

## MOBILHÁLÓZATOK KAPACITÁSA VÉSZHELYZETBEN

### CAPACITY OF MOBILE NETWORKS IN EMERGENCY CASE

MAROS Dóra; TEMESVÁRI Zsolt

(0000-0002-8600-9035); (0000-0001-8309-7992)

[maros.dora@kvk.uni-obuda.hu](mailto:maros.dora@kvk.uni-obuda.hu); [zsolt.temesvari@gmail.com](mailto:zsolt.temesvari@gmail.com)

#### Absztrakt

A rádiós hálózatok használata mindennapjaink megkerülhetetlen részévé vált, ezért mobil termináljaink napról napra hangsúlyosabb szerepet kapnak életünkben, ezért egyre fontosabb, hogy az elérhető szolgáltatások folyamatosan és zavartalanul működjenek, legyen szó akár lakossági, akár nemzetbiztonsági felhasználásról. Vészhelyzet vagy katasztrófa sújtotta területen ezen infrastruktúrák folyamatos működése elengedhetetlen lenne a vészhelyzeti kommunikáció biztosítására, viszont számos nehézség merülhet fel, az ilyen helyzetben uralkodó felhasználási szokások megváltozása miatt. A cikk áttekintést ad a meglévő mobilhálózatok működéséről, a kapacitásról és annak bővítési lehetőségeiről, valamint az elérhető adatátviteli sebesség mértékéről. A téma aktualitása és fontossága a 2016-os brüsszeli terrortámadás elemzésével kap hangsúlyt. Az esettanulmány arra ad részben választ, hogy a forgalom-penetrációból miként alakulnak az esetleges kapacitásproblémák és milyen lehetőségek adódnak a torlódások kezelésére.

**Kulcsszavak:** vészhelyzet, mobilhálózatok, kapacitás

#### Abstract

The use of wireless radio networks takes part in our everyday life, that's why mobile terminals play greater and greater role in our life. Therefore the operation of these wireless services should be continuous and uninterrupted whether it is public or national security use. On emergency or disaster affected area the operation of these infrastructures is especially necessary, but unfortunately several problems can be detected due to the changed user habits (caused by panic) because of the vis maior situation. This article can give an overview about capacity of available mobile networks and the data transfer rate limits. The topic of capacity problems can get a greater focus by the analysis of the terrorist attack of Brussels 2016. The case study could partly give answer about the traffic penetration and solution about the possible capacity problems experienced in emergency situation

**Keywords:** emergency case, mobile networks, capacity

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2017.02.15.

A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2017.03.28.

## BEVEZETÉS

A mobilhálózatok tervezésekor olyan szempontokat kell figyelembe venni, mint az adott terület domborzati tulajdonságai, beépítettsége, a várható felhasználók száma, a becsült forgalomeloszlás, az igénybe vett szolgáltatás jellege és sávszélesség igénye (adat, hang), valamint az aktív mobil eszközök száma.

A fentiek felül - egyéb fontos szempont és kritérium mellett - a tényleges hangsúlyt a felhasználók legjobb minőségben történő kiszolgálására kell helyezni, hiszen a minőségi hálózatelérést és adatforgalmat a folyamatosan növekvő igények és az egyre több okostelefon használatának is biztosítani kell. Ezek alapján a mobilhálózat minősége általában tervezhetővé válik, legyen szó akár GSM<sup>1</sup>, UMTS<sup>2</sup>, LTE<sup>3</sup> technológiáról. Az említett elméleti tényezőkön túl számos másik, egyenértékű feltételnek is szükséges megfelelni a tervezés során, ezért fontos, hogy az eltérő technológiák egymástól függetlenül paraméterezhetők legyenek, és a már működő rendszerek működése folyamatosan legyen optimalizálva, annak érdekében, hogy a hálózat a felhasználói és egyéb változásokhoz minél rugalmasabban igazodjon.

Krízishelyzetekben a hálózattervezés hagyományos megoldásai nem nyújtanak kielégítő megoldásokat a jelentősen megnövekedett forgalom kezelésére. Ilyenkor olyan megoldások alkalmazása válik szükségessé, amelyeket a normál forgalmi elvárások esetére tervezett hálózatok már nem képesek kielégíteni. A probléma megoldását nem csupán technikai, hanem gazdasági szempontok és befolyásolják.

