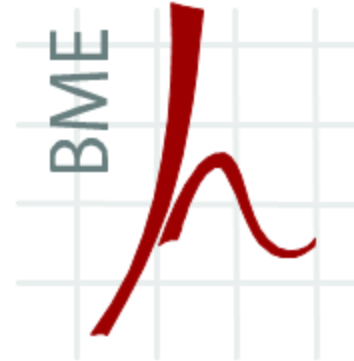




HÁLÓZATI TECHNOLOGIÁK INTEGRÁCIÓJA

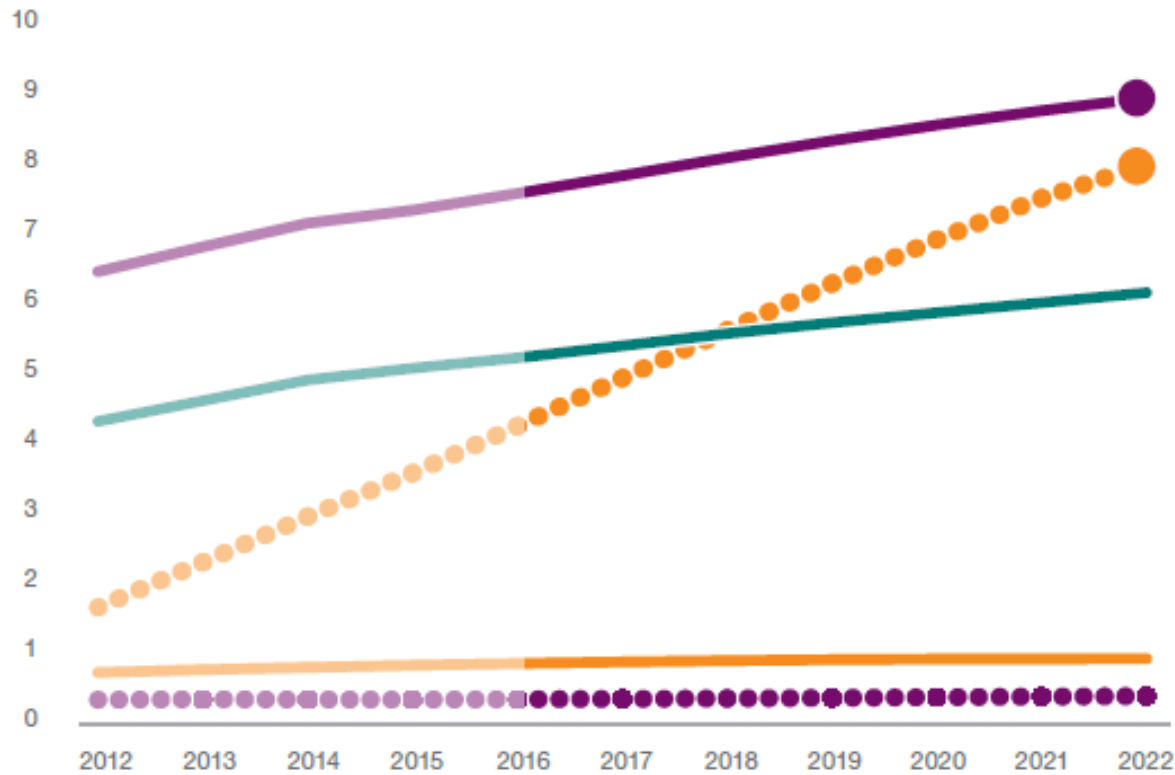
Dr. Szabó Sándor
BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
szabos@hit.bme.hu



