



Ismétlés múlt óráról

VoLTE

- Kinek van LTE képes telefonja?
- Most LTE-n van?
- Kezden egy hívást! (pl saját magát)
- Vagy fogadjon hívást a mellette ülőtől...
- Most melyik technológiát használja? 4G még?
- Szakítsa meg a hívást, most mi történt?

VoLTE

- Voice over LTE
- Beszéd adatszolgáltatásra tervezett hálózaton
- ITU-T G.722.2 AMW-WB beszédkodek
 - max 28.8 kbps
- IMS IP Multimedia Subsystem
- SS7 --- SIP (SS7 over SIP)
- Gondok: Roaming, charging
- CSFB: Circuit Switched Fall Back
 - 3G vagy 2G hálózatra
- OTT
 - Viber, skype

Small Cell

- Small Cell
 - micro – pico – femto - ato
 - Bárhol Internetre csatlakozva
 - Nem Mobil!
 - Itthon Vodafone kínálta
 - (JCDecaux – reklámtáblákba, buszmegállókba, Vodafone-nal)
- Licenced / Unlicenced LTE
 - ISM sáv
- Cloud RAN
 - Virtualizálás
- D2D (M2M, IoT, P2P)
- FMC
- 5G

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

11. A műholdas kommunikáció és az 5G mobil

Cinkler Tibor

BME TMIT

2015. december 7.

Hétfő 14:15 15:52

St.Nagy



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- □ 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - 8.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
 - 8.3 ngSDH (next generation SDH)
 - 8.4 OTN (Optical Transport Network)
 - 8.5 MPLS (MultiProtocol Label Switching)
 - 8.6 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)
GYAKORLAT



→ 10. 4G: LTE

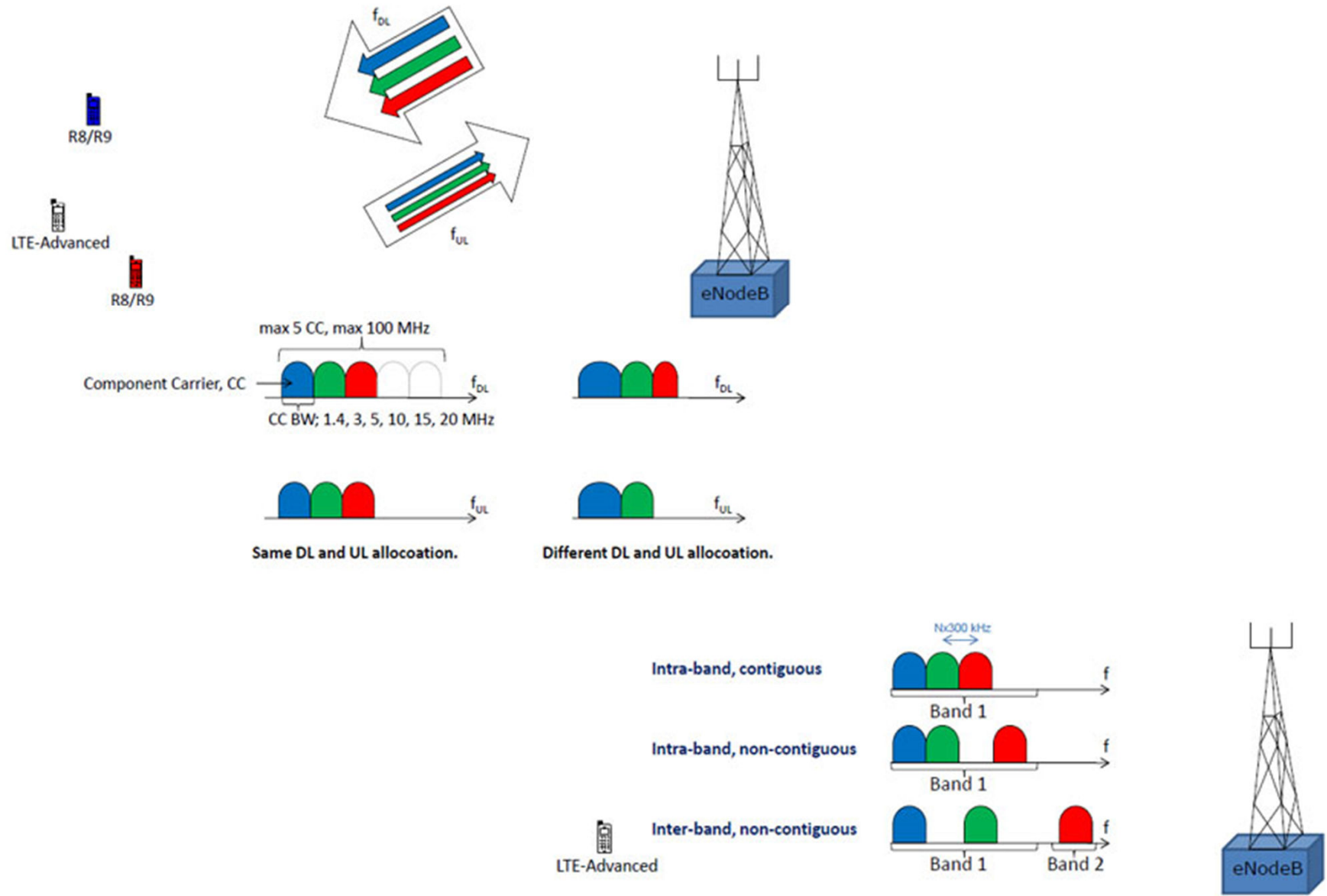
→ 11. A műholdas kommunikáció és az 5G

LTE-A

- A valódi 4G
 - eddigi nem az volt
 - ITU-T: 1 Gbit/s
 - 3GPP Rel. 10 – 2011 március
- Magyarországon:
 - 2014 április 29 Ericsson és Magyar Telekom
 - 250 Mbit/s az 1,8 és 2,6 GHz frekvenciasávban
 - Carrier Aggregation (HiperNet is)
 - <https://www.telegeography.com/products/commsupdata/articles/2014/04/29/mtel-and-ericsson-demonstrate-lte-a-technology-a-first-for-hungary/>

Carrier Aggregation

□ <http://www.3gpp.org/technologies/keyword-s-acronyms/101-carrier-aggregation-explained>

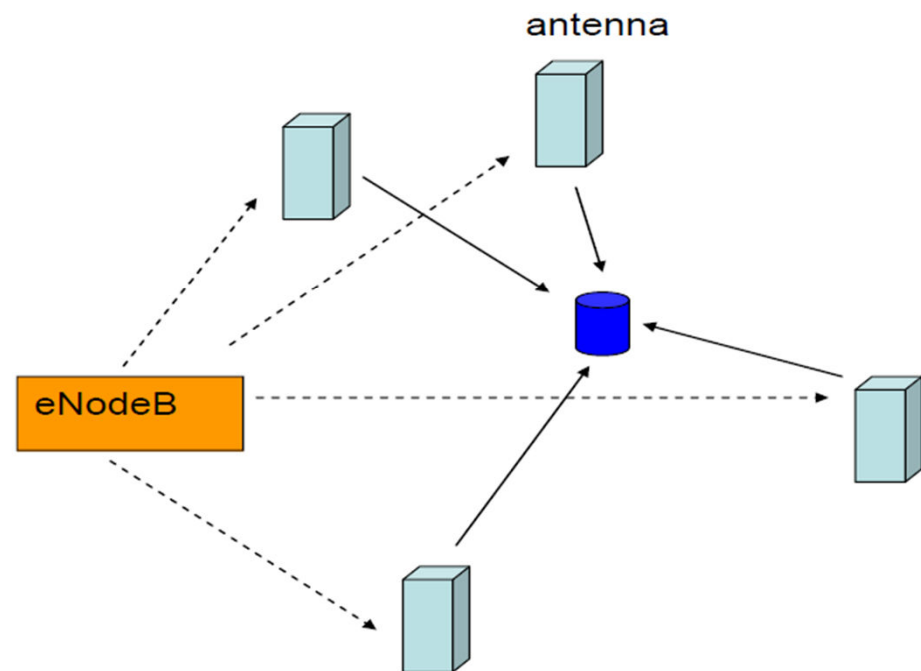


LTE-A: 1Gbit/s

- Hogyan?
- Forrás: Fazekas Péter: Teltrans szeminárium
- 256 QAM
- 3D Beam-Forming