## MOBILHÁLÓZATOK KAPACITÁSÁNAK HATÁRAI

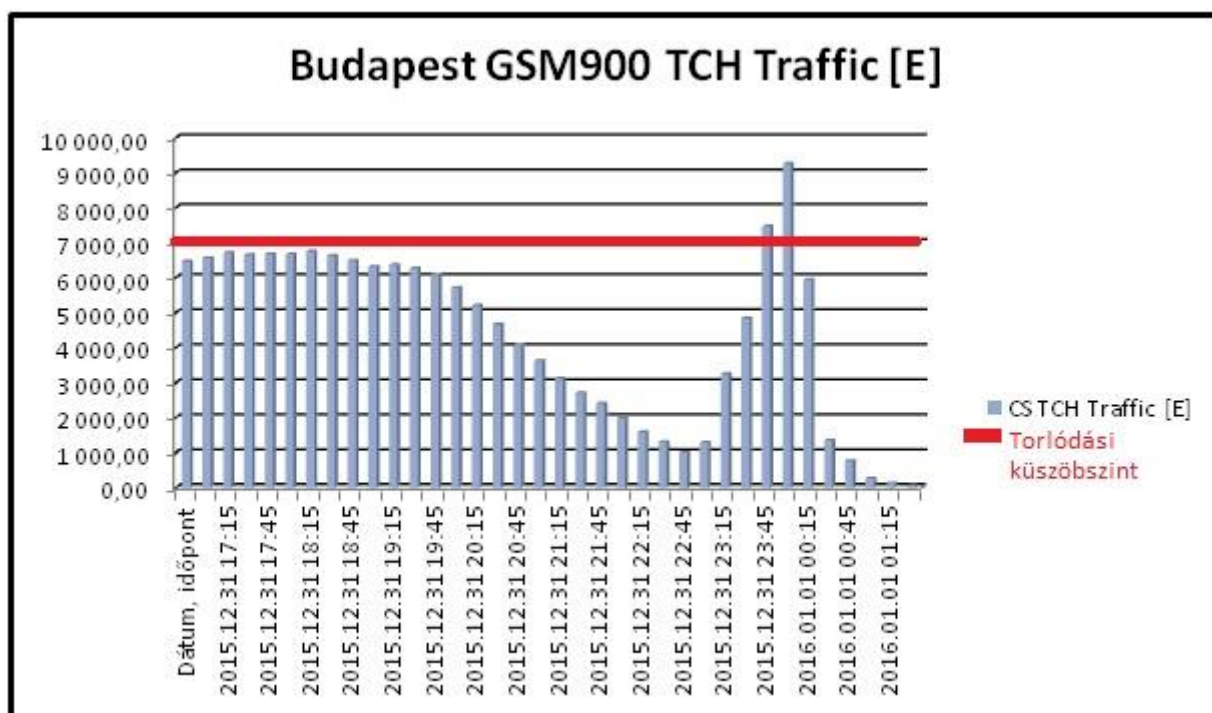
Katasztrófa és vészhelyzet vagy egy terrortámadás esetén a mobilhálózatok használata olyan mértékben változik meg, hogy azt a hálózati rendszerek megfelelő optimalizálása mellett sem lehet minden esetben kezelni. Ilyen esetekben a felhasználószám hirtelen ugrásszerű növekedése miatt a mobilhálózatok elérhetik kapacitásuk korlátját, amely torlódási problémákhoz vezet. Egy ilyen valós helyzetet szemléltet az 1. ábra, amelyen a budapesti GSM forgalom változását láthatjuk Szilveszter éjjelén.

---

<sup>1</sup> GSM (2G): Global System for Mobile Communications - Globális rendszer mobil kommunikációhoz

<sup>2</sup> UMTS (3G): Universal Mobile Telecommunications System - Egyetemes mobil távközlési rendszer

<sup>3</sup> LTE (4G): Long Term Evolution - 4G mobilhálózat



1. ábra A budapesti GSM900-as forgalom alakulása 2015 szilveszter napján negyedórás mérésekre bontva Erlang<sup>4</sup>-ban megadva (a szerző szerkesztése)

Az ábrán látható, hogy december 31. éjfélt közeledtével a GSM hálózat eléri maximális kapacitását és a forgalmi torlódás következik be.

