



Mennyire „zöldülnek” a mobil hálózatok?

Az energiahatékonyság fejlődése a mobil hálózatokban

HTE Infokom 2020

Csaba Tamás

Telenor

2020.11.18

Miről lesz szó?

- Mobilhálózatok energiahasználatának legfontosabb aspektusai
- Energiahatékonyság javítása
- Alternatív megoldások és azok jelentősége
- Összefoglalás

Mobilhálózatok energiafelhasználásának Aspektusai I. - Trendek

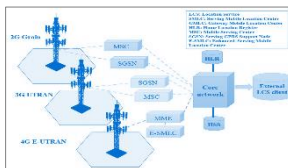
Energiellátás



Zöld energiaforrások megjelenése

- Alternatív energiaellátás akár bázisállomás szinten

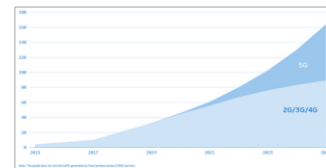
Mobil hálózat



Több hálózati eszköz nagyobb hálózat

- Több technológia: 2G-5G (3G)
- Több frekvencia
- Sűrűbb hálózat

Szolgáltatás Igény



Adatforgalom növekedés

- 5 év alatt 3,3 x; ; (5G: > 20%)
- + 30% használó, 3x IoT eszköz

ICT Szektor

- **Jelenleg:** ICT szektor: ~10% fogyasztás; mobil hálózatok: 1-2% (CO2 emisszió: ICT:2%, Mobil hálózatok: ~0,5% CO2), Nővekvő fogyasztás
- **Iparági ambíciók:** a hálózatok fogyasztása a forgalom növekedés ellenére se nőjön. (reálisan ne olyan mértékben nőjön)

- **Energiahatékonyság (EE):**
Adatsebesség / Felhasznált energia [bits per joule]
- **Adatsebesség = SE (η_s) * B**
(spektrumhatékonyság * frekvencia-sávzélesség)

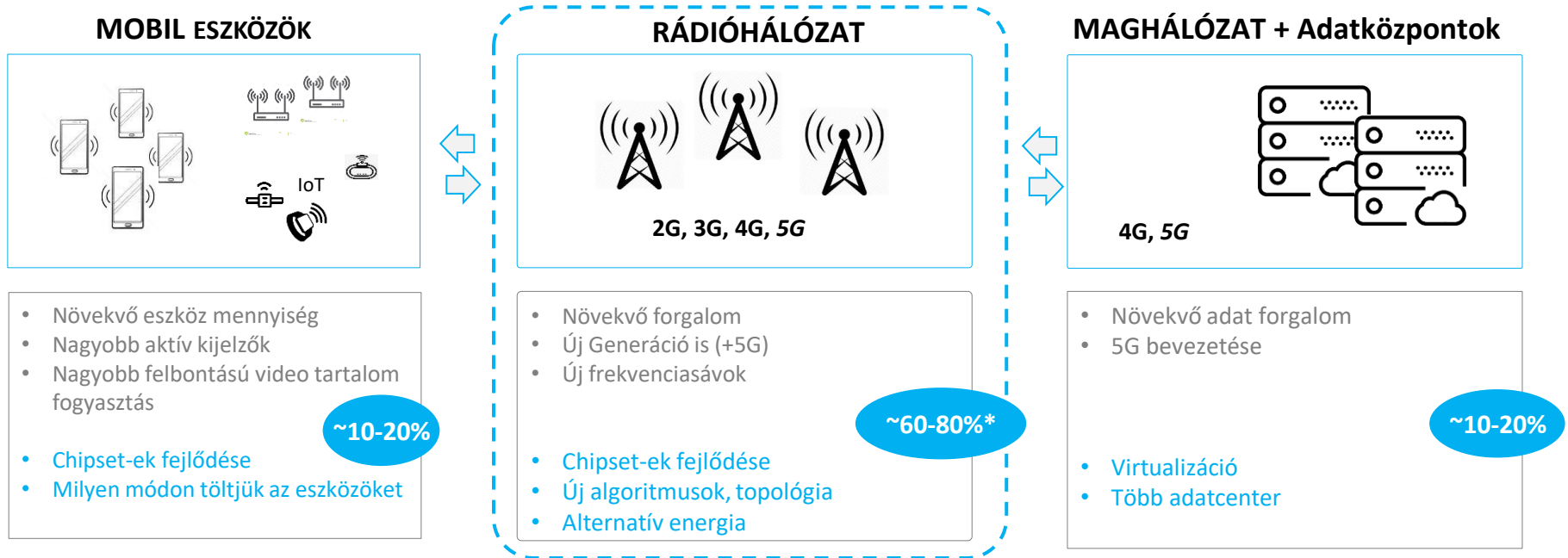
Cél: A mobilhálózatok energiahatékonysága (EE) jelentősen nőjön

Környezetvédelmi és gazdasági előnyök

Technológia fejlődése

Mobilhálózatok energiafelhasználásának Aspektusai II.