Gbps átviteli sebesség

- fejlett multiantenna megoldások
 - több mint 4x4 -> terminál oldalon nehéz megoldani
 - több mint 2 transzport blokkos párhuzamos átvitel -> csak nagyon ideális (MIMO szempontól) csatorna esetén működik
 - koordinált multiantenna átvitel -> ez ígéretes
 - a terminál egyszerre vesz több, szétszórtnan elhelyezkedő antennáról
 - ezeket egy eNodeB vezérli



Service	Standard	Launched year	Max. net bitrate R per carrier per one spatial stream (Mbit/s)	Bandwidth B per carrier (MHz)	Max. link spectral efficiency R/B ((bit/s)/Hz)		Typical reuse factor I/K	System spectral efficiency $(R/B)/K$ ((bit/s)/Hz per site)
					SISO	MIMO		
1G cellular	NMT 450 modem	1981	0.0012	0.025	0.45	N/A	$1/7$	0.064
1G cellular	AMPS modem	1983	0.0003 ^[2]	0.030	0.001	N/A	$1/7$ ^[3]	0.0015
2G cellular	GSM	1991	0.013×8 timeslots = 0.104	0.2	0.52	N/A	$1/9$ ($1/3$ ^[4] in 1999)	0.17 ^[4] (in 1999)
2G cellular	D-AMPS	1991	0.013×3 timeslots = 0.039	0.030	1.3	N/A	$1/9$ ($1/3$ ^[4] in 1999)	0.45 ^[4] (in 1999)
2.75G cellular	CDMA2000 1× voice	2000	0.0096 per phone call \times 22 calls	1.2288	0.0078 per call	N/A	1	0.172 (fully loaded)
2.75G cellular	GSM + EDGE	2003	0.384 (typ. 0.20)	0.2	1.92 (typ. 1.00)	N/A	$1/3$	0.33 ^[4]
2.75G cellular	IS-136HS + EDGE		0.384 (typ. 0.27)	0.200	1.92 (typ. 1.35)	N/A	$1/3$	0.45 ^[4]
3G cellular	WCDMA FDD	2001	0.384	5	0.077	N/A	1	0.51
3G cellular	CDMA2000 1x PD	2002	0.153	1.2288	0.125	N/A	1	0.1720 (fully loaded)
3G cellular	CDMA2000 1×EV-DO Rev.A	2002	3.072	1.2288	2.5	N/A	1	1.3
Fixed WiMAX	IEEE 802.16d	2004	96	20	4.8		$1/4$	1.2
3.5G cellular	HSDPA	2007	21.1	5	4.22		1	4.22
4G MBWA	iBurst HC-SDMA	2005	3.9	0.625	7.23 ^[5]		1	7.23
4G cellular	LTE	2009	81.6	20	4.08	16.32 (4x4) ^[6]	1	16.32

4G cellular	LTE-Advanced	2013 ^[7]	75	20	3.75	30.00 (8x8) ^[6]	1	30
Wi-Fi	IEEE 802.11a/g	2003	54	20	2.7		1/3	0.900
Wi-Fi	IEEE 802.11n	2007	72.2 (short GI)	20	3.61		1/3	1.2
Wi-Fi	IEEE 802.11ac	2012	433.3 (short GI)	80	5.42			
WiGig	IEEE 802.11ad	2013	6756	2160	3		1/3	1
TETRA	ETSI	1998	4 timeslots = 0.036	0.025	1.44	N/A		
Digital radio	DAB	1995	0.576 to 1.152	1.712	0.34 to 0.67	N/A	1/5	0.08 to 0.17
Digital radio	DAB with SFN	1995	0.576 to 1.152	1.712	0.34 to 0.67	N/A	1	0.34 to 0.67
Digital TV	DVB-T	1997	31.67 (typ. 22.0)	8	4.0 (typ. 2.8)	N/A	1/5	0.55
Digital TV	DVB-T with SFN	1996	31.67 (typ. 22.0)	8	4.0 (typ. 2.8)	N/A	1	4.0 (typ. 2.8)
Digital TV	DVB-H	2007	5.5 to 11	8	0.68 to 1.4	N/A	1/5	0.14 to 0.28
Digital TV	DVB-H with SFN	2007	5.5 to 11	8	0.68 to 1.4	N/A	1	0.68 to 1.4
Digital cable TV	DVB-C 256-QAM mode		38	6	6.33	N/A	N/A	N/A
Broadband modem	ADSL2 downlink		12	0.962	12.47	N/A	N/A	N/A
Broadband modem	ADSL2+ downlink		28	2.109	13.59	N/A	N/A	N/A
Telephone modem	V.92 downlink	1999	0.056	0.004	14.0	N/A	N/A	N/A

5G

□ ITU-R 2015 június, Genf

„As of now, the peak data rate of IMT-2020 for enhanced Mobile Broadband is expected to reach 10 Gbit/s. However, under certain conditions and scenarios, IMT-2020 would support up to 20 Gbit/s peak data rate. ITU-R Study Group 5 will meet on 21 July to approve the Recommendation, which will then become available during the Radiocommunication Assembly in October.”

Tervek

- 2018 téli olimpia Korea (-> 1.5 milliárd USD-t beletesznek az 5G fejlesztésébe)
- 2020 Tokió nyári olimpia éles üzem

□ (Pávaválasztás példa: anno és most)

□ Wi-Fi 6G integrálva 5G-be

5G

Requirements, Expectations, Wishes...

In contrast to 4G **5G should achieve:**

- 1000 times the system capacity
- 10 times the spectral efficiency
- higher data rates (i.e., the peak data rate of 10 Gb/s and the user experienced rate of 1Gb/s)
- 25 times the average cell throughput
- 5 times reduction in E2E latency (<1ms)
- 100 times connectivity density
- 99,999% availability

How ?

