

5G és az okos gyártás kihívásai

GÓDOR ISTVÁN

Ericsson Research
istvan.godor@ericsson.com

VIDÁCS ATTILA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
vidacs@tmit.bme.hu

Kulcsszavak: 5G, okos gyártás, Ipar 4.0, 5G-SMART, MTC, NR, TSN

Az 5G jóval többet jelent, mint amit a telefónia vagy a mobil szélessáv szemszögéből láthatnak napjaink lakossági felhasználói. Lehetőséget teremt az ipar és a társadalom átalakulására és digitalizálására, a dolgok internetének széleskörű elterjedésére, valamint mobilitást kaphatnak akár a kiber-fizikai rendszerek is. Kiemelt figyelmet kapnak a kritikus infrastruktúrákhoz tartozó kommunikációs igények, mint például a közlekedés, gyártás és termelés esetében. Ezen esetekben még fontosabb a magas megbízhatóság és a determinisztikus alacsony késleltetés, amit az 5G ígér.

1. Bevezetés

A vezetékes telefonvonalak száma a telefónia első száz évében fokozatosan érte el a 250 milliót, majd végül a 2006-os év környékén tetőzött nagyjából 1,25 milliárd előfizetői vonallal (illusztrációként lásd az 1. ábrát).

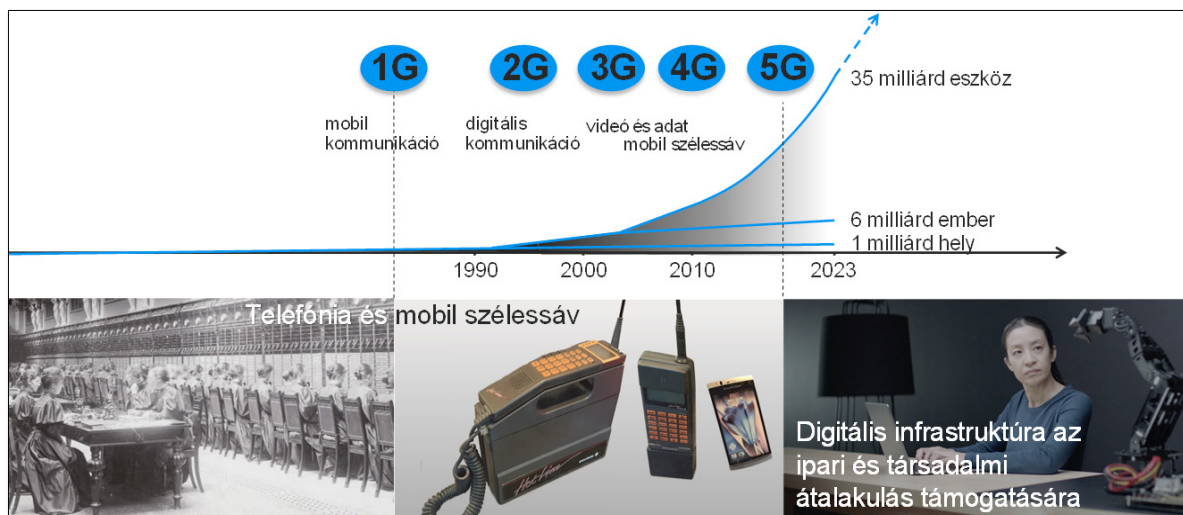
Az 1980-as években azonban egy új korszak születésének lehettünk tanúi, megjelent a cellás mobiltelefon hálózatok első generációja (1G), amely új alapokra helyezte a kommunikáció szabadsága nyújtotta lehetőségeket (pl. az 1981-ben indult Nordic Mobile Telephony – NMT rendszer a skandináv országokban). A mobilhálózatok második generációja (2G) a GSM, amely már digitális hangátvitelt tett lehetővé a korábbi analóg helyett. Ezzel megteremtődött a digitális mobilkommunikáció, amely már globálisan elérhetővé vált az emberek számára. Azonban a GSM ennél egy kicsit többet is hozott. Új szolgáltatásként megjelent a rövid szöveges üzenetek (SMS) lehetősége, amely már túlmutatott a korábbi hangalapú kommunikáció nyújtotta lehetőségeken.

A harmadik generáció (3G) hozta el számunkra a valódi mobil adatkommunikáció lehetőségét, az első videó-

hívásokat és a mobilinternetezés lehetőségét is. Amint az adatkapcsolatok sebessége növekedett, megjelentek az első okostelefonok, amelyek már alapjaiban változtatták meg az emberek mindennapjait, kommunikációs igényeit és szokásait, valamint a hírek és érdekességek iránti érdeklődését.

A negyedik, jelenleg világszerte elérhető mobil távközlési rendszer (4G) hozta el az igazi mobil szélessávot, amely már olyan felhasználói élményt képes nyújtani, ami nem igényel kompromisszumokat. Bárhol használhatjuk mobiltelefonjainkat, tabletjeinket vagy éppen laptopjainkat úgy, mintha otthon lennénk. Zenét hallgathatunk, videót, de akár tévét is nézhetünk útközben, vagy épp munkába menet.

Ezidáig a mobil hálózatok különböző generációi leginkább a lakossági felhasználók telefonálási, majd adatkommunikációs igényeit elégítették ki. Az új, ötödik generációs (5G) szabvány és rendszerek természetesen továbbra is igyekeznek majd kiszolgálni az emberek folyamatosan növekvő kapacitás- és minőségi igényeit, és megteremteni a teljes globális lefedettséget a legeladottabb helyeken is.