Torlódás esetén a beszédhívás vagy adatforgalmazás kezdeményezés sikerességi aránya (Call Success Rate) drasztikusan lecsökken, a kapcsolateldobás (Call Drop) pedig emelkedik. A kritikus helyzetekben tapasztalható hirtelen forgalomnövekedés a rendszer kapacitásának határain lényegesen túlmutat. A publikus mobilhálózatok kritikus helyzetekben előforduló kapacitás problémáinak megértéséhez elengedhetetlenül szükséges, hogy a kapacitástervezés folyamatát hálózatokra bontva, röviden áttekintsük.

Magyarországon jelenleg három közcélú mobilhálózat működik, a GSM (2G), az UMTS (3G), és az LTE (4G). Ezen hálózatok egymástól függetlenek olyan értelemben, hogy saját cellákkal rendelkeznek, viszont az egyes technológiák közti átjárás biztosított. Várhatóan 2020 után kerülnek kereskedelmi alkalmazásra az 5G hálózatok, amelyek lényeges kapacitás és sebességnövekedést tesznek majd lehetővé.

## Kapacitástervezési szempontok különböző hálózatok esetén

### GSM hálózat (2G)

A GSM hálózat egy frekvencia duplex (FDD) rendszer (900 és 1800 MHz-es tartományban), amely frekvencia és időosztásos hozzáférési technológiával (FDMA/TDMA) működik. A bázisállomás (BTS) TRX, azaz az adó-vevő egységében 8 db időrés konfigurálható egy vivőfrekvenciára uplink (feltöltés) és downlink (letöltés) irányban. Egy időrésben egyidejűleg egy hanghívás kezelhető, de további hálózat optimalizálási funkciók használatával ez a

<sup>4</sup> Erlang: Telekommunikációs forgalom jellemzésére szolgáló mértékegység. /1 Erlang: egy folytonos hívás, mely egy óra időtartamon keresztül tart/

kapacitás növelhető. A GSM rendszer is alkalmas adatforgalmazásra EDGE<sup>5</sup> szabvány segítségével (~384 kbit/s elvi maximum adatátviteli sebességet biztosít).

Minden TRX más csatornát kezel (egy csatorna 200KHz sávszélességű), amelynek pontos értékét a rádiós frekvencia tervezésekor határozzák meg. Az adott bázisállomásnál alkalmazott TRX szám határozza meg az adott bázisállomás kapacitását. Az Erlang B tábla segítségével az előre meghatározott blokkolási arány, a várható forgalomeloszlás és adatforgalom mentén meghatározható az adott cella kapacitása.

A mobil szolgáltatók a kapacitás tervezéskor általában egy normál nap legmagasabb kalkulált forgalmú időszakára (óráira) számolnak, legtöbb esetben ez gazdasági szempontból valóban indokoltnak látszik. Egy adott cella kapacitásának maximuma a TRX-ek számától függ, ha további kapacitásnövelésre van szükség, erre az alábbi módokon van lehetőség:

- Hálózat optimalizálással és/vagy forgalomtereléssel más technológiákba:
  - o Ez a központból a hálózatmenedzsment funkció segítségével bármikor megtehető.
- Cellaméret csökkentésével:
  - o A cellaméret csökkentése az antenna kimeneti teljesítményének csökkenésével, vagy az antenna dőlésszögének megváltoztatásával (tilt) érhető el. Ezzel a megoldással ugyanaz a forgalom kisebb területre fókuszálható, és torlódás esetén a kapacitást meghaladó forgalmat a szomszédos cellák veszik át. Ez szintén a hálózatmenedzsment funkció segítségével kezelhető.
- További TRX-ek indításával:
  - o A bázisállomások tervezésekor (gyártó specifikus) meghatározott a maximális TRX-ek száma. A normál forgalmi időszakokban azonban nem szükséges az összes TRX-et aktív módban üzemeltetni, vagy gazdaságossági szempontból eleve nincs a maximális számú TRX a bázisállomáson telepítve. Ilyenkor két megoldás lehetséges:
    - a) Az inaktív TRX-t aktiválni
    - b) Új TRX elhelyezése a bázisállomáson és annak aktiválása.