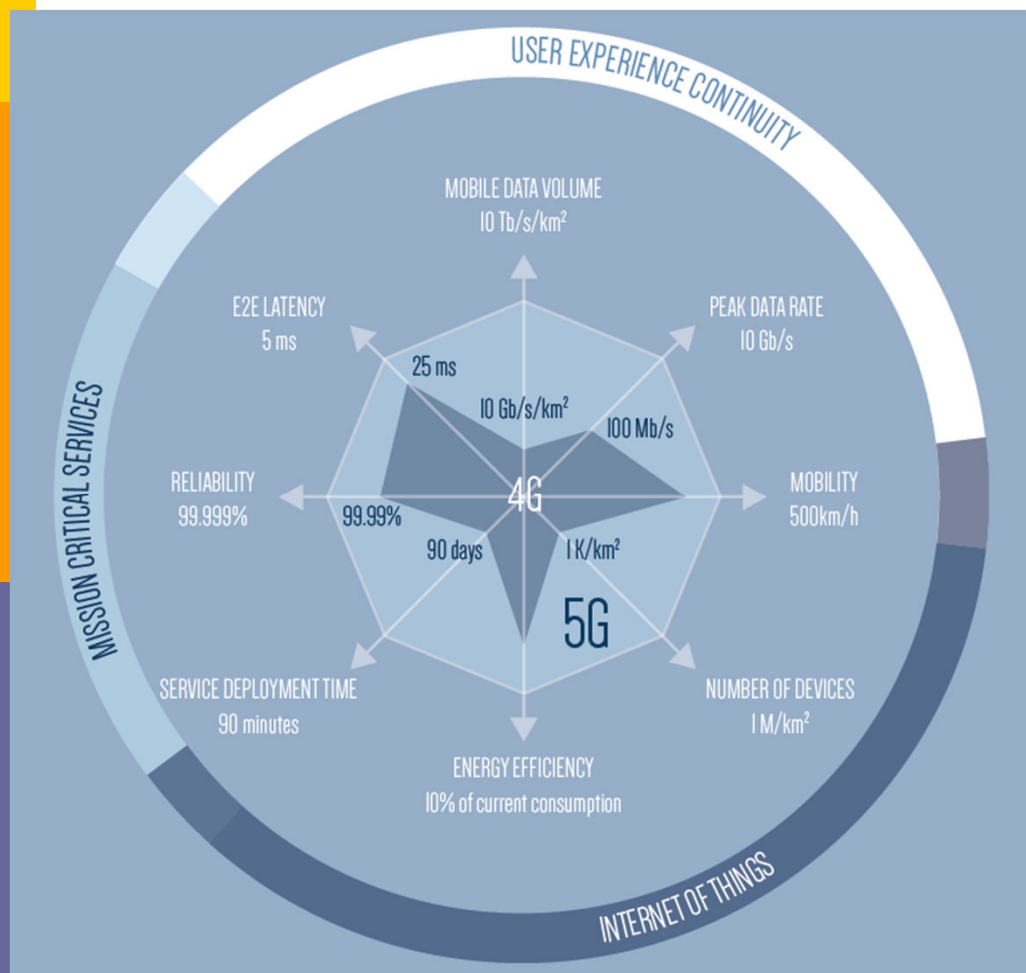
5G Requirements

Source: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf>

- 1,000 X mobile data volume per geographical area reaching a target ≥ 10 Tb/s/km²
- 1,000 X number of connected devices reaching a density $\geq 1\text{M}$ terminals/km²
- 100 X user data rate reaching a peak terminal data rate $\geq 10\text{Gb/s}$
- 1/10 X energy consumption compared to 2010
- 1/5 X end-to-end latency reaching 5 ms for e.g. tactile Internet and radio link latency reaching a target ≤ 1 ms for e.g. Vehicle to Vehicle communication
- 1/5 X network management OPEX
- 1/1,000 X service deployment time reaching a complete deployment in ≤ 90 minutes

Further 5G requirements

Source: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf>



Guaranteed user data rate
 $\geq 50 \text{ Mb/s}$

Capable of human-oriented terminals
 $\geq 20 \text{ billion}$ ^{10⁹}

Capable of IoT terminals
 $\geq 1 \text{ trillion}$ ^{10¹²}

Aggregate service reliability
 $\geq 99.999\%$

Mobility support at speed
 $\geq 500 \text{ km/h}$
 for ground transportation

Accuracy of outdoor terminal location
 $\leq 1 \text{ meter}$

5G? <http://www.3gpp.org/>

- LTE
- LTE-Advanced
- LTE-Advanced Pro

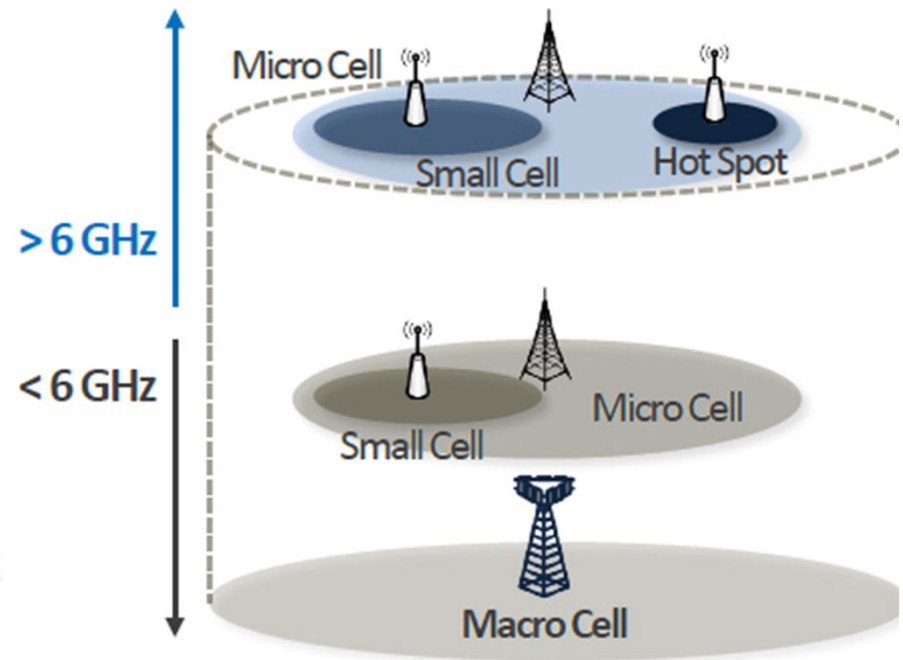
- Rel. 14
- Rel. 15. Phase 1 to be completed by H2 2018
- Rel. 16. Phase 2 to be completed by Dec 2019 for the IMT 2020 submission and to address all identified use cases & requirements



5G

- Enhanced Mobile Broadband
- Massive Machine Type Communications (M2M)
- Ultra-reliable and Low Latency Communications
- New Radio (new RAT)
 - Non-backward-compatible
- Small Cells – Macro Cells
- Wi-Fi HS 2.0

Source: <http://www.3gpp.org>



What is the Role of 5G in Smart Cities?

5G is expected to be the Universal Interconnect

- For Cooperation
- For Simultaneity
- For Ubiquity

- Transportation (Mobility)
- Energy
- Health
- ...
- For all data captured / acquired
- For all actions and management

COMBO Overview



COMBO targets a unified access and aggregation network architecture allowing fixed and mobile networks to converge (Fixed / Mobile Convergence, FMC), enabling:

- *optimal and seamless quality of experience for the end-user*
- *optimized network infrastructure ensuring reduced cost and energy consumption*

Objectives

- *Define optimised FMC architectures (economic and energy efficiency)*
- *Assess multi-operator FMC scenarios*
- *Demonstrate experimentally FMC in lab tests and field trials*
- *Drive standardization bodies with respect to FMC architectures*

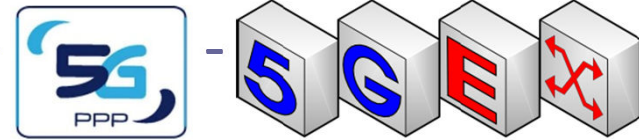
The COMBO consortium:

- *Network operators: Deutsche Telekom, Orange (France Telecom), Telefonica, Argela (Turk Telecom)*
- *Vendors: Ericsson, ADVA, Alcatel-Lucent*
- *Academia & research institutes: BME, POLIMI, Lund University, Telecom Bretagne, CTTC*
- *SMEs: JCP, AITIA, Telnet*

Two Main Contributions of BME

1. *Techno-Economic Assesment of Candidate FMC Access Network Technologies*
2. *Energy – Availability – QoS tradeoff for FMC via Hand-Overs between multiple operators and multiple technologies*

5GEx Overview



1. Design and specify architecture, mechanisms, algorithms and enablers for automated and fast provisioning of infrastructure services in a multi-domain/multi-operator 5G environment (**90 days to 90 minutes**)
2. Define and validate the novel 5GEx business layer, including the **abstract view of the business information model**, economic and market mechanisms that promote efficiency **of multi-domain services**
3. 5GEx partners will build a working **end-to-end system** and deploy a demonstrable prototype
4. Sandbox Exchange - **Experiment and validate** by implementing selected use cases

Why is multi-operator/multi-domain cooperation important in 5G?

- Virtual Network Functions (VNF)
 - Separation of functions from hardware
 - Deployable in scalable virtual environments (clouds)
- Multiple advantages
 - Resilience, redundancy, scalability
 - Additional advantages: eases cooperation
- 5G aims at increased efficiency and flexibility
 - VNFs can support the implementation of this goal
 - Domain- and operator (administration) boundaries should be broken
- Automated mechanisms for inter-operator/inter-domain cooperation
 - Abstract interface
 - Orchestration mechanisms
 - Near-operation testbed
 - Open to willing third parties

Availability-Power-QoS Trade-off for FMC

WiFi?



micro
pico
femto cell?
ato



makro
2G
3G ?
4G

3D

Access selection

(Interface changing/steering)
(Handover, load balancing)

(Traffic steering, dynamic shifting)

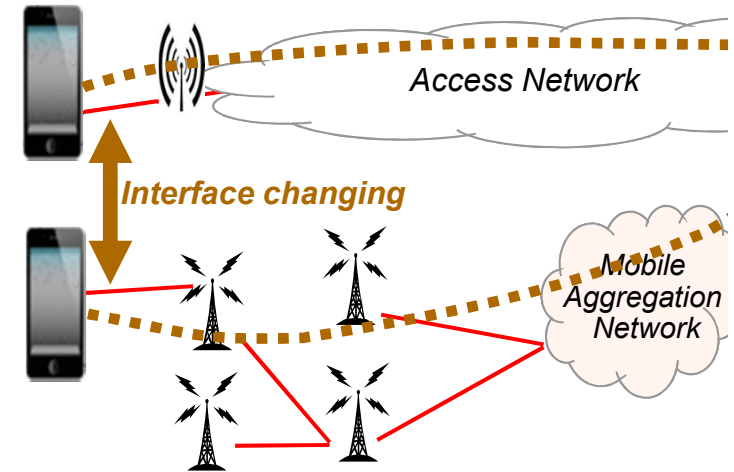


- **Horizontal ?** (Homogeneous, geographical)
- **Vertical ?** (Heterogeneous, multi-RAT)
 - **Inter-Operator ?**