2018. február 25.,
Budapest

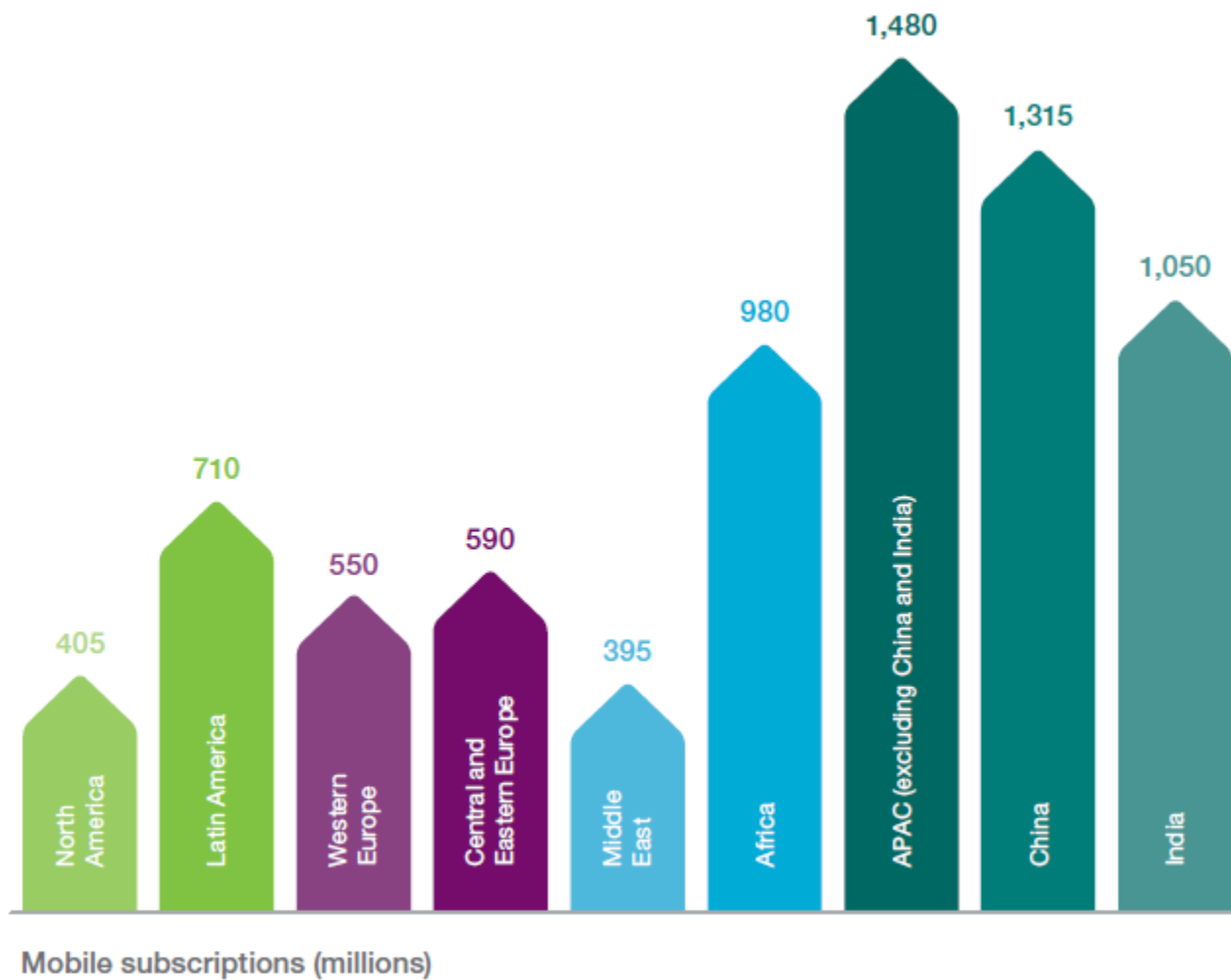
- közcélú, cellás mobilhálózat: 2G->3G->4G->5G
- lokális (WiFi) -> 6G –nél jár (802.11ad)
- Ericsson mobility report, 2016 november
- Cisco VNI Mobile Forecast (2015 – 2020), 2016 február

Mobile subscription essentials	2015	2016	2022 forecast	CAGR 2016–2022	Unit
Worldwide mobile subscriptions	7,300	7,500	8,900	2%	million
> Smartphone subscriptions	3,300	3,900	6,800	10%	million
> Mobile PC, tablet and mobile router* subscriptions	240	250	320	4%	million
> Mobile broadband subscriptions	3,500	4,300	8,000	10%	million
> Mobile subscriptions, GSM/EDGE-only	3,600	3,100	900	-20%	million
> Mobile subscriptions, WCDMA/HSPA	2,100	2,300	2,800	5%	million
> Mobile subscriptions, LTE	1,100	1,700	4,600	20%	million
> Mobile subscriptions, 5G			550		million

