A **Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület** tekintélyes, 68 éves múltjával hazánk infokommunikációs szektorának legpatinásabb szervezete. Munkássága a távközlési és az informatikai iparágtól a hagyományos postai szolgáltatásokon át az internetig és a médiavilágig terjed. Az egyesület közel 60 jogi tagot, valamint majdnem 1000 magánszemélyt számlál. Berkein belül több mint 20 szakmai közösség munkálkodik meghatározott célok érdekében, a legjobb tudása szerint.

A HTE amellett, hogy kiemelt, véleményformáló szerepet tölt be a magyar infokommunikációs szakterület szabályozásában, működésében és fejlődésében, hazai és nemzetközi rendezvények elismert szervezőjeként is jegyzett. A HTE naptárában nem telik el hét szakmai találkozók, előadások, kerekasztal beszélgetések és egyéb szervezett események nélkül, de házigazdája többek között olyan *országos szakmai nagyrendezvények*nek, mint

- a projektmenedzserek találkozóját és információcseréjét segítő **Projektmenedzsment Fórum**,
- a kimagasló hazai médiatechnikai esemény, a **HTE MediaNet** konferencia,
- a **HTE Infokom**, amely az infokommunikációs hálózatok és alkalmazások legfrissebb piaci, műszaki és szabályozási kérdéseinek egyik legelismertebb rendezvénye.

Az egyesület az utóbbi években számos **nemzetközi tudományos konferencia és workshop** magyarországi megvalósítását nyerte el pályázati úton (bővebb információ a HTE nagyrendezvényeiről: *http://www.hte.hu/nagyrendezvenyek*).

Az egyesület szerteágazó kapcsolatrendszerének, valamint szakmai taglistájának köszönhetően teret ad a különböző vélemény- és információcseréknek, professzionális párbeszédeknek, a közös cél érdekében folytatott kollektív munkának. Lehetőséget biztosít arra, hogy az iparág valamennyi képviselője – akár a mindennapi konkurálást is háttérbe szorítva – kommunikáljon fontos kérdéskörökben. Mindeközben az egyének szakmai kiemelkedésének, véleményformálásának is utat enged. A HTE megkérdőjelezhetetlen erőssége, és így több évtizedes elismertségének egyik alapja, hogy mind munkásságában, mind véleményformálásában **szakszerű, kiegyensúlyozott és független**, felülemelkedik az esetleges politikai, vagy éppen vállalati érdekeken.

Bő hat évtizedet és két tucat szakterületet pár mondatban összefoglalni szinte lehetetlen lenne, ezért inkább vázlatpontokban szemléltetjük, mi minden érinti manapság **az egyesület tevékenységi körét:**

- hazai és nemzetközi konferenciák szervezése
- szakmai fórumok az internet technológiák és szolgáltatások elterjesztéséhez
- műsorelosztási és tartalomipari technológiák népszerűsítése
- rádiótávközlési technológiák ismeretterjesztése
- projektmenedzsment módszerek terjesztése
- szakmai folyóiratok, nyomtatványok kiadása
- nemzetközi kapcsolatok: együttműködés az IEEE-vel és más társszervezetekkel
- szakmai díjak odaítélése (pl. Puskás Tivadar-díj, Kempelen Farkas-díj, Pollák Virág-díj)
- kiegyensúlyozott szakmapolitikai, szakmai véleményalkotás (minisztériumok felkéréseire és társadalmi egyeztetésekben)
- főiskolák és egyetemek képzési és kimeneti követelményeinek véleményezése
- külföldi infokommunikációs eredmények honosításának segítése
- kutatásfejlesztési tevékenység támogatása

A HTE ars poeticájában tradicionálisan hangsúlyos szerepet kap a fiatalokkal való kapcsolat ápolása, a **szakmailag széles látókörű és tudományos érdeklődéssel bíró diákok tanulásának és pályaindításának segítése**. Az egyesület amellett, hogy az arra érdemes hallgatóknak biztosítja a különböző rendezvényeken, konferenciákon, fórumokon való kedvezményes részvételt, különböző pályázatokat hirdet, amelyek díjazottai anyagi elismerésben is részesülnek. A HTE Diplomaterv és Szakdolgozat Pályázatára például az ország 15 egyeteméről nevezhetnek, de említést érdemel a HTE Akadémia által kiállított tanúsítvány is, amely szintén támogatja a következő infokommunikációs nemzedék szakmai fejlődését.

A HTE időszakos kiadványai mellett hagyományosan két folyóiratot jegyez: a **Híradástechnikát** és az **Infocommunications Journal**t. Míg előbbi a hazai szakmai élet történéseit, kérdéseit és működését elemzi, az Infocommunications Journal már nemzetközi elismertségre is szert tett, olyan nemzetközi adatbázisokban szerepelve, mint a Scopus, a Compendex és az Inspec. A lap kiadását a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács támogatja, szerkesztősége pedig folyamatosan szervez keresztpublikációkat nemzetközi társlapokkal.

További információk:
www.hte.hu,
kérdéseit, észrevételeit pedig
az *info@hte.hu*
címre várjuk!