Selective switch-off & Consolidation

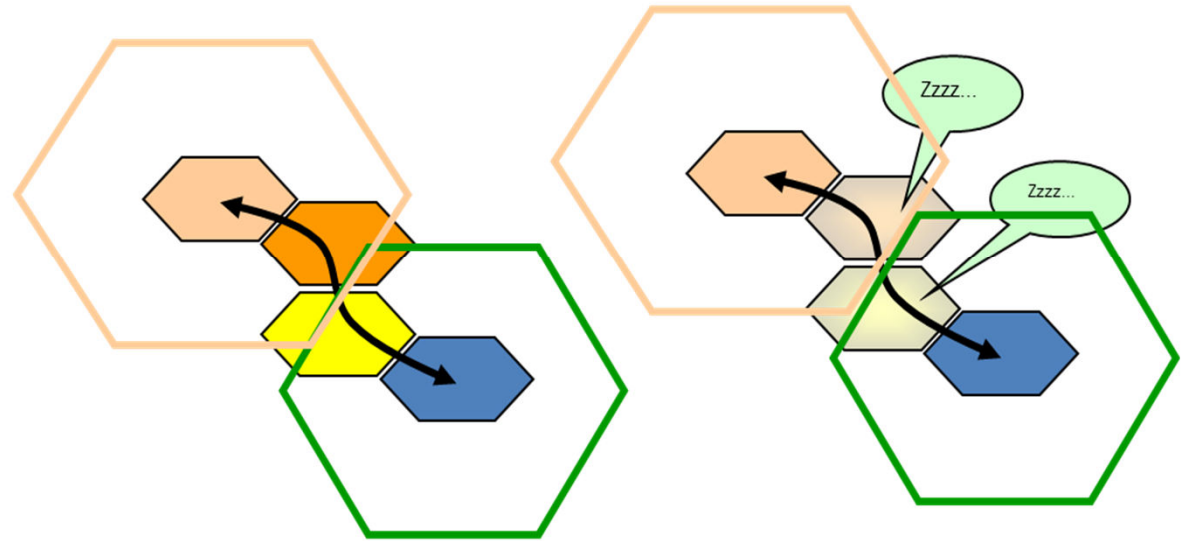
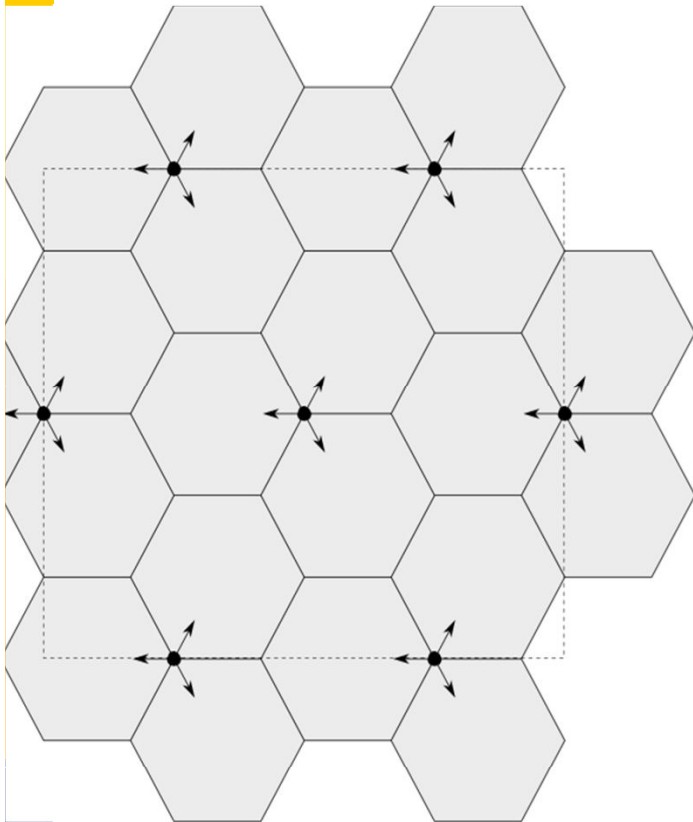
Optimisation
Simulations



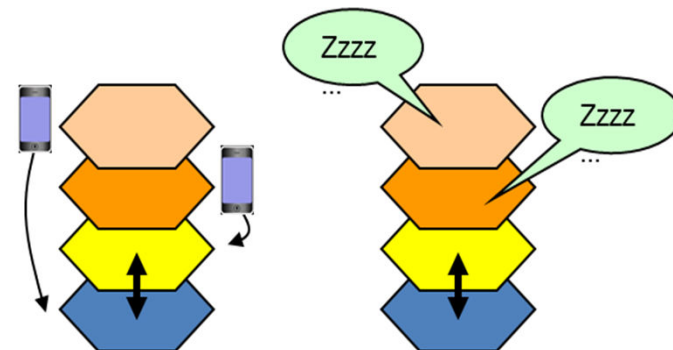
Message:

- **Availability: can be improved**
- **Energy: reduced!!!**
 - **QoS: OK**

How does it work ?

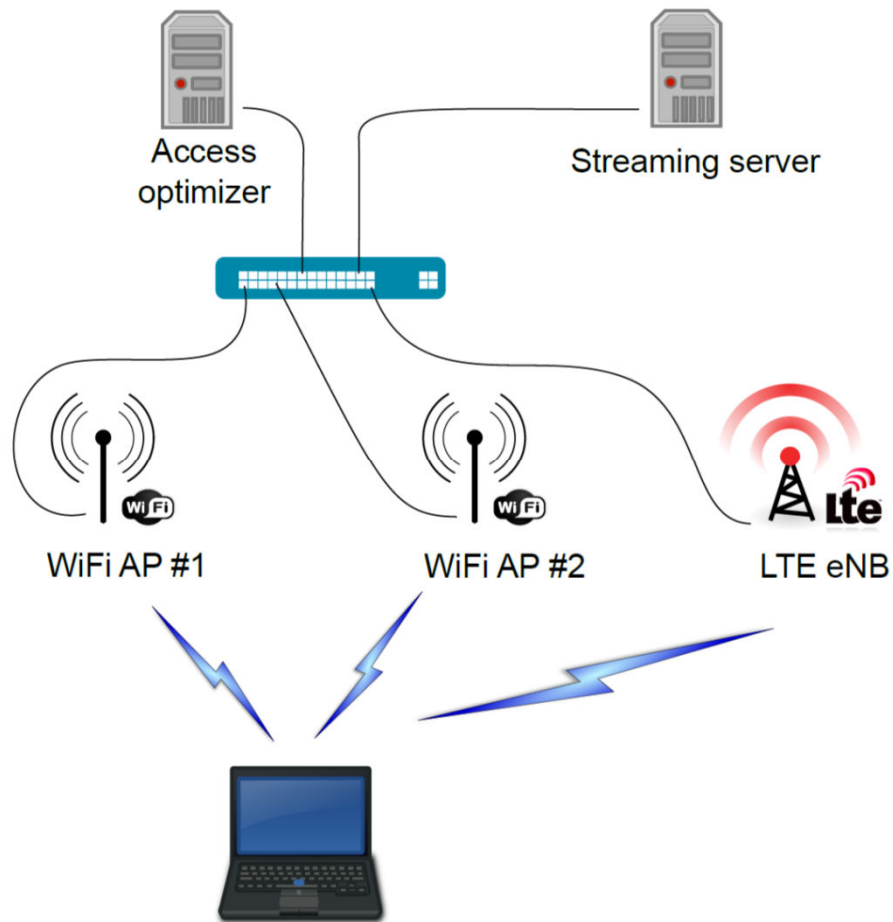


	energy [kVAh]	reach [km]	cell / GSMcell	total cells	total [kVAh]
2G: GSM	1	3	1	78	78
3G: UMTS	2	1.3	7	220	440
4G: LTE	3	0.6	24	2176	6528