Subscriptions/lines, subscribers (billion)¹

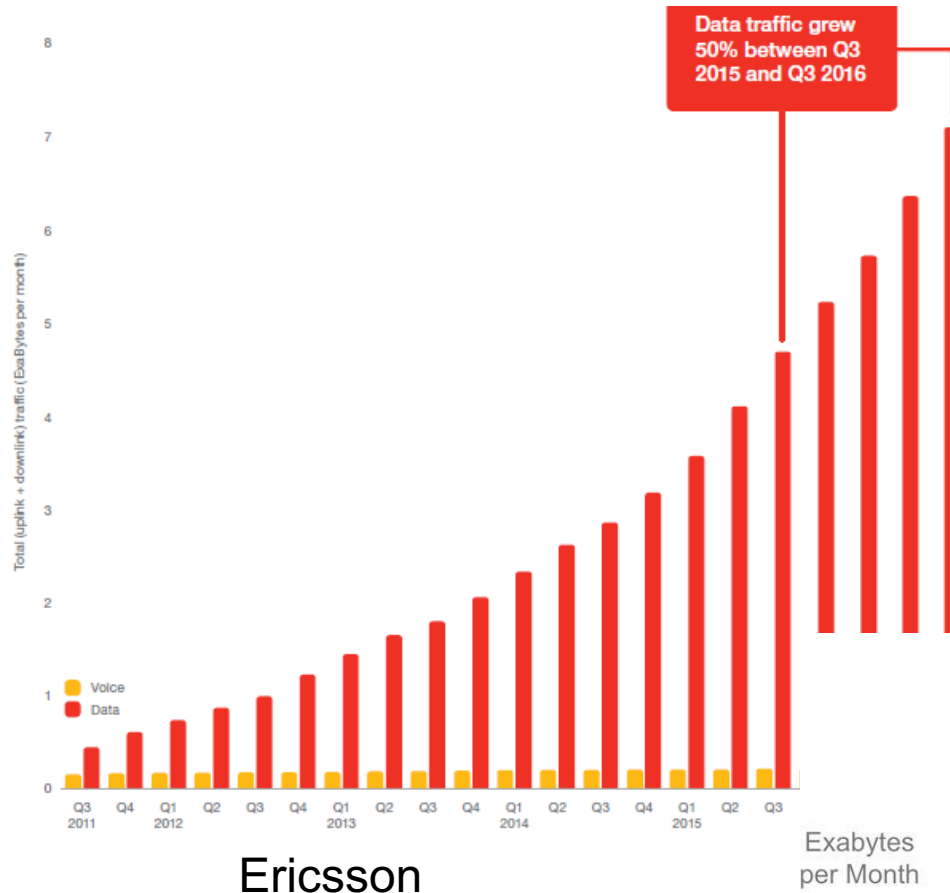
In 2022, there will be 8.9 billion mobile subscriptions, 8 billion mobile broadband subscriptions and 6.1 billion unique mobile subscribers

- Mobile subscriptions
- Mobile broadband
- Mobile subscribers
- Fixed broadband subscriptions
- Mobile PCs, tablets and routers

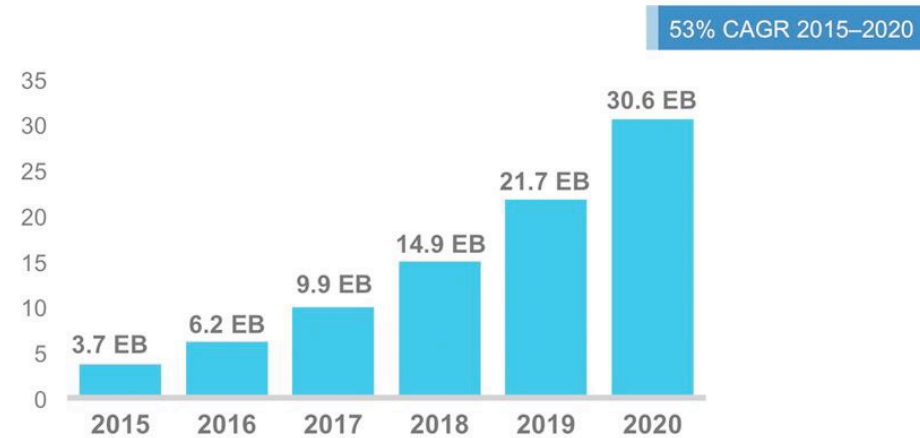


Traffic essentials**	2015	2016	2022 forecast	CAGR 2016–2022	Unit
> Data traffic per smartphone	1.4	1.9	11	35%	GB/month
> Data traffic per mobile PC	5.7	7.7	23	20%	GB/month
> Data traffic per tablet	2.5	3.5	11	20%	GB/month
Total mobile data traffic	5.3	8.5	69	45%	EB/month
Total fixed data traffic	60	70	170	20%	EB/month