Olyan esetekben, amikor egy bázisállomás fizikailag is megsérül, új bázisállomás gyors telepítése szükséges. Ilyenkor mozgatható, általában erre alkalmas például teherautóba szerelt bázisállomások használata a leggyorsabb és leghatékonyabb megoldás a kritikus helyzet megoldására.

### **UMTS hálózat (3G)**

Az UMTS szélessávú kódosztás (WCDMA)<sup>6</sup> alapú rendszer, amely Magyarországon a 900 MHz-es, valamint a 2100 MHz-es sávon működik. A hálózatok optimalizálásakor a szolgáltatók meghatározzák, hogy milyen eloszlással alakuljon a forgalom az UMTS és GSM technológiák közt. Utóbbinak természetesen függvénye, hogy a mobilkészülék rendelkezzen 3G modullal.

A 3G technológia már szélessávúnak tekinthető, azaz nem elkülönített spektrumú keskenysávú vivőkön működik, mint a GSM, hanem azonos frekvenciájú szélessávú blokkokban üzemel (5MHz-es sávszélességben), így a klasszikus értelemben vett

---

<sup>5</sup> EDGE: Enhanced Data rates for Global Evolution - GSM rendszer csomagkapcsolt adatátviteli megoldásának továbbfejlesztése

<sup>6</sup> WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access - Szélessávú kódosztásos többszörös hozzáférés

frekvenciatervezés itt már nem értelmezett. A cellák egymásra nem ortogonálisak, azaz a cellák között frekvencia interferenciák vannak, e miatt a jel/zaj viszony megfelelő mértéke sokkal hangsúlyosabb szerepet játszik a hálózatok tervezésekor. A mobil terminálok 3G hálózatokban az eltérő frekvenciablokkokról nem ismerik fel a cellákat, mert azok azonos frekvencián működnek, ezért a cellák megkülönböztetésére az ún. scrambling-kódokat (keverőkód) használják.

Az UMTS hálózatokon keresztül a hanghívások mellett már nagy adatforgalom is bonyolódik, így a cellák kapacitását egy adott időben tapasztalható adatforgalmi felhasználási igények is nagyban meghatározzák. Az ún. „dual carrier” alkalmazásával van lehetőség két egybefüggő UMTS frekvenciablokk összefogására, biztosítva ezzel a teoretikus maximális 42 Mbit/s-ot. Egy 3G cella elméletben maximum 128 hanghívást képes lekezelni szimultán, viszont az adatforgalom számára ekkor már nem marad szabad kapacitás. 3G cellák torlódása esetén, a leterheltség csökkentésére a GSM-ben alkalmazott megoldásokon túl a következő megoldások szolgálhatnak:

- Újabb frekvenciablokkok integrációja, valamint ezen blokkok összefogása. Ez a megoldás frekvenciasáv korlátos, tehát ez akkor valósítható meg, ha az adott szolgáltató rendelkezik elegendő frekvenciával (legyen az a 900MHz-es vagy a 2100MHz-es sávban), valamint csak egybefüggő blokkok esetén van lehetőség az összefogásukra.
- Új bázisállomás(ok) létesítésével
  - Például, mikro7 vagy „small”8 cellák indítása különállóan vagy nagyobb makrocellákon belül.

### **LTE hálózat (4G)**

Az LTE rendszer OFDMA<sup>9</sup> alapú rendszer, mely jelenleg Magyarországon a 800 MHz-es, 1800 MHz-es, valamint a 2600 MHz-es sávban működik és egyelőre csak IP alapú adatszolgáltatás nyújt a felhasználók számára, hangszolgáltatást nem. Megjelenésével az eddigi két technológia leterheltsége az LTE képes telefonok elterjedésének köszönhetően egyre csökken. Az LTE rádiós hozzáférési technológia lényegesen különbözik a 2G és 3G hálózatokban alkalmazott technológiáktól. Az OFDM átvitel akár nem folytonos spektrum összefogására is lehetőséget ad, valamint a sáv szélesség rugalmas megválasztását is megengedi.

Ennek köszönhetően különböző frekvenciasávok összefogásával (carrier aggregation) az elérhető adatátviteli sebesség tovább növelhető. Itt érdemes megemlíteni a térbeli multiplexálási technikát, elterjedtebb nevén MIMO-t<sup>10</sup>, amellyel a frekvencia-összefogáshoz hasonlóan tovább emelhető a sebesség.