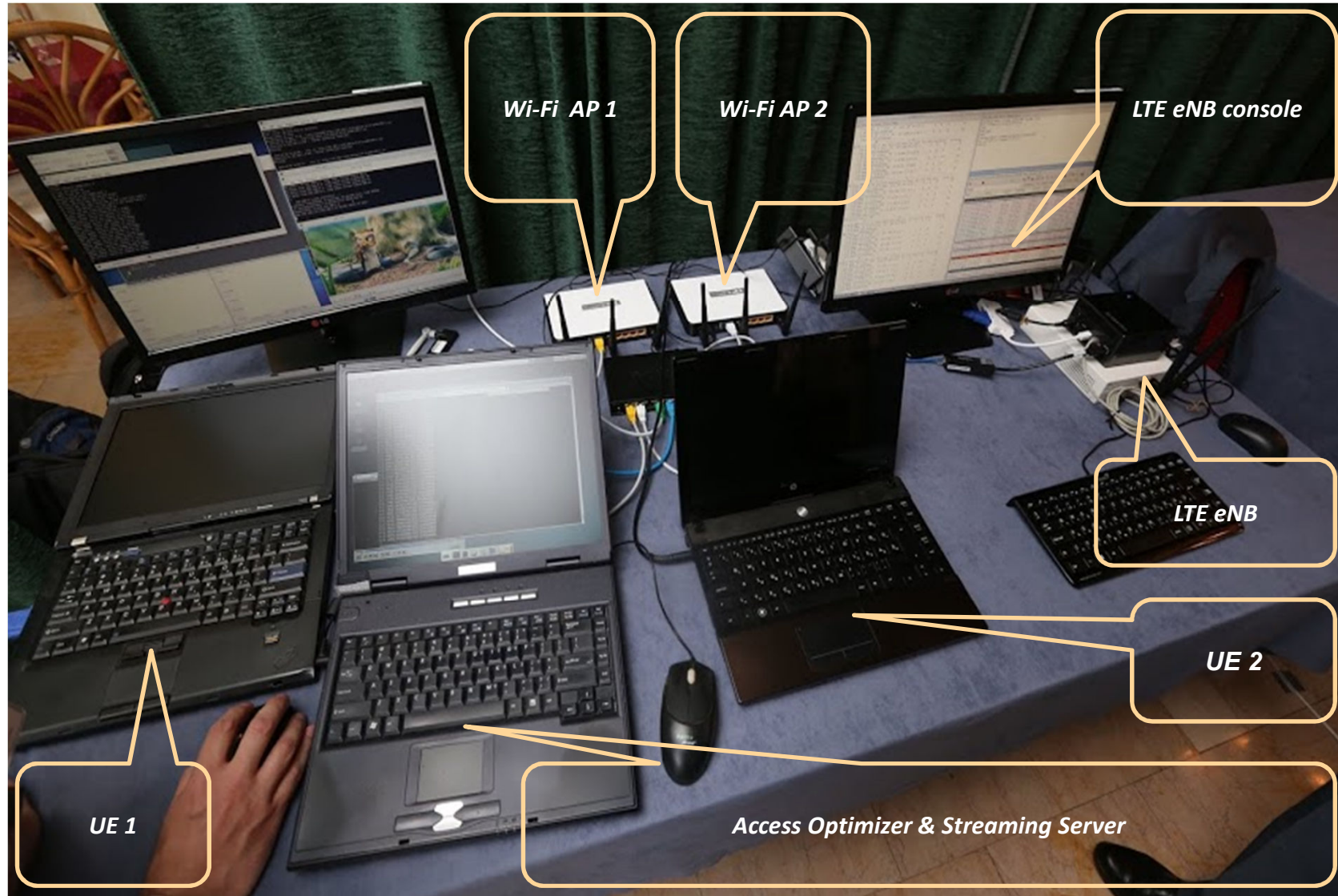


Demo

- The demo setup and its realization



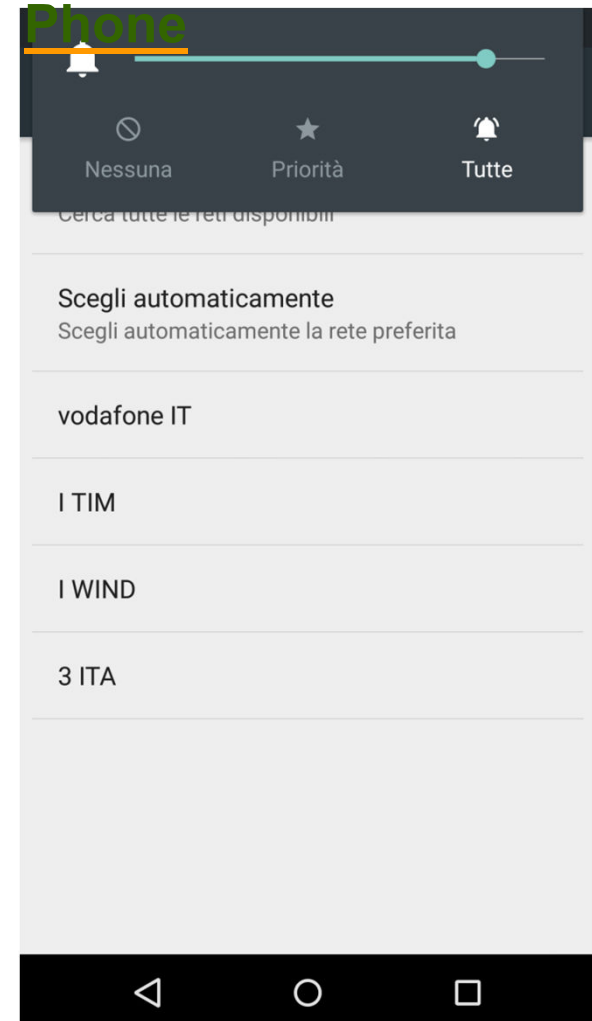
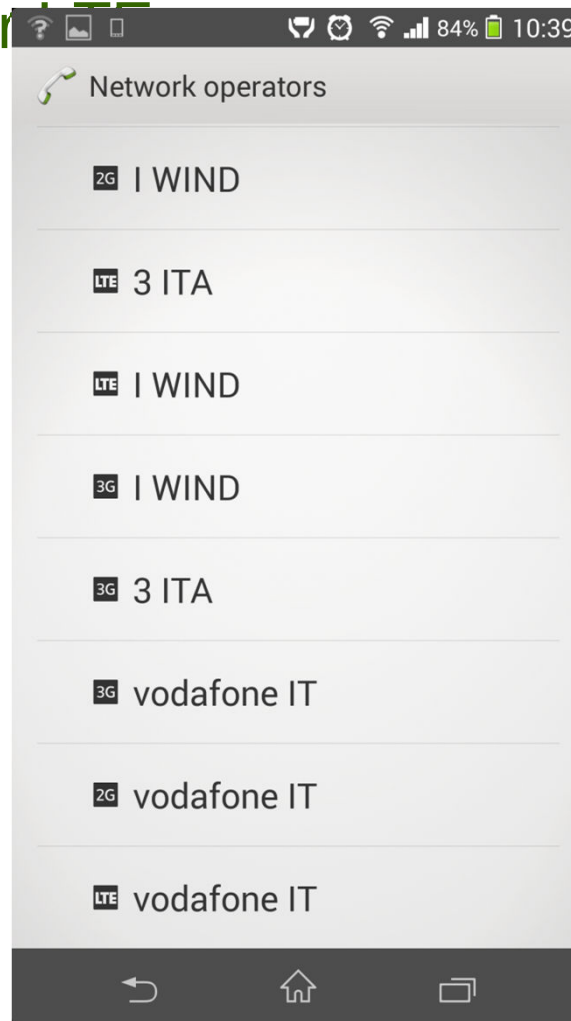
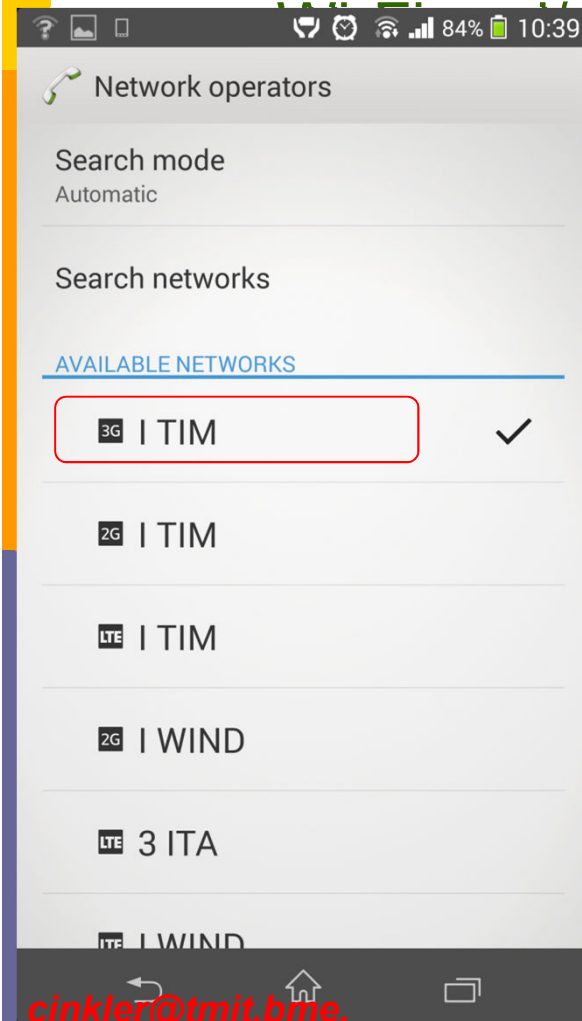
HPSR 2015 Demo