Data traffic per smartphone	2016	2022	Unit
> Western Europe	2.7	22	GB/month
> Central and Eastern Europe	1.9	15	GB/month
> Middle East and Africa	1.3	7.6	GB/month
> Asia Pacific	1.7	9.5	GB/month
> North America	5.1	25	GB/month
> Latin America	1.6	9.6	GB/month

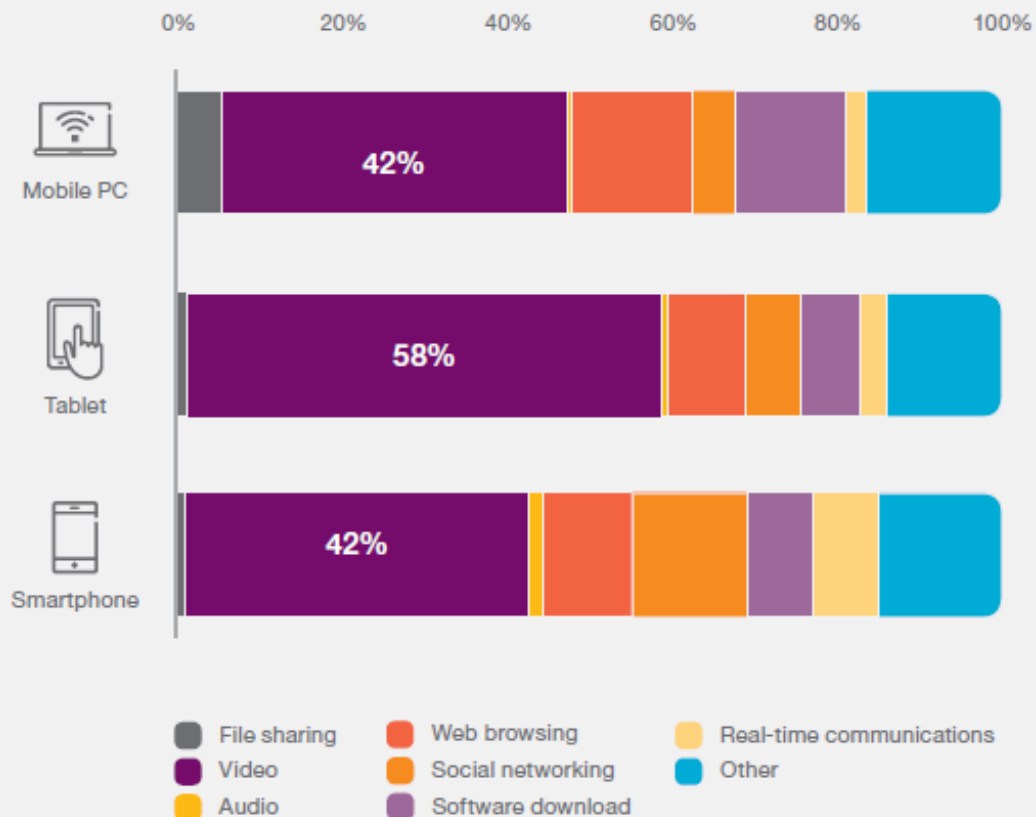


Ericsson



CISCO