1. ábra
A telefónia fejlődése
[forrás: Ericsson]

De ezúttal a lakossági igények mellett egy új irány fog sokkal jelentősebb mértékben megjelenni. Ugyan a különböző gépek, eszközök, sőt a dolgok internete is kapott már egy kis ízelítőt a mobilitásból a keskenysávú IoT (Narrowband IoT, NB-IoT), illetve az LTE (Long Term Evolution) eszközöknek szánt verziójának (CAT-M1) kommunikációs lehetőségei révén, de a napjainkban zajló digitalizálás már megköveteli, az 5G rendszer pedig lehetőséget nyújt arra, hogy mindent hálózatba tudjunk kapcsolni, aminek erre szüksége lehet, ideértve a kritikus infrastruktúrákat is a közlekedés, szállítás és gyártás területén. Ez utóbbi területeken még fontosabb a magas megbízhatóság és a determinisztikus alacsony késleltetés.

A következőkben összefoglaljuk az okos gyártás hozta igényeket és a válaszul adott technológiai újdonságokat. A teljes szektor erőteljes átalakulás alatt áll, a fejlődést segítő, nagy figyelmet kap a technológiai támogatást nyújtó K+F tevékenység is. Cikkünkben példaként az Európai Unió által támogatott 5G-SMART kutatás-fejlesztési projekt kerül bemutatásra, amely a kapcsolódó üzleti-, ipari- és technológiai kérdésekre igyekszik választ adni. Zárásként bemutatjuk a legfontosabb technológiai újdonságokat és tulajdonságokat, amiket az 5G nyújtani tud.

2. Az ipar átalakulása

Forradalminak is tekinthető generációváltásokról az iparban éppúgy beszélhetünk, mint a mobiltechnológia generációiról. Az Ipar 4.0 fogalom a negyedik ipari forradalomra utal, lényegében az információs technológia és az automatizált gyártástechnológiai folyamatok egyre szorosabb összefonódását takarja. Eredményeként a gyártási módszerek és folyamatok alapvető változásokon mennek keresztül, a termelésben a fókusz az emberi erőforrásról egyre inkább a gépek intelligens együttműködésére helyeződik át. Az Ipar 4.0-ra mint vízióra tekintve az elképzelt cél: egy nagyon hatékony, össze-

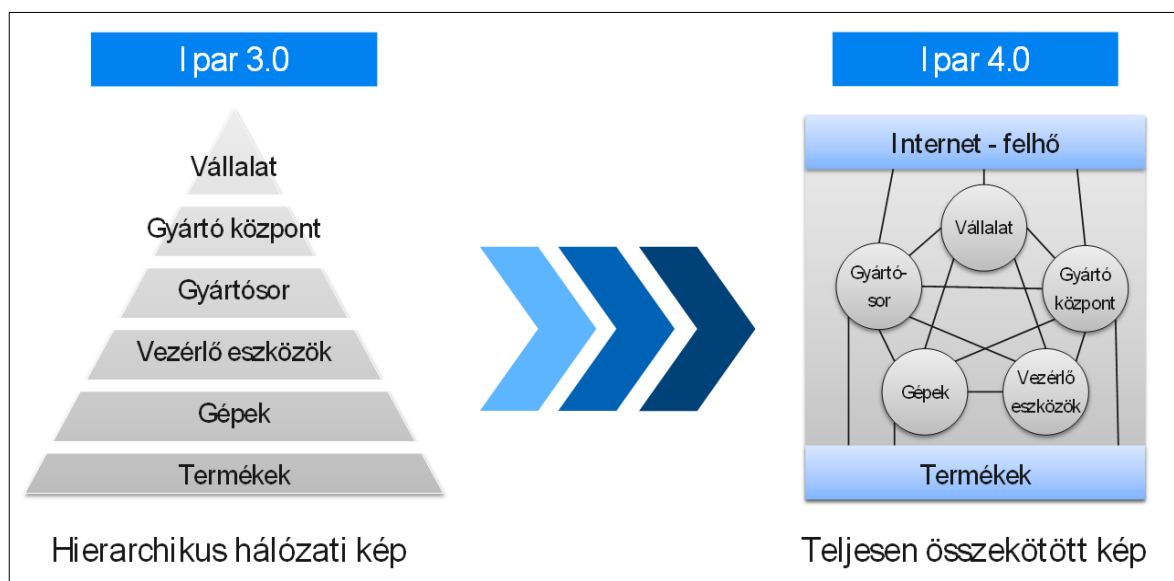
kapcsolt és rugalmas „jövő gyára”, amely képes – elsőre talán paradoxnak tűnő módon megfogalmazva – egyedi, személyre és egyéni igényekre szabott termékek tömeggyártására. Ahhoz, hogy ezt az ambiciózus célt elérjük, napjaink ipari gyártóseit fel kell készíteni arra, hogy rugalmasan, együttműködve és dinamikusan átkonfigurálva is képesek legyenek működni, mindeközben nem feladva az elvárt magas minőségi és biztonsági követelményeket.

Az információs technológia és gyártástechnológia erőteljes összefonódása bomlasztó konvergencia abban az értelemben, hogy egy termék teljes életciklusát tekintve az értéklánc szereplői újra kell pozícionálják helyüket és szerepüket, ezáltal egy új gazdasági-ipari ökoszisztémát megteremtve.

Az 5G szerepe a most zajló átalakulásban alapvetőnek tűnik. A jövő gyártói rendszerei szükségessé teszik egy megbízható kommunikációs hálózat telepítését, amely rendszer képes kell legyen egyszerre kiszolgálni a megjelenő újszerű, heterogén kommunikációs igényeket, figyelembe véve mind az eszközök nagy számát, mind a forgalmazott adatok mennyiségi, minőségi és elvárt késleltetési igényeinek széles skáláját is.