Multi-Operator

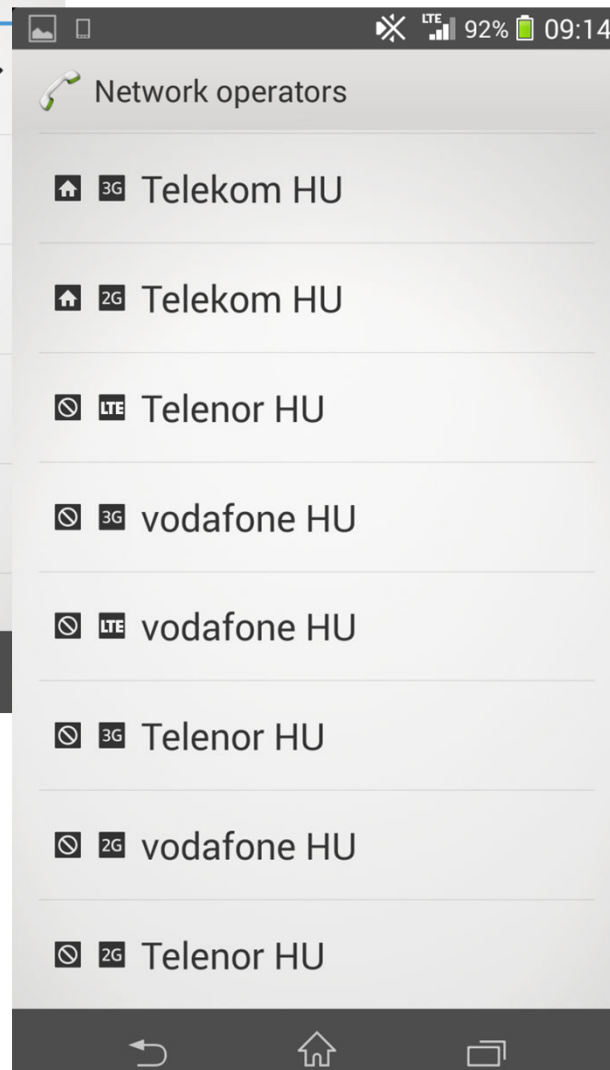
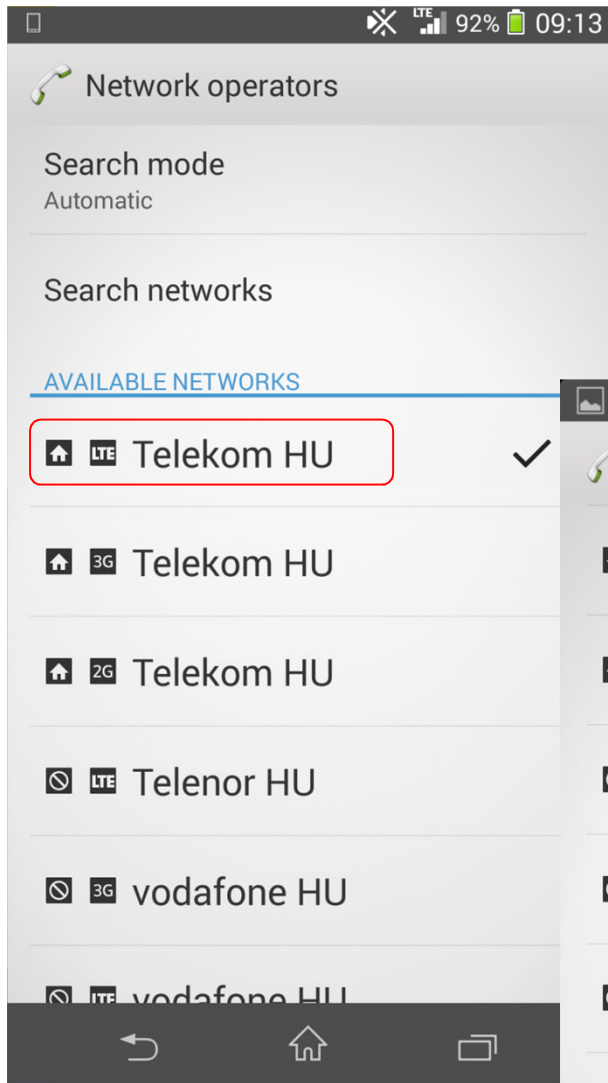
- Two or more operators: Me in roaming in Italy