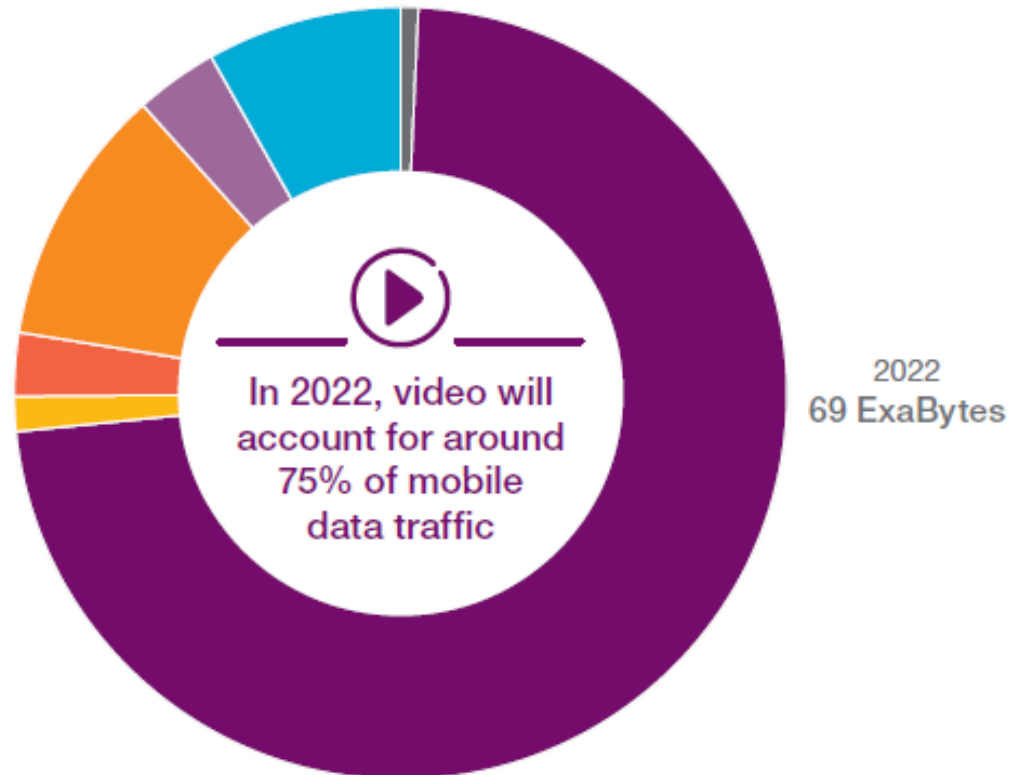
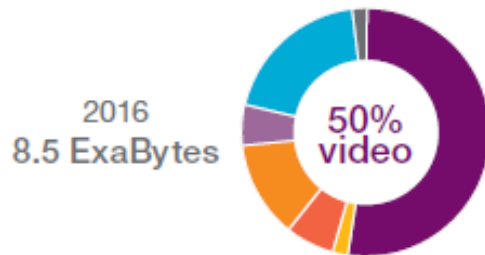
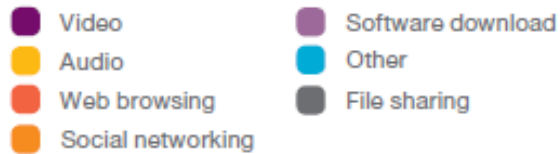
Mobile data traffic volumes by application category and device type



The share of video traffic is approaching 60% on tablets

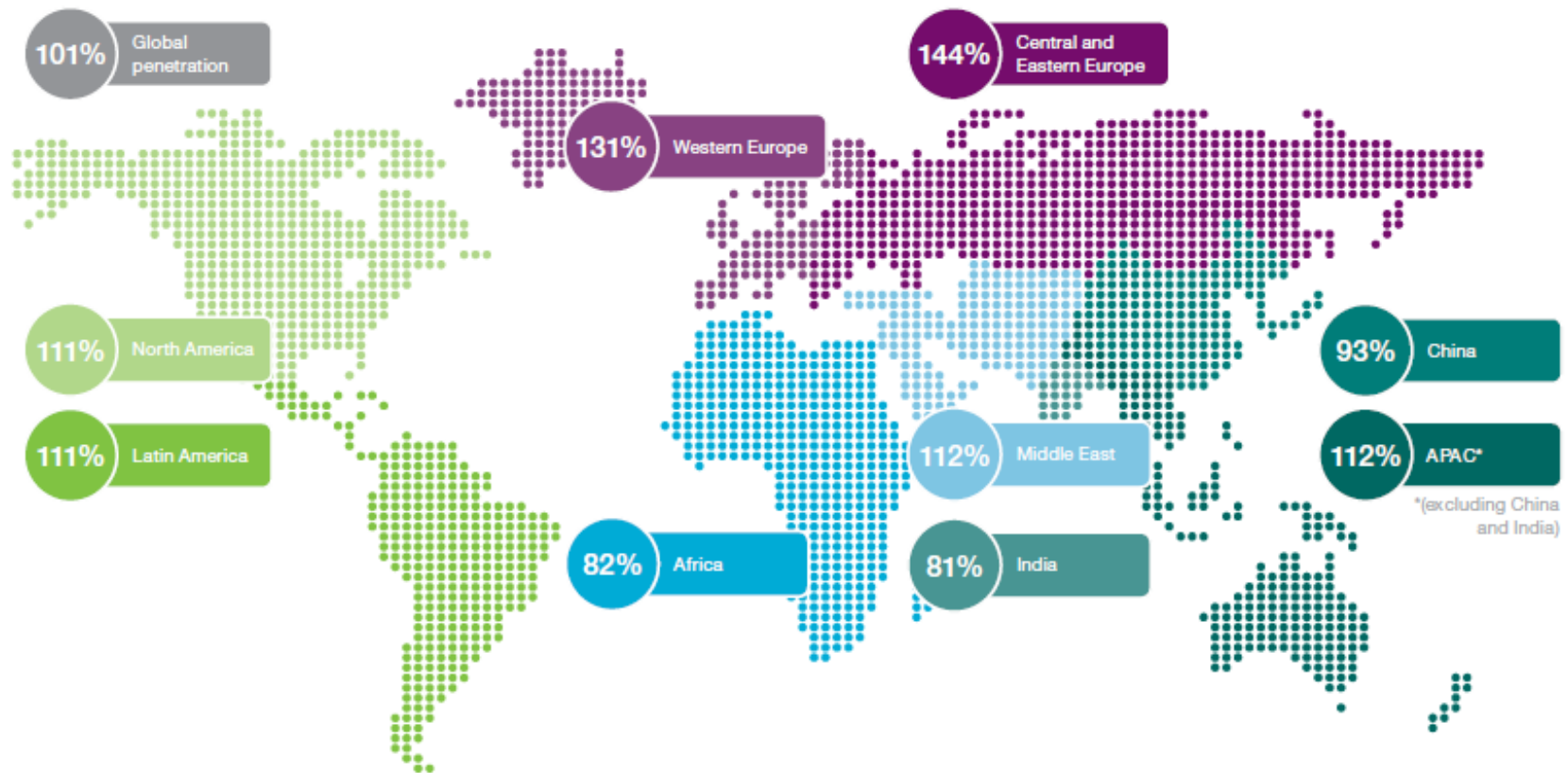
Source: Ericsson network traffic measurements 2016