Hálózati és kommunikációs szempontból megvizsgálva a helyzetet, napjaink modern gyártóseit a vezetékes technológiák uralják (>90%). Ráadásul ezen technológiák piaca erősen töredezett. A különféle gyártók rendszereinek integrálásához az egyes ipari hálózati technológiák között protokollkonverzióra van szükség, üzemi szinten átjárók választják el egymástól a lokálisan összekötött kis szigeteket. Általánosságban is elmondható, hogy jelenleg a vertikális (hierarchikus) megoldások összekapcsolásának eredményeképp a teljes rendszer merev és nehezen átalakítható (2. ábra).

Ezzel szemben a jövő gyáraiban az elvárt kommunikációs architektúra egy teljesen elosztott és összekötött képet mutat (az ábra jobb oldala). Az összeköttetések és folyamatok szervezése ezáltal teljesen rugalmas, igény szerinti lehet. Az 5G egy potenciálisan alkalmas megoldást nyújt erre a feladatra.



2. ábra
Az ipar
átalakulása
[Forrás:
5G-SMART]

3. Az 5G-SMART projekt

Az 5G-SMART K+F projekt célja, hogy megmutassa, az 5G miként lendítheti fel az okos gyártást [2]. Az ipar szempontjából talán az elsődleges kérdés az, hogy üzletileg is megfelelő választás-e a vezeték nélküli technológia használata. Ehhez mindenképpen szükség van a különböző üzleti modellek feltérképezésére, és magának az 5G-ökoszisztémának a megértésére.

A projekt megvizsgálja, hogy mi lehet a mobil szolgáltatók szerepe az ipari hálózatok kiépítésében és üzemeltetésében, mely területekre érdemes nem publikus hálózatokat kiépíteni, és hogyan tudnak együtt élni az ipari rendszerek a publikus lakossági hálózatokkal az adott ipari környezetekben, illetve a hálózati szeletelés (network slicing) mennyiben váltja ki a gyakorlatban a párhuzamos hálózati kiépítést. Természetesen stratégiai kérdés, hogy a szabályozási környezet, különösen a spektrum használata mennyiben korlátozza az üzleti szabadságot, illetve a tapasztalatok alapján milyen irányú javaslatokat lenne érdemes kidolgozni a szabályozó testületeknek. Gondoljunk itt például arra, hogy a terjedési tulajdonságai miatt a milliméter hullámhosszú kommunikáció az ipari létesítményeken belül marad, amely nagyobb szabadságot ad akár a létesítmény tulajdonosának vagy a lehetséges szolgáltató(k)nak.

Természetesen alapvető kérdés, hogy az 5G ígéretei és funkciói milyen minőségben valósíthatók meg a gyakorlatban is a különböző ipari környezetekben. Legelső kérdés talán magának a telepítésnek a kivitelezése, figyelembe véve a változatos beltéri környezetet:

- Hogyan terjednek a rádiós jelek, különösen a milliméter hullámhosszúak a gépekkel és fémszerelvényekkel teletűzdelt gyártócsarnokokban?
- Zavarhatja-e a vezeték nélküli kommunikáció, pl. a nanotechnológiás chipgyártást (gondoljunk az elektromágneses kompatibilitásra (Electromagnetic Compatibility, EMC)?
- Milyen teljesítményt képes nyújtani az ultra-megbízható és alacsony késleltetésű kommunikáció (Ultra-

Reliable Low-Latency Communication, URLLC), a tömeges gépi jellegű kommunikáció (massive Machine Type Communications, mMTC) és a fejlett mobil szélessáv (enhanced Mobile Broadband, eMBB)?

- Milyen számítási feladatokat érdemes magukban a gépekben, esetleg helyben a felhő szélén (edge cloud) vagy a mély felhőben elvégezni?

A projektnek további célja, hogy az ipari tapasztalatok alapján járuljon hozzá a még szabványosítás alatt álló speciális 5G-funkcionalitások és technológiai megoldások kidolgozásához. Ilyen kérdéskörök többek között a TSN/ipari LAN és az 5G integrációja (Time-Sensitive Networking, TSN és Local Area Network, LAN), az időszinkronizálás és pozicionálás az 5G segítségével, valamint az iparközpontú hálózatok konfigurációs és menedzsment keretrendszerének és alapelveinek kidolgozása.

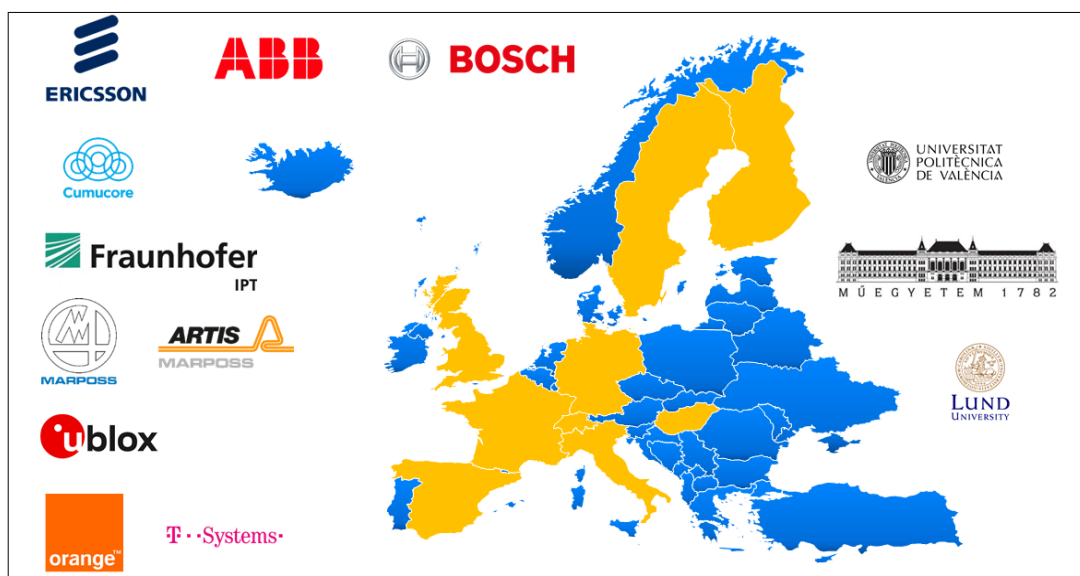
3.1. Az 5G-SMART projekt ipari teszt területei