Hálózatrészek fogyasztása



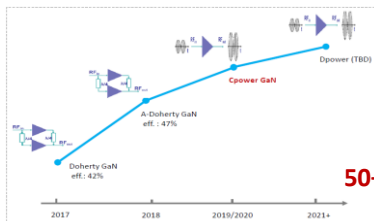
*Energy Consumption Assessment of Mobile Cellular Networks, *American Journal of Engineering Research (AJER)*

** GSMA

Energiahatékonyság Javítása I.

HW- Hatékonyság

PA - HATÉKONYSÁGA



63%

BTS fogyasztásának

- GaN
- ASIC (vs FPGA)
- 50%+ (2020)
- **3-5%** javulás 2 évente

50+%

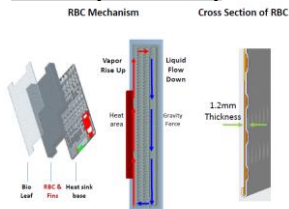
CHIPSET



- RF Radio on Chip: 28 -> 16nm
- DIF: 10 -> 7nm
- **30-50%**-os javulás

6%

HŰTÉS (COOLING)



9%

- Új elvek és anyagok
- **30-50%**-os javulás

Spektrumhatékonyság javulás – 5G



Massive MIMO

Generation	Bit/Hz (átlagos)	MCS
GSM	0,4	GMSK
UMTS/HSPA	1,2	64 QAM
LTE (2x2)	2,5	256 QAM
5G: 3D MIMO	8-12	256 QAM

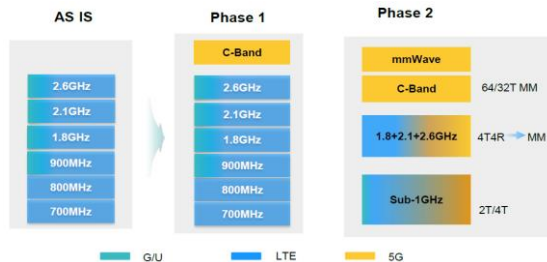
3-5x

PAPR.
↓
Ant. tech

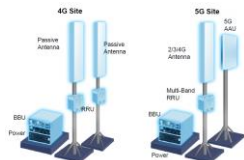
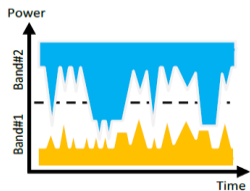
- 5G: **3-5x** spektrumhatékonyság növekedés a Massive MIMO miatt

Energiahatékonyság Javítása II.

Fokozatos és hatékony Generációváltás



Dynamic Power Sharing



- **3G lekapcsolása** elsőként, újrafoglalás (>3G)
- **Dinamikus Spektrum és teljesítmény megosztás:** 2G/4G és 4G/5G;
- **Többsávós rádiók:** 7/8/900MHz; 18/2100MHz
- **Integrált passzív + aktív antenna** 1 (0,5-1dB nyereség)

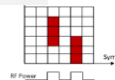
* Szemléltető grafikák forrása: White Papers, HUAWEI

Intelligens Megoldások (SW)

Sleeping – 5G

Symbol-level Shutdown

Symbol



- Instantaneous PA shutdown when no traffic

Channel

Channel-level Shutdown



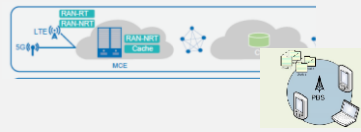
- Shut down some AAU/RRU channels when low load

Carrier

Carrier-level Shutdown



- Shut down low load carriers



Caching

- **Sleeping mode / kikapcsolt erőforrás elemek (5-15% megtakarítás)**
- **5G: HetNet, sűrű hálózat** Pl. Small cellák, kikapcsolása
- **5G: caching (Edge adatközpont)**, rövidebb úton jut el a tartalom
- 5G: C-RAN: Alapsávi (BB) kapacitás hatékonyság növelése,
- 5G: Erőforrás allokáció EE optimumra (nem a Tput a cél)
- **Topológia**
- **Hálózatmegosztás**