Mobile traffic by application category per month (ExaBytes)



¹ Video is likely to form a major part of file sharing traffic in addition to the identified application type 'video'

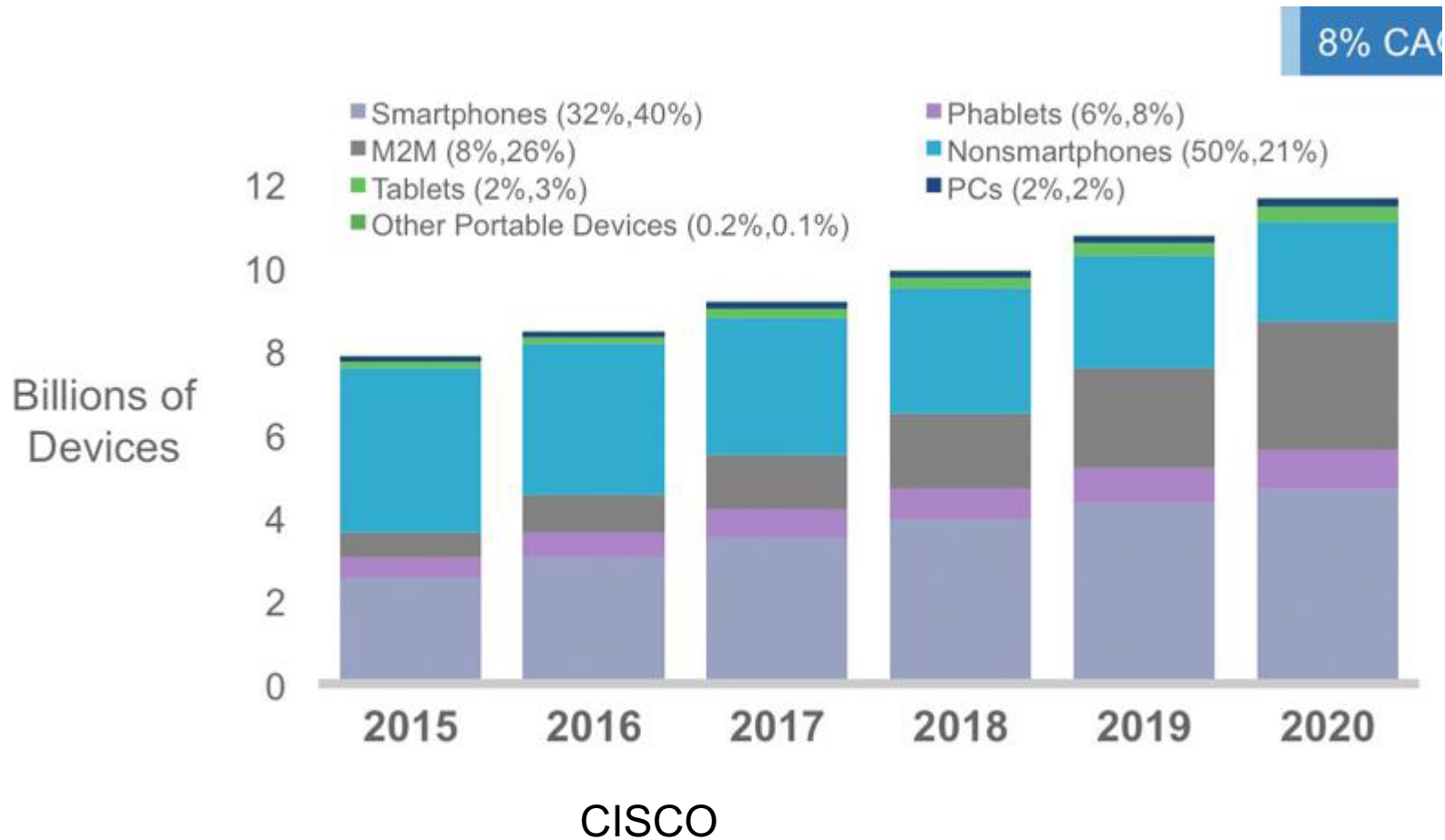
² Ericsson ConsumerLab, TV and Media (2016)