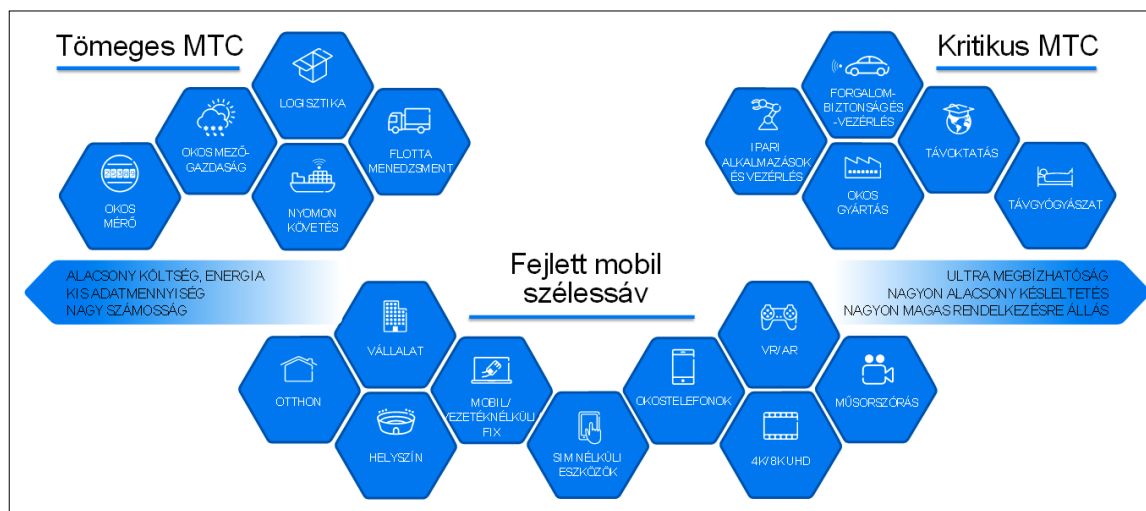
Maga a projekt egy ipari fókuszú konzorciumban öltött formát, ahol az infokommunikációs (Information and Communications Technology, ICT) technológiák és az ipari technológiák (Operational Technology, OT) adják a projekt 86% százalékát, az akadémiai oldalt pedig a valenciai és lund egyetemek mellett a BME képviseli (3. ábra).

Maguk az ipari tesztek három telephelyen, az Ericsson, a Fraunhofer IPT és a Bosch gyáraiban fognak megvalósulni a következőkben felsorolt témakörökben, de alapvetően nemcsak egy gyárra fókuszálva.

A robotikán belül kiemelt figyelmet kap vezeték nélküli hálózatok használata, mind a robotok egymás közötti, mind az emberek és robotok közötti együttműködés vezérlése szempontjából. Ez utóbbiban a különböző szenzorok közül kiemelt szerepet kap a gépi látás. A robotok tesztelésében napjainkban fontos szerepet kapnak a digitális ikrek (digital twin, DT), amelyekhez egy rugalmas multi-szenzor platform elkészítése is célja a projektnek. A virtuális, illetve kiegészített valóság nemcsak az digitális ikrek vonatkozásában, hanem az üzemcsarnokok megjelenítésében is szerepet kap, ezzel segítve az ott dolgozó munkások napi teendőit.

3. ábra
Az 5G-SMART projekt résztvevői
[Forrás: 5G-SMART]





4. ábra
5G használati
eseteinek
elvárásai
[Forrás:
Ericsson]

A jövő gyárainak rugalmas munkafolyamatait támogatja a vezetékek nélküli vezérlés, valamint maguknak a munkadaraboknak a szenzor alapú felügyelete is. Ez egy teljesen új kihívás a mobil hálózatok számára, hiszen a lefelé irányuló vezérlés sokszor csak néhány csomag elküldéséből áll, viszont annak milliszekundumon belül meg kell érkeznie az eszközhez (gondoljunk csak vészleállítási folyamatokra), miközben felfelé irányban Gbit/sec sebességű kapcsolatokra lehet szükség a rengeteg mérési adat továbbítására. Ez egy fordított helyzet a korábban megszokott használathoz képest és nagy kihívások elé állítja az URLLC és eMBB kapcsolatokat is.

Természetesen a már korábban említett feladatok közül a már meglévő ipari megoldások és az 5G együttélésének vizsgálata az ipari teszteknek is fontos eleme lesz, mind a TSN/ipari LAN és 5G integrációja, mind pedig az elektromágneses kompatibilitás szempontjából.

4. 5G technológiai támogatás az okos gyártásban

Az 5G-vel sok-sok célterületet szeretnénk kiszolgálni, amelyek túlmutatnak a lakossági felhasználók támasztotta igényeken [1,3-6]. A 4. ábrán foglaltuk össze a legfontosabb használati eseteket három fő csoportba bontva [1,3]. A fejlett mobil szélessáv az okostelefonokon, tableteken és PC-ken kívül természetesen megcélazza az otthonokat, vállalatokat, a különböző rendezvényhelyszíneket és lehetőséget ad virtuális valóság (virtual rea-

lity, VR), kiegészített valóság (augmented reality, AR) és 4K/8K nagyfelbontású videók közvetítésére, sőt akár még műsorterjesztésre is.