A MIMO átviteli mód több antennaút egyidejű használatát jelenti az adó és a vevő oldalon, az egyes antennákra különböző információt juttatunk azonos frekvenciasáv használata közben. A frekvenciasávok, valamint a MIMO használatából adódó lehetséges sebességnövekményt a következő (2.) ábrán láthatjuk.

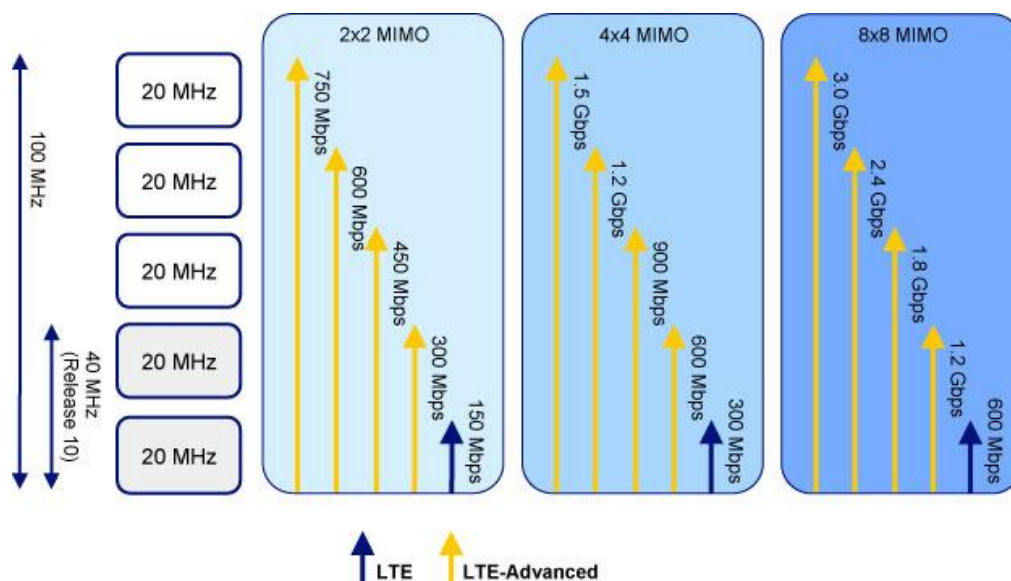
---

<sup>7</sup> Mikrocella: kültérben alkalmazandó, a makrocellánál alacsonyabb antennamagasságból sugárzott cella

<sup>8</sup> „Small” cella: kültérben alkalmazandó, a mikrocellánál alacsonyabb antennamagasságból sugárzott cella, forgalmas városrész, vagy eseti rendezvények ellátására alkalmas

<sup>9</sup> OFDMA: Orthogonal Frequency-Division Multiple Access - Ortogonális frekvencia-osztásos multiplexelés

<sup>10</sup> MIMO: Multiple-Input and Multiple-Output – Többszörös bemenet és többszörös kimenet



2. ábra. Az LTE és LTE-A<sup>11</sup> elérhető adatátviteli sebességének alakulása az összefogott spektrum és az alkalmazott MIMO függvényében [1]

Az LTE cellák kapacitását tekintve elmondható, hogy egy 5 MHz-es blokk szabvány szerint legalább 200 aktív mobil terminál átlagos forgalmát képes kiszolgálni [2].

A kapacitás növelésére szolgáló megoldások lényegében megegyeznek a 3G celláknál említettekkel, kiegészítve annyival, hogy a 3G technológia esetén eltérő hálózat optimalizálási lehetőségek vannak, mivel az adott hálózatot lehetőség van a felhasználás jellegére szabni,

- Ha a maximális adatátviteli sebesség elérése a cél, úgy az erőforrásokat a hálózat megpróbálja a szerint allokálni, hogy az aktív terminálok részére az elérhető adatátviteli sebesség a lehetséges maximum felé közelítsen. Ez a kapacitás csökkenését eredményezi az egy időben kiszolgálható terminálok tekintetében.
- Ha az aktív terminálok ellátása kerül fókuszba, úgy az adatátvitel minimalizálásával a kapacitás maximalizálására optimalizálunk. Hotspot-okban<sup>12</sup>, nagy forgalmú helyeken (pl. fesztiválok vagy katasztrófa sújtotta területek) lehet ez a beállítás nagyobb jelentőségű.