Italian Colleague's Phone



Multi-Operator

More operators Today: me “at home”: Home vs. Visitor

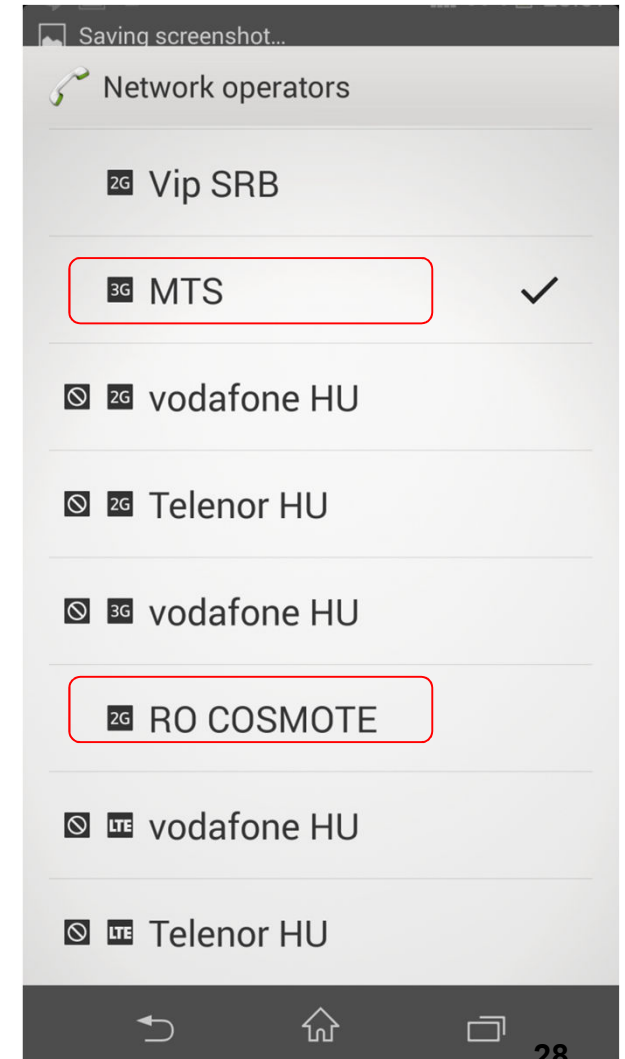
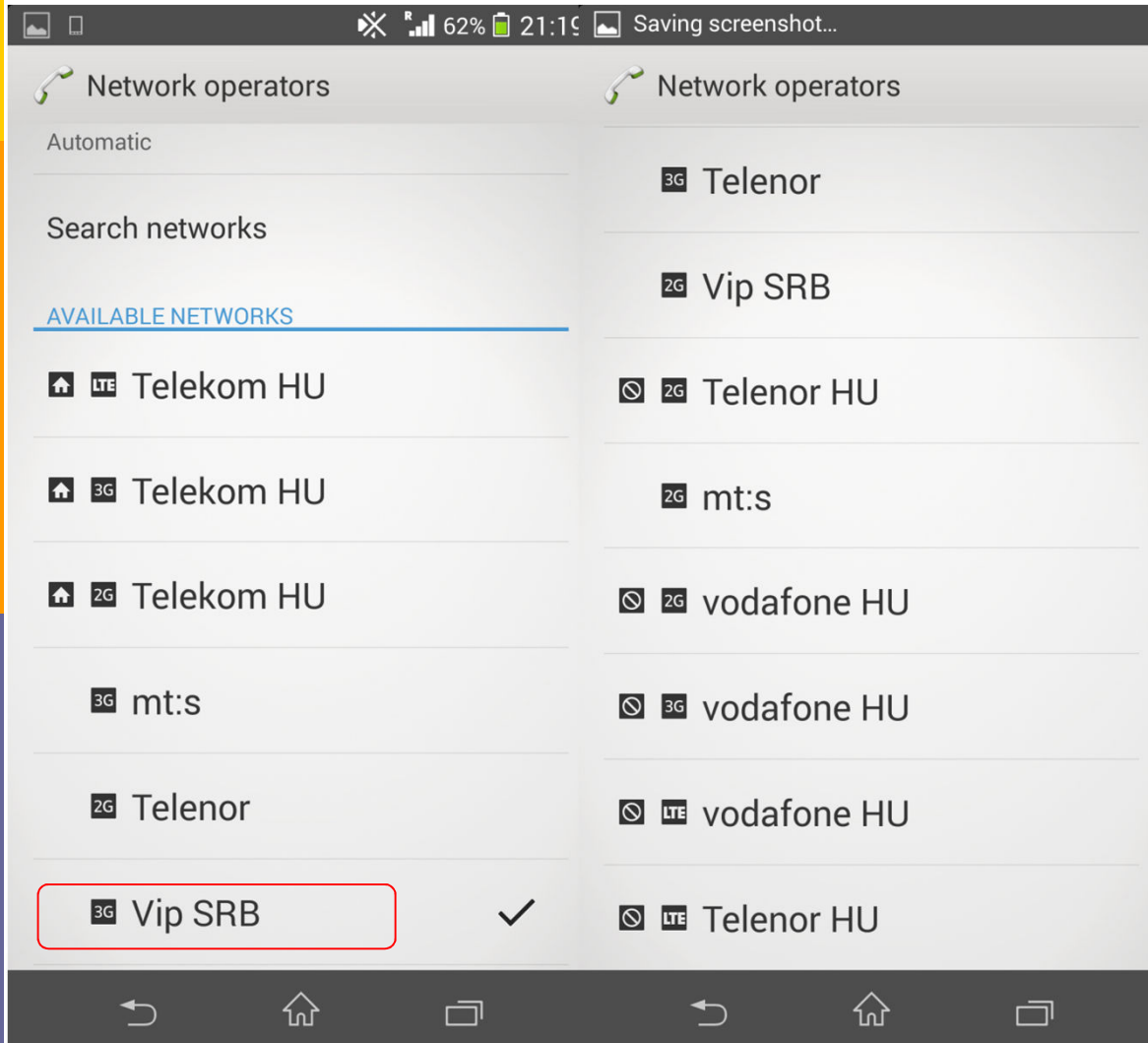


Android:

- Settings
- More...
- Mobile Networks
- Network Operators
- Searching...

Boarderline

□ Hungary – Serbia – Rumenia



Multi-Operator Network Sharing

□ Two or more operators

- Wi-Fi and/or LTE



□ Code-Shared Flights

- Two different tickets for the same plane
- “A codeshare flight is a commercial flight that is operated by one airline, but marketed by others.”



□ Tax Authority in Hungary

- Foreign SIM card is the “poor man’s” “National Roving”
- **(Telenor, T-Mobil, Vodafone) all three - for improved coverage**



Nemzeti Adó-
és Vámhivatal

Multi-Operator

T-Mobile (Magyar Telekom) and Telenor in Hungary (vs. Vodafone)

- Country shared not in frequency but in geography (Limes: Danube)
- http://itcafe.hu/cikk/kozos_4g-t_fejleszt_a_telenor_es_a_telekom/megallapodtak_jovahagytak.html
- **Sharing the 800 MHz range**
 - 20 MHz geographically shared instead of 10+10 MHz
- **Regulatory authority accepted**
 - NMHH: National Media and Infocommunications Authority
- **Competition Authority complained**
 - GVH: Hungarian Competition Authority
 - http://english.nmhh.hu/cikk/167048/Firm_Action_on_Behalf_of_Subscribers_NMHH_is_investigating_the_legality_of_the_contractual_amendments_planned_by_two_mobile_operators_as_of_July

Google: National Roaming?

- **March 2, 2015. Monday, 17:15**
- **At the Mobile World Congress in Barcelona Sundar Pinchar vice president announced**
- **Google nexus MVNO in USA over the Sprint and T-Mobile networks**
- http://hvg.hu/tudomany/20150302_mobilszolgaltatast_indit_a_google_nexus

□ **Google “Project Fi”**

- http://www.mobileworldlive.com/google-unveils-project-fi-mobile-service?utm_campaign=MWL_BREAKING%20NEWS_GOOGLE&utm_medium=email&utm_source=Eloqua&elqTrackId=FBCE152452B65E6D432C31AA48677B6B&elq=e1e16f98b67d4e6bbf381a98666f1c0f&elqCampaignId=3583&elqaid=12207&elqat=1
 - Wi-Fi and LTE with 3G and 2G fall-back



Project Fi

Conclusion

- Increased Throughput (QoS / QoE)
- Increased Availability (mostly)
- Decreased Energy Requirement

- Concertation of Multiple Operators

- No SmartCity without 5G networks?

Műholdas és Zártcélú Kommunikáció

- Németh Krisztián nyomán

Műholdas mobil információközlő hálózatok

- „Bázisállomás” a műholdon
- Előny:
 - nagy földfelszíni lefedettség
- Hátrány:
 - drága
 - nagyobb késleltetés
 - nagyobb teljesítmény



Műholdas mobil inf.közlő hálózatok

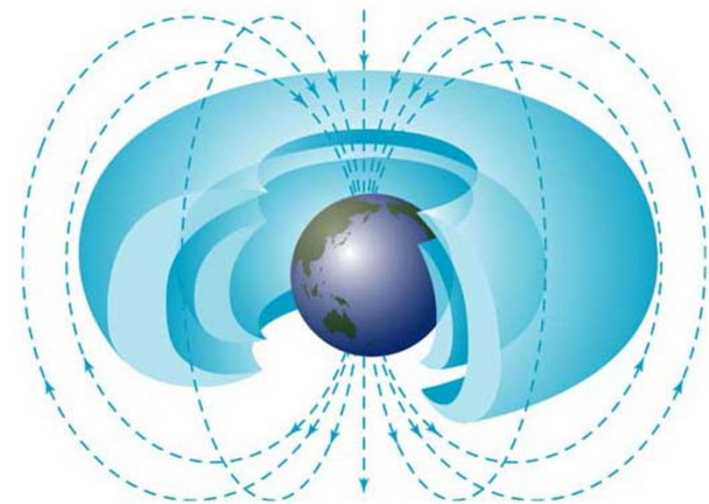


- Hálózattípusok:
 - SzgH és TH is
- Hálózatrészek
 - Gerinchálózat
 - rögzített állomások, nagy sebesség
 - Hozzáférési hálózat
 - mozgó állomások, kisebb sebesség
 - ezt nézzük most

Műholdpályák



- Pálya alakja:
 - kör
 - ellipszis (egyik gyújtópontban a Föld)
- Pályamagasság
 - „elvileg” „bármi”
 - azonban:
 - légkörön kívül kell: az fékezne
 - nem hirtelen ér véget, nehéz meghatározni a tetejét (pedig ez jogilag is érdekes lehet)
 - kb 100 - 1000 km
 - van Allen sugárzási övek
 - elektromosan töltött részecskékből
 - belső: 3200 km körül (proton)
 - külső: 15.000-19.000 km körül (elektron)
 - túl nagy magasság felesleges