A gépi jellegű kommunikációt (Machine Type Communication, MTC) alapvetően két csoportra bonthatjuk: a tömeges (mMTC) és a kritikus (cMTC) csoportokra.

A tömeges MTC elvárása, hogy alacsony költséggel és energiafogyasztással tudjanak az eszközök kapcsolódni. Ezek az eszközök tipikusan kis adatmennyiséget forgalmaznak és természetesen tömegesen fordulnak elő. Ide sorolandók a különböző okos mérők, mezőgazdasági szenzorok, logisztikai-, nyomonkövető- és flotta-menedzsment rendszerek is.

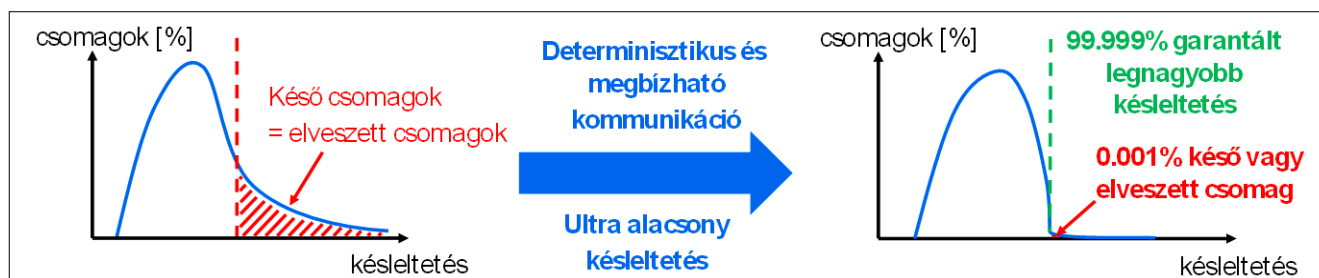
A kritikus MTC ezzel szemben ultra magas megbízhatóságot, nagyon alacsony késleltetést és nagyon magas rendelkezésre állást vár el a hálózattól. Ide sorolandók a különböző forgalombiztonsági és -vezérlési rendszerek, a távgyógyászat, távoktatás, az ipari alkalmazások és vezérlések, valamint az okos gyártás is. A következő alszakaszokban az okos gyártáshoz kapcsolódó és a kritikus MTC-t támogató 5G-s funkciókat mutatjuk be röviden.

4.1. Alapvető elvárások kritikus kommunikáció esetén

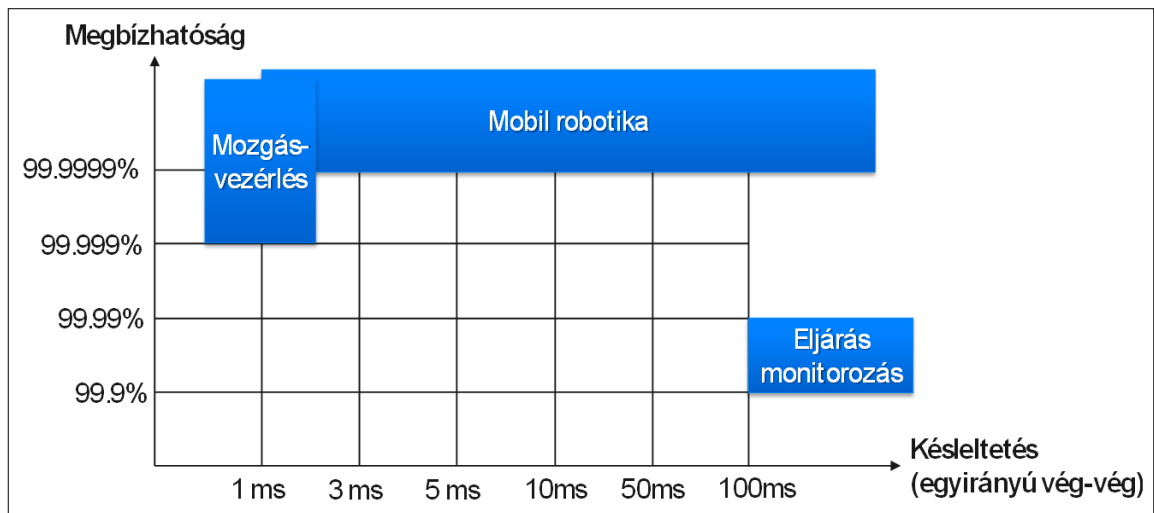
Talán a legfontosabb elvárás kritikus kommunikáció esetén, hogy a kommunikáció determinisztikusan és megbízhatóan történjen és mindez általában oly módon, hogy a késleltetés rendkívül alacsony legyen (5. ábra) [1,3].

Kritikus kommunikáció esetén a késő csomagokat úgy tekinthetjük, mintha elvesztek volna. Ezért például a késleltetés tekintetében nem elég egy statisztikusan

5. ábra Kritikus kommunikáció elvárásai [Forrás: Ericsson]



6. ábra
Megbízhatóság
és késleltetés
elvárások
ipari
környezetben
[Forrás:
Ericsson]



megadott várható érték, vagy egy 95%-os percentilis, hanem sokkal szigorúbb követelményeknek kell megfelelni. A hagyományosan öt-kilencesnek hívott távközlési minőség ebben az esetben azt jelenti, hogy 99.999%-ban garantáljuk, hogy mekkora lesz a legnagyobb késleltetés, másképpen legfeljebb 0,001% lesz a késő vagy elveszett csomagok aránya. Gyárak tekintetében három fő területet különböztet meg a 3GPP a TS 22.104-ben:

- **Mozgásvezérlés:**
0,5 ms és 2 ms közötti egyirányú végpontok közötti (E2E) késleltetés, és legalább 99,999% megbízhatóság.
- **Mobil robotika:**
változó késleltetési igény (vezérlés függvényében) 1 ms-tól akár 100 ms-ig tartó skálán, és legalább 99,9999% megbízhatóság.
- **Eljárás-monitorozás:**
100 ms és 60 s közötti késleltetés, tipikusan 99,99% és 99,999% megbízhatósági igényrel.