## A mobilhálózatok túlterheltség kezelésének tapasztalatai krízishelyzetekben

### A brüsszeli terrortámadás

2016. március 22-én több robbantásos merénylet történt Brüsszelben: kettő a repülőtéren, egy a Maelbeek metróállomáson, mely során több tucatnyi ember vesztette életét, illetve a sebesültek száma is 200 felett volt.

Az ember természetes reakciója ilyen helyzetben, hogy azonnal segítséget hív (segélykérő számok hívása), vagy szeretteiket, ismerőseiket szeretnék mielőbb tájékoztatni, biztonságban tudni. Ilyenkor mobiltelefonjaikat veszik elsősorban igénybe, azaz hanghívást kezdeményeznek és/vagy SMS<sup>13</sup>-t küldenek, de már nagyon elterjedt a közösségi oldalakon

<sup>11</sup> LTE-A: Long Term Evolution Advance - Továbbfejlesztett 4G mobilhálózat

<sup>12</sup> Hotspot: Forgalmos terület

<sup>13</sup> SMS: Short Message Service - Rövidüzenet szolgáltatás

(Facebook<sup>14</sup>, Twitter<sup>15</sup>, stb.) történő kommunikáció is. Utóbbiak (főleg a video és képtartalom miatt) jelentősen leterhelik a mobilhálózatokat, különösen krízis helyzetekben. A brüsszeli események során a pánik okozta azonnali információcsere főként hanghívások formájában történt. Viszonylag rövid időn belül hatalmas torlódás keletkezett a cellánként egyidejűleg indított több ezer hívás miatt (2G, 3G, s 4G cellákat együtt értve), mely már túlmutatott a rendszerek kapacitásán.

A szolgáltatók a közösségi oldalain arra kérték az előfizetőket, hogy hanghívás helyett inkább az SMS szolgáltatást és az internet alapú közösségi oldalakat (Twitter, Facebook) vagy üzenetküldő szolgáltatásokat (Viber<sup>16</sup>, WhatsApp<sup>17</sup>) vegyék igénybe, ezzel is csökkentve a beszédcsatornák leterheltségét és a sürgős segélyhívások lehetővé tételét [3]. A hálózati torlódások ennek ellenére továbbra is fennálltak, így a hálózatüzemeltetőknek és a hatóságoknak egyéb intézkedéseket kellett tenniük a probléma enyhítésére. A következő megoldásokat alkalmazták:

- a repülőtér és környezetében elérhető Wi-Fi hotspotokat 24 órán át bárki számára ingyenesen és jelszó megadása nélkül elérhetővé tették, ezzel csökkentve a mobilhálózatokon átjáró adatforgalmat.
- a katasztrófavédelemmel együttműködve a szolgáltatók egy információs telefonszámot hoztak létre, ahol bárki segítséget, információt és eligazítást kérhetett [4].

A fenti intézkedés ellenére a mobilhálózatok több mint 8 óra elteltével is akadoztak az óriási kihasználtság miatt, az aznapi forgalom ugyanis duplája volt egy átlagos napnak, mind a beszédhívásokat és az SMS-eket, mind pedig az adatforgalmat illetően.

Összességében a válságstáb a mobilszolgáltatókkal szorosan együttműködve a lehetőségekhez mérten jól kezelte a helyzetet és mindent megtettek annak érdekében, hogy a kommunikáció és információáramlás a lehető legsikeresebb legyen.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A mobilhálózatok szolgáltatásainak megbízható alkalmazása fokozottan fontos kritikus helyzetekben. Mivel a rádiós hálózatok kapacitása is véges, az átlagos legforgalmasabb órához viszonyított többszörös forgalmat már nem biztos, hogy képesek kezelni – hiába a legjobb hálózat optimalizálási stratégia vagy a maximális felhasználói számot bőven meghaladó kapacitásra történő tervezés.

A hálózati problémák, a túlterheltség, a beszéd és az adatforgalom kimaradása, lassulása vagy teljes megszűnése miatt az információvesztés a bekövetkezett krízishelyzet súlyosságával arányos, ebben az esetben a hálózati operátoroknak és hatóságoknak mindent el kell követniük annak érdekében, hogy a forgalmi problémákat minimalizálják. A brüsszeli eseményekre a szolgáltatók által adott reakciók biztatóak és példaként kell, hogy szolgáljanak a jövőre nézve.