Akár 70%

Energiahatékonyság Javítása III.: Hol tartunk most

Átlagos 3 szektoros bázisállomás fogyasztása



Freq. Band	Antenna megoldás	3 sector	0% load	Avg. [W] (ETSI)	Avg. Power saving	MAX [W]	η
800	2x2		1 510	2 450	2 300	4 000	
900	2x2						
1800	4x4						
2100	4x4						
C band	32x32		1 170	1 360	1 180	1 810	22%

Energia megtakarítást hozó (Power Savings) megoldások hatása

ETSI Daily trf profile hours a day	6			10			8			6			10			8			
	W/O Power savings									Power savings									
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%	
8/9/18/2100 C-band	1515	2212	2578	1287	2035	2578	1171	1253	1334	878	1065	1227							

SW megoldások a hatékonyság növelésére (Power savings features): **-5-15%**

5G hatása

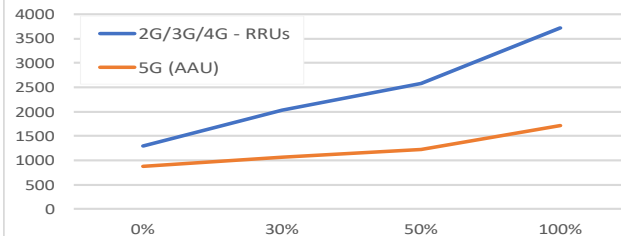
$\eta = \sim 42\%$
(Max output / Max consumed)

2x EE növekedés

$\eta = \sim 22\%$,
de > 4x DL kapacitás

$\sim 22/42 * 4 = \sim 2$

Load dependant power consumption - 3 sector site [W] - power saving features



5G AAU kisebb dinamika, alacsony load esetén rosszabb a hatékonysága

Helyi Alternatív megoldások és azok jelentősége

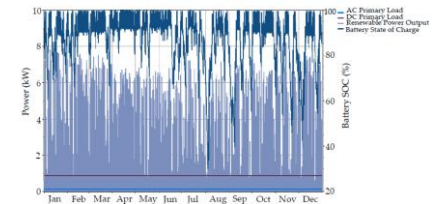
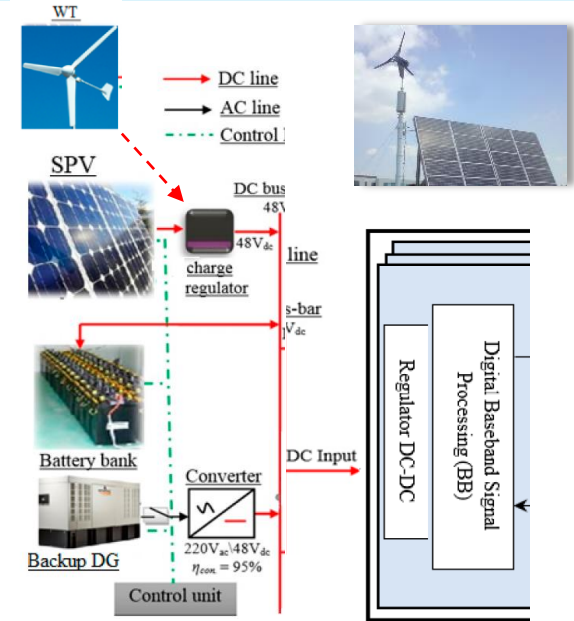
Rendszer felépítése (Napenergia)

- Napcella: 1kW ~ 5m² felület, élettartama 25 év, rendszeres tisztítás
- Megbízható – **időjárás független**
 - Elektromos **hálózati bekötés mint tartalék**
 - Akkumulátor bank: **24-48h** (normál működés: 0,1-8h), 4-6 év élettartam
- **10-15Mft beruházás** (akku: 75%, napcella: 23%, ..)

Gyakorlati megfontolások

- 3-8kW-hoz **15-40m² felület** -> **nem a városi környezet** alkalmas rá,
- **Néhány állomás nem megoldás, 15-20%-nak** már lehet hatása
- Magyarországon fejlett az elektromos hálózat -> **Nem költséghatékonysági kérdés**
- A legjobb megoldás, ha **Elektromos hálózatban nő a megújuló energia aránya**
- **Párhuzamos kiépítés** miatt is drága (Hálózati + Megújuló betáp.)