4.2. Alacsony késleltetés biztosítása 5G New Radio segítségével

Alacsony késleltetést alapvetően kétféleképpen érhetünk el mobil hálózatokban. Az egyik irány magának a rádiós keretnek az átszervezése, rövidebb részek (ún. slot-ok) alkalmazása a kommunikáció során. Természetesen az 5G New Radio (NR) erre is lehetőséget ad, különböző alvivő-távolságok esetén (sub-carrier spacing, SPS) különböző részhosszakkal számolhatunk, így alapvetően négy adatkommunikációra szánt esetet különböztethetünk meg:

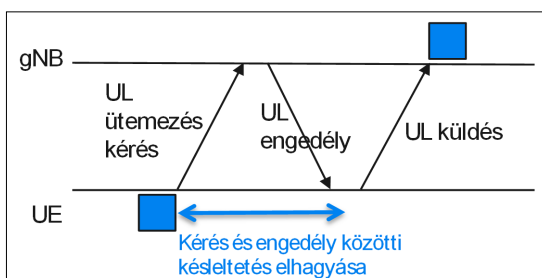
- $\mu=0$: 15 kHz SCS és 1 ms részhossz (≤ 6 GHz vivőfrekvencián);
- $\mu=1$: 30 kHz SCS és 0,5 ms részhossz (≤ 6 GHz vivőfrekvencián);
- $\mu=2$: 60 kHz SCS és 0,25 ms részhossz (minden vivőfrekvencián, bár alacsony frekvenciákon opcionális);
- $\mu=3$: 120 kHz SCS és 0,125 ms részhossz (> 6 GHz vivőfrekvencián).

Másik irány a különböző ütemezési, hibajavítási és megelőzési (pre-emption) megoldások alkalmazása, amelyeknek kifejezetten a gyors működés a célja. Az ultra megbízható alacsony késleltetésű kommunikáció (Ultra-Reliable Low-Latency Communication, URLLC) fő célja éppen ennek az alacsony késleltetésnek és gyors működésnek a biztosítása. Erre látunk három példát a 7-9. ábrákon [1,3].

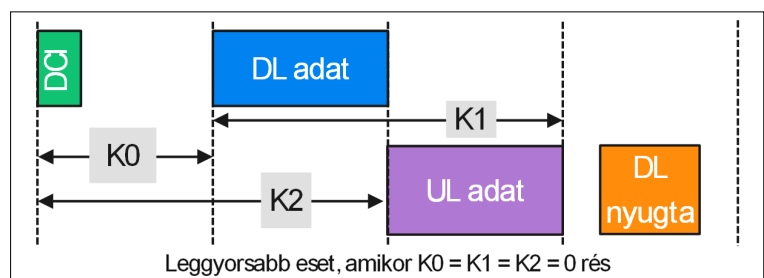
Az NR egyik nagy újdonsága, hogy kritikus adatfolyamok részére előre kioszthatunk erőforrásokat, hogy ezáltal biztosítsunk rövidebb csatornahezáférési időt számukra. Ezt hívjuk előütemezésnek (pre-scheduling), melyvel felfelé (uplink, UL) irányban sokat nyerhetünk* azzal, hogy nemcsak hagyományos ütemezés kérés (scheduling request, SR) és dinamikus engedély (grant) válasz után küldhetünk felfelé irányban, hanem „egyből” is, egy ún. előre konfigurált engedély (configured grant, CG) segítségével. Ezáltal az előütemezés javítja a késleltetést és megbízhatóságot is, hiszen a küldéshez nincs szükség az ütemezés kérésére és az erre válaszul adott engedélyre, másfelől így kevesebb az esély a hibára is (7. ábra).

* Például akár 1,5-2 ms-ot egy 3 DL és 1 UL osztású $\mu=1$ -es rendszerben. Ez ms-nagyságrendű késleltetést elváró infrastruktúrában sok lehet.

7. ábra Előütemezés [Forrás: Ericsson]



8. ábra Gyors HARQ [Forrás: Ericsson]

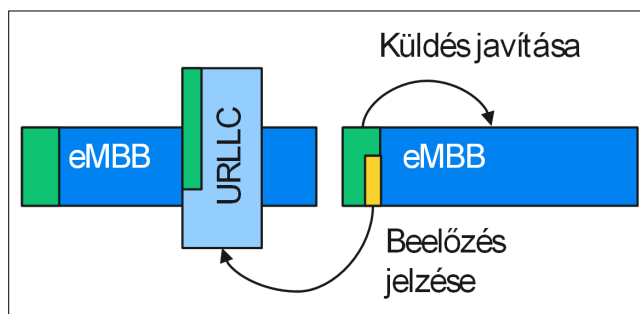


Az NR teljesen dinamikus és ezáltal gyorsabb HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request) megoldást nyújt a korábbi generációkhoz képest. Igazából csak a felhasználói készülék (user equipment, UE) és a bázisállomás (5G base station – gNB) feldolgozási sebességén múlik a gyorsaság, mivel egy részen belül több fizikai lefelé (downlink, DL), illetve felfelé (uplink, UL) irányuló kontrollcsatorna is lehet (Physical Downlink Control Channel, PDCCH és Physical Uplink Control Channel, PUCCH), így szinte azonnal jelezhetjük, ha hibát észleltünk (8. ábra).