A GSM, UMTS és LTE hálózat különálló rétegenként üzemel mind az alkalmazott frekvenciasávok, mind pedig a rádiós technológiák tekintetében, ezért ezek krízishelyzetekben – az adott szituációtól függően – egymást kiválthatják, szükség esetén a kapacitásnövelés céljait szolgálva. A jövő várható vezeték nélküli technológiájának, az 5G-nek a megjelenése

---

<sup>14</sup> Facebook: Internetes közösségi oldal

<sup>15</sup> Twitter: Internetes közösségi

<sup>16</sup> Viber: Internet alapú VOIP hang-, szöveges üzenet és fájlmegosztó rendszer

<sup>17</sup> Whatsapp: Internet alapú VOIP hang-, szöveges üzenet és fájlmegosztó rendszer

az extrém forgalomnövekedés kezelésében további megoldást hozhat, hiszen különálló hálózat révén plusz kapacitást tesznek majd elérhetővé. A meglévő technológiák fejlesztése az 5G első kiadásáig nem áll meg, az egyre több optimalizálási mechanizmus bevezetésének hála a hálózatok erőforrás-menedzsmentje teljesen automatikusan, mindig a felhasználók igényeinek megfelelően történik majd.

Jelenleg a cellák nagyságát és az antennák sugárzási irányait a rádiós antennák fix beállításai határolják be, a jövőben azonban olyan teljesen önműködő heterogén hálózatokat fognak kialakítani a bázisállomások optimalizálásával foglalkozó cégek, melyekben a cellák teljesítményét, sugárzási irányát és karakterisztikáját annak megfelelően fogják adaptív módon szabályozni, hogy a rádiós erőforrást éppen hova (mely területre) szükséges csoportosítani a forgalmi igények függvényében. Ezen felül a tervezők gondolnak a fenntarthatóságra, energiahatékonyságra is. Jelenleg ugyanis a bázisállomások a nap 24 órájában működnek, de a közeljövőben előreláthatólag mindig a napszaknak és forgalomnak megfelelő teljesítményt fogják alkalmazni, mely az áramfogyasztás drasztikus csökkenését eredményezheti majd.

Cikkünkben a publikus mobilhálózatokkal foglalkoztunk érintve azok tervezését, paraméterezését, különösen krízishelyzetekben. Elemeztük az elérhető kapacitást és adatátviteli sebességet a 2G, 3G és 4G technológiákat illetően, hogy rávilágítsunk a hálózatok krízishelyzetekben tapasztalható gyenge pontjaira. Kitértünk a kapacitás korlátjaira, valamint a lehetséges bővítési lehetőségeket is bemutattuk.

Az ismertetett problémákon túl, olyan egyéb kutatási lehetőségeket rejt a téma, amelyek megoldása további segítséget nyújthatna a vészhelyzetben tapasztalható mobilhálózati problémák megoldása tekintetében. Egy robbantásos merénylet vagy terrorcselekmény, egy katasztrófa-helyzet általában lokálisan okoznak komolyabb teljesítmény-degradációt, vagy kapacitásproblémát az egyes szolgáltatók mobilhálózataiban. A hálózat előbb torlódhat, majd működésképtelenné válik. Amennyiben a szolgáltatók hálózatai összegződnének ilyen esetekben, úgy megfelelő kapacitás-menedzselés mellett az erőforrások szétosztásával tovább lehetne javítani a hálózati kapacitást, segítve ezzel a mentő- és nemzetbiztonsági egységeket, illetve a bajbajutottak kommunikációját egyaránt.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] [http://www.artizanetworks.com/resources/tutorials/accelera\\_tech.html](http://www.artizanetworks.com/resources/tutorials/accelera_tech.html) (letöltve: 2016.11.15)
- [2] <https://communities.theiet.org/blogs/426/444> (letöltve: 2016.05.10)
- [3] <http://www.politico.eu/article/belgian-phone-network-crashing-under-strain-terror-attacks-airport-mobile/> (letöltve: 2016.05.10)
- [4] <http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/brussels-attacks-phone-networks-zaventem-airport-explosion-maelbeek-metro-live-updates-a6945571.html> (letöltve: 2016.05.10)