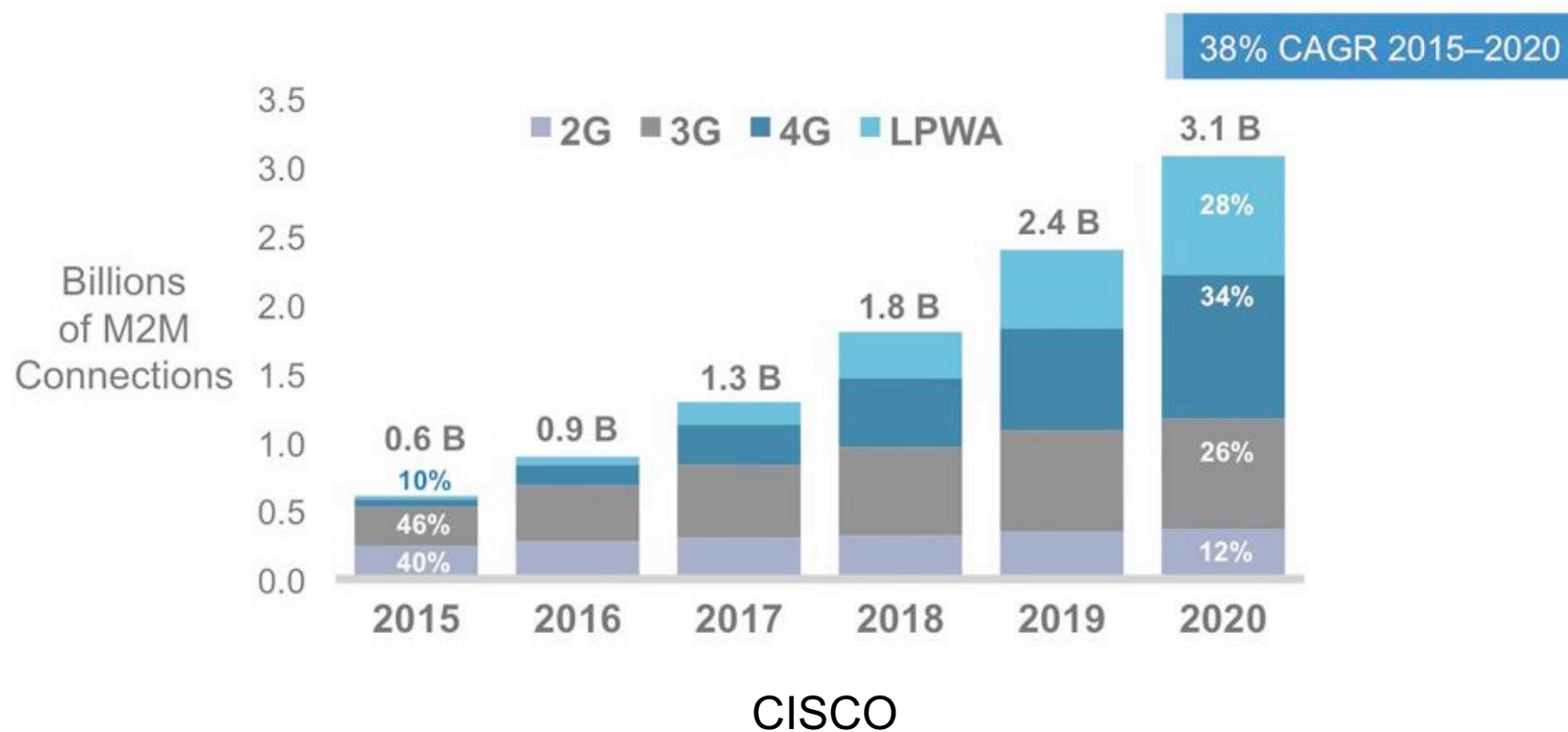
Subscription penetration (percent of population)