Mindezekén túl, a kritikus adatfolyamok akár meg is szakíthatják a legjobb szándékú (best-effort) átviteleket, így beelőzve az eMBB adatokat és elkerülve a küldés előtti várakozást (9. ábra). Beelőzés esetén természetesen jelezni kell, hogy erről volt szó, azaz csak most küldjük el az eMBB adatot, és nem pedig az adott részt „javítjuk ki” ezzel a küldéssel. Ez fontos jelzés magának a hibajavító HARQ mechanizmusnak is. A jelzésre használhatunk egy dedikált beelőzés-indikátort (pre-emption indicator), vagy újként küldhetjük újra az adatunkat az NDI (new data indicator) bebillentésével, illetve csak az elveszett szakaszt is javíthatjuk egy ún. kódblokkcsoport (code block group, CGB) alapú újraküldéssel.

4.3. Determinisztikus kommunikáció biztosítása az 5G és a TSN integrációjával

A gyorsaság és alacsony késleltetés mellett az ipari automatizálásnak és gyártásnak kiemelten fontos, hogy determinisztikus kommunikációra legyen képes, függetlenül attól, hogy vezetékes vagy vezeték nélküli hálózati összeköttetéseket használ. Az 5G-hálózatok és az időérzékeny hálózati kommunikáció (Time-Sensitive Net-



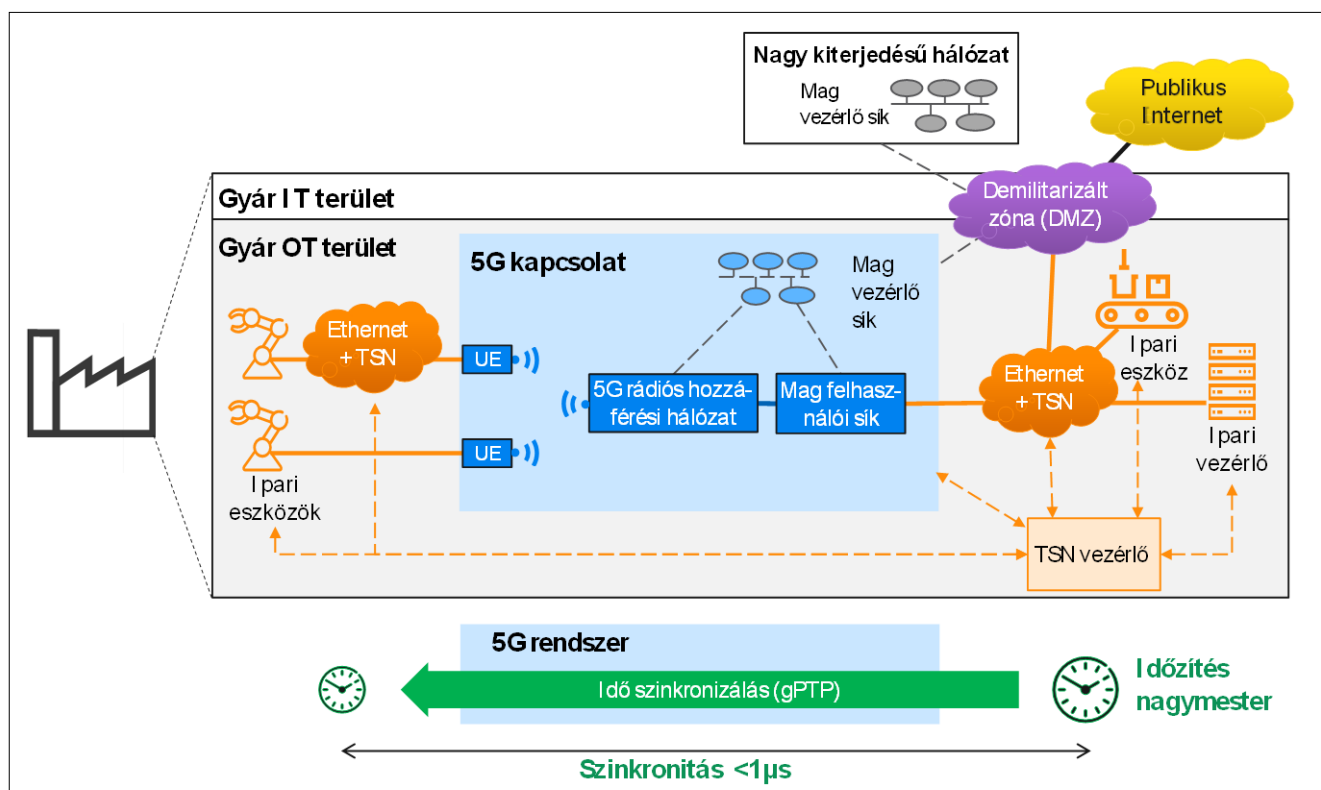
9. ábra Beelőzés [Forrás: Ericsson]

working, TSN) integrálásával új lendületet adhatnak a gyártóipar és az okos gyárak fejlődésének, hatékonyságának növeléséhez [1,5,6]. Az IEEE 802.1 TSN egy olyan szabványcsomag, amely az IEEE 802.3 szerinti szabványos Ethernet-összeköttetéseket használ és amellyel ipari automatizálási hálózatok számára biztosítható a széles körben elterjedt szabványos Etherneten alapuló determinisztikus kommunikáció. Az 5G és a TSN kapcsolatát illusztrálja a 10. ábra [1,3].