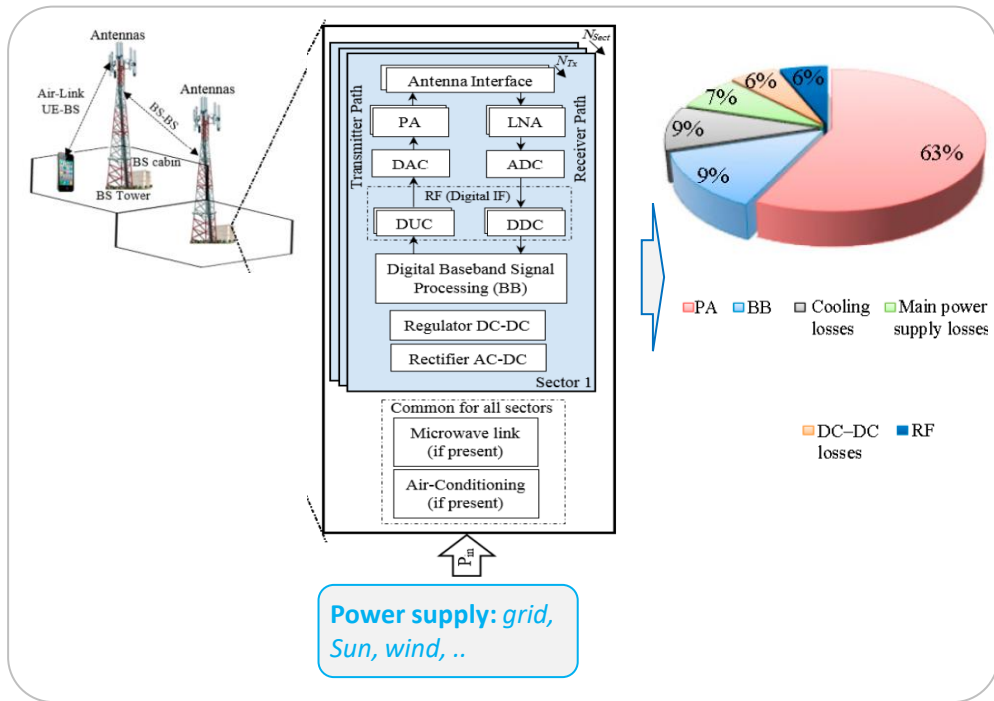
Szél vagy Nap energia



- A **Megújuló Energiaforrások** kiépítése nem éri meg bázis állomás szinten (az elektromos hálózat a megoldás)
- Az **5G EE** javulása jelenleg a **Massive MIMO** technológia SE (spektrumhatékonyság) növekedéséből adódik
- Az energiahatékonyságot javító automatizmusok további **20-70%** javulást hozhatnak
- **Valószínűsíthető, hogy mindezek együttese sem képes kompenzálni az 5 év alatt több mint 3 szorosára növő mobil adatforgalom hatását** mert:
 - 2G,4G, 5G technológiák párhuzamosan működnek. A frekvenciasávok fokozatosan kerülnek át 5G használatra
 - a C-sáv + MMIMO használata területben a városokra az összes adatforgalom < 70% -ra korlátozódik, teljes kiépülése is legalább 5 évet vesz majd igénybe
 - Új frekvenciákat vonnak be mobil használatra
- **A CO2 kibocsátást nem a csökkenő fogyasztás hanem az energiaforrás jellege fogja alapvetően meghatározni**

Köszönöm a figyelmet!

A szolgáltatásnyújtási lánc: Rádióhálózat Hatékonyságot befolyásoló paraméterek



Bázisállomás energiafogyasztása:

$$P_{macro-BS} = (N_{Sect} \times N_{TX}) \frac{P_{PA} + P_{BB} + P_{RF}}{(1 - \sigma_{MS})(1 - \sigma_{DC})(1 - \sigma_{cool})} + P_{mw} + P_{au}$$

- $Sect$: sector; TX : antenna, rádió egység
- $P_{PA} = P_{TX} / \eta_{PA}$; η_{PA} : erősítő hatékonysága
- σ_{xx} : veszteségek

Tipikus fogyasztás (2G/3G/4G): 2-3kW:

Energiahatékonyság (EE):

$EE = Overall_data\ rate / Total_Power_Consumed$ [bits per joule]

$$Overall_data\ rate = SE(\eta_s) * B$$

(spektrumhatékonyság * sávszélesség)

SE : Hálózat, rendszerszintű jellemző, (Shannon korlát)