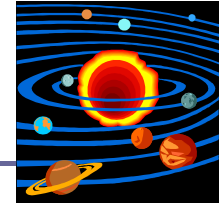


Műholdpályák



- 3 főbb műholdmagasság:
- LEO:
 - Low Earth Orbit, alacsony magasságú pálya
 - 400 - 1500 km (a Földfelszínhez képest)
- MEO:
 - Medium Earth Orbit, közepes magasságú pálya
 - 5000 - 13.000 km
- GEO:
 - Geostationary Earth Orbit, geostacionárius pálya
 - egyenlítő felett, csak egy ilyen pálya!
 - a műhold szögsebessége egyezik a Föld forgási sebességével: mindig az egyenlítő ugyanazon pontja felett látszik
 - 35.785 km (kb.= 36.000 km)

A geostacionárius műholdpálya (kiegészítés)



$$G = m \cdot a \quad (\text{Newton II. törvénye})$$

$$a = a_{cp} = \frac{v^2}{r} \quad (\text{centripetális gyorsulás egyenletes körmozgásnál})$$

$$G = \frac{mM}{r^2} \gamma \quad (\text{gravitációs erő})$$

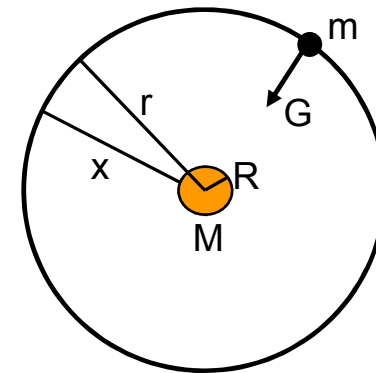
$$v = r \cdot \omega \quad (\text{sebesség, szögsebesség})$$

$$x = r - R \quad (x: \text{Föld feletti magasság, } R: \text{Föld sugara})$$

$$\Rightarrow x = \sqrt[3]{\frac{M\gamma}{\omega^2}} - R$$

$$M \approx 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}, \quad \gamma \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}, \quad \omega \approx 2\pi / 24 \text{ óra} \approx 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ 1/s}, \quad R \approx 6378 \text{ km}$$

$$x \approx 35800 \text{ km}$$



Műholdpályák



- Magasabb pályák előnyei:
 - kevesebb műhold elég
- Magasabb pályák hátrányai:
 - nagyobb késleltetés
 - nagyobb csillapítás, nagyobb teljesítmény kell
- GEO ezeken felül:
 - nem kell antenna követés
 - nincs műholdváltás
 - de: sarkok nem fedhetőek le

- International Maritime Satellite
Telecommunication, nemzetközi tengerészeti műholdas rendszer
 - 1979 óta
 - később szárazföldi is
- 4 db GEO műhold, globális lefedés
- Különbféle végberendezések, de általában nem kézben hordozhatóak
 - Beszédátvitel
 - Adatátvitel: max. 492 kb/s



Iridium

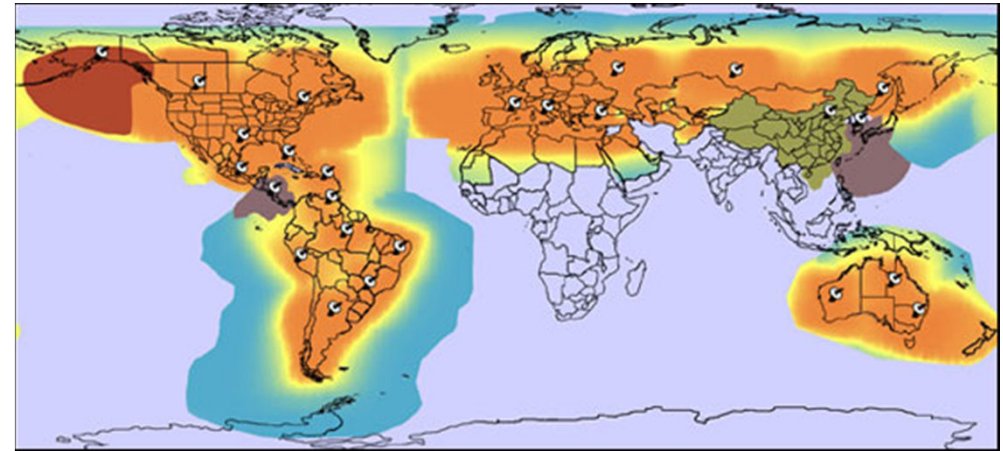


- Kézi készülékek, elsősorban beszédátvitelre
 - Adatátvitel: 2,4 kb/s
- 66 db műhold
 - eredetileg: 77 -- irídium, 66: diszprózium
 - globális lefedettség
- 780 km: LEO
- 2000. március (másfél év után): csőd
 - földi hálózatok túl gyorsan fejlődtek, rossz marketing
 - egy év után, Pentagon segítségével újra üzemben
- Rádiócsillagászatot zavarja
 - OH molekulák emissziós frekvenciája melletti fr.

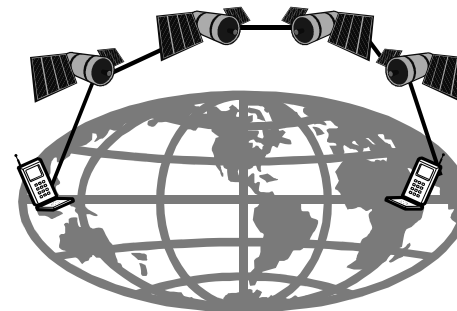




- Kézi készülékek, elsősorban beszédátvitelre
 - Adatátvitel: 9,6 kb/s
- 48 műhold
- 1414 km -- LEO
- A kézi készülékek ha lehet, földi rendszert (pl. GSM) használnak
 - ha nem, akkor a műholdast
- Nincs műhold-műhold kapcsolat:



Globalstar



Iridium

- Jelenleg gyengélkedik a műholdak egy része, újat várhatóan 2009. második felében lőnek fel (?)

Thuraya



- 2001-
- GSM/műholdás átkapcsolás
- Kézi készülékek, elsősorban beszédátvitelre
 - Adatátvitel: 9,6 kb/s, max 144 kbps -- csomagkapcsolt
- 1 db GEO műhold!!!
- központ: Egyesült Arab Emirátusok
 - 99 országot fed le



Mobil távközlő hálózatok

- Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



- Első generációs mobiltelefon-hálózatok



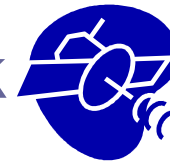
- GSM (2G)



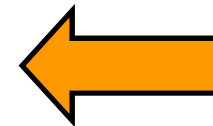
- UMTS (3G)



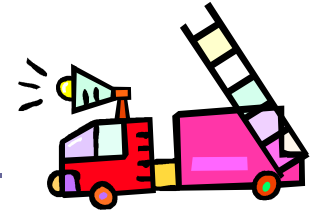
- Műholdas mobil információközlő hálózatok



- Mobil, zárt célú hálózatok



Mobil, zárt célú hálózatok



- Készletlenti szolgálatok részére: tűzoltók, rendőrség, mentők, katasztrófavédelem, stb.
- (Részben professzionális polgári alkalmazások, pl. szállítmányozás)
- Megnövelt igények a GSM-mel szemben:
 - kisebb hívásblokkolás
 - hívásprioritások (fontos hívások megszakíthatják a kevésbé fontosakat)
 - diszpécsterszolgáltatás
 - csoporthívás (automatikus fogadás és kihangosítás)
 - nagy megbízhatóság
 - nagy adatbiztonság

Mobil, zárt célú hálózatok



Hazánkban is alkalmazott megoldás:

- TETRA (Terrestrial Enhanced Trunked Radio, földfelszíni emelt szintű trónkölt rádió):
 - A Motorola és a Nokia megoldása. Ez bizonyult a legjobbnak.
 - 380-400 MHz
 - 2005. okt. 17. Az Egységes Digitális Rádiótávközlő Rendszer (EDR) tendert megnyeri a T-Com/T-Mobile (+EADS Secure Networks, Nokia Tetra jogutódja)
 - 2006. december: működő országos hálózat





VÉGE