Nagyon leegyszerűsítve ezt az architektúrát, az 5G-rendszer úgy viselkedik a „két oldalán” elhelyezkedő ipari rendszer TSN-nel kiegészített Ethernet-hálózata felé, mintha maga is egy TSN-híd (bridge) lenne, amely az ipar számára elengedhetetlen pontos időzítésre alapuló ütemezést és megbízhatóságot tudja nyújtani. Az 5G-rendszer ilyenkor „felhasználói síkonként” praktikusán egy virtuális hídnak látszik.

A determinisztikus kommunikáció egyik eszköze a nagyon pontosan ütemezett kommunikáció (Scheduled Traffic, IEEE 802.1Qbv), amelyhez elengedhetetlen az idő

10. ábra 5G-vel támogatott időérzékeny gyártási architektúra (Forrás: Ericsson)



szinkronizálása, mind a hálózatokban, mind az ipari végberendezésekben. A TSN erre a gPTP-protokollt használja (generalized Precision Time Protocol, IEEE 802.1 AS), amelyet az 5G is támogat. Az 5G-rendszer ilyenkor egy virtuális gPTP időfüggő rendszernek látszik a TSN-hálózat szempontjából, amely transzparens módon továbbítja az időszinkron üzeneteket, figyelembe véve az 5G-rendszerben eltöltött időt is.

Minden mobilhálózatnak alapvető eleme az idő szinkronizálása. Mivel ez atomórán alapszik, ezért előfordulhat az a speciális eset is, amikor az 5G-rendszer órájára mint „idő-nagymester” (timing grandmaster) forrásra tekintünk, azaz az 5G-rendszer szolgáltatja az egész rendszer számára a referencia időt, beleértve a TSN-hidakat és a végberendezéseket is.

Érdemes megemlíteni, hogy a megbízhatóság növelése érdekében esetleg több felhasználói síkra is szükség lehet, például, ha az úgynevezett FRER-megoldást használjuk mind a TSN-, mind az 5G-doménben. A FRER (IEEE 802.1CB Frame Replication and Elimination for Reliability) lényege, hogy a végpontok között egymástól független utakon duplikálva haladhatnak a csomagok. A sorrendezést, a keretek egyesítését és a duplikátumok eliminálását a FRER-t támogató végpontok látják el.

5. Összefoglaló

Összefoglalva kijelenthetjük, hogy az 5G alapvető építőkövévé válik a közeljövőben a digitalizálódó társadalomban. Megadhatja azt a technológiai hátteret, amelyre támaszkodva mélyreható változások valósulhatnak meg az élet számos területén.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet szeretnének mondani a cikk háttéranyagának összeállításában nyújtott segítségért kollégáiknak: Farkas János, Varga Balázs, Miklós György, Joachim Sachs és Alexey Shapin. Továbbá köszönet illeti az 5G-SMART projektet, amely az Európai Unió Horizont 2020 kutatási- és innovációs programjának támogatását élvez, szerződésének száma No. 857008.

A szerzőkről



GÓDOR ISTVÁN az Ericsson tudományos főmunkatársa, az 5G-SMART projekt kutatója. Tagja az IEEE-nek, a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesületnek (HTE), a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) köztestületének, valamint az MTA Távközlési és Tudományos Bizottságának. Egyetemi diplomáját és doktori fokozatát a BME-n szerezte 2000-ben, ill. 2005-ben. Jelenlegi kutatási témái magukba foglalják az ipari IoT és az okos gyártás téma-területét.



VIDÁCS ATTILA a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Villamosmérnöki és Informatikai Kar Távközlési és Médiainformatikai Tanszékének (TMIT) egyetemi docense, az 5G-SMART projekt kutatója. Diplomáját és doktori fokozatát is a BME-n szerezte 1996-ban, ill. 2002-ben. Jelenleg az Okos-város laboratórium Robotika csoportjának vezetője. Érdeklődési területei: felhőrobotika, IoT kommunikációs megoldások, vezeték nélküli szenzorhálózatok.

Hivatkozások

- [1] Gódor I.: 5G az okos gyártásban, 6. Magyar Jövő Internet Konferencia, 2019. november 27., https://www.hte.hu/documents/10180/4621589/3.1-GODOR-2019-11-27_MJIK_Godor.pdf
- [2] J. F. Monserrat: 5G-SMART, EuCNC, Valencia, Spain, June 2019. <https://5gsmart.eu/wp-content/uploads/5G-SMART-EUCNC2019.pdf>
- [3] J. Sachs: End to End Reliability in 5G Industrial Networks, IEEE Emerging Technology Reliability Roundtable, Masala, Finland, August 2019. http://sites.ieee.org/comsoc-cqr/files/2019/09/05-Joachim_Sachs_ETR2019_Final.pdf
- [4] J. Sachs, K. Wallstedt, F. Alriksson and G. Eneroth: Boosting smart manufacturing with 5G wireless connectivity, Ericsson Technology Review, February 2019. <https://www.ericsson.com/49232f/assets/local/reports-papers/ericsson-technology-review/docs/2019/5g-and-smart-manufacturing.pdf>
- [5] J. Farkas, B. Varga, Gy. Miklós and J. Sachs: 5G and TSN Integrated for Smart Factories, TSN/A Conference, Bad Homburg, Germany, October 2019.
- [6] J. Farkas, B. Varga, Gy. Miklós and J. Sachs: 5G-TSN integration meets networking requirements for industrial automation, Ericsson Technology Review, August 2019. <https://www.ericsson.com/4a4cb4/assets/local/reports-papers/ericsson-technology-review/docs/2019/5g-tsn-integration-for-industrial-automation.pdf>