Penetráció telítődik: adjunk el előfizetést a dolgoknak

- IoT, M2M, MMTC, IoE,

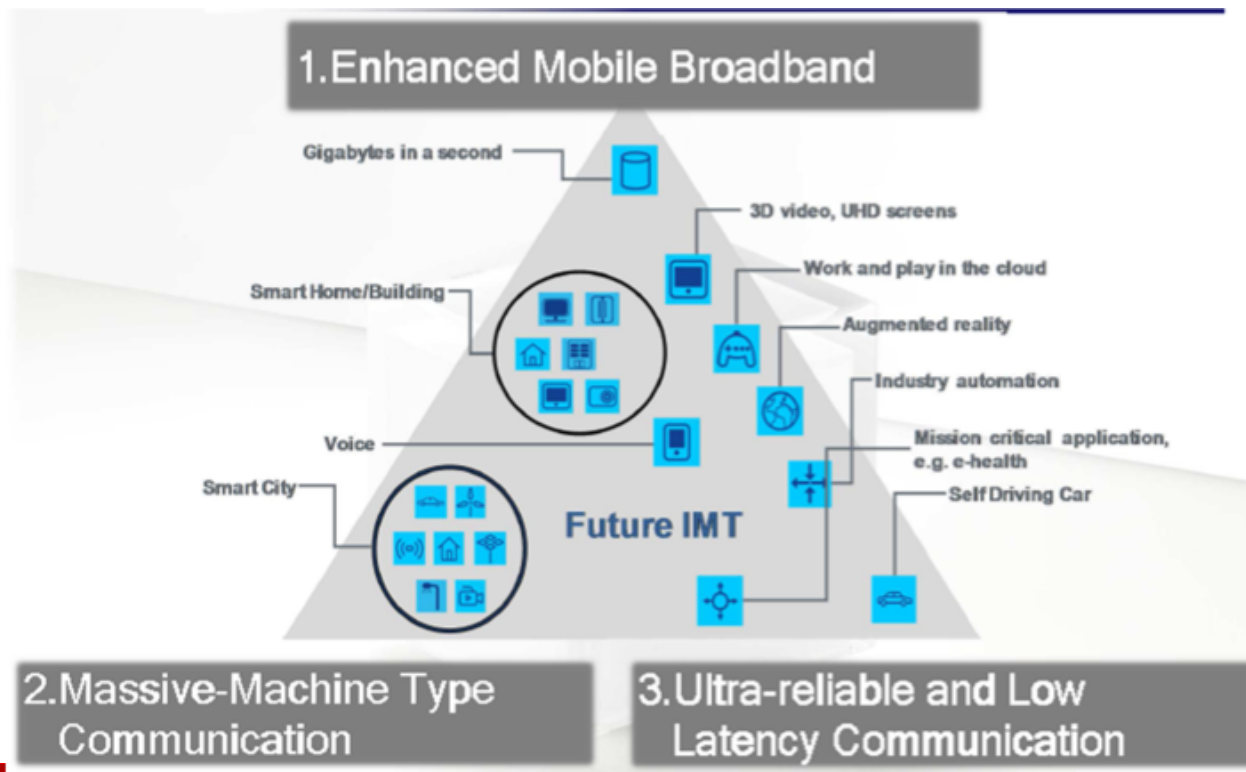


M2M eszközök jósolt aránya technológiánként



5G szabványosítás és fejlesztés folyamatban

- célok: szolgáltatási/alkalmazási területeknek megfelelően
 - nagyon nagy átviteli sebesség (~10 Gbps): EMB (Enhanced Mobile Broadband)
 - nagy tömegű, kis fogyasztású, buta, kevés adatot forgalmazó végpont (MMTC, IoT)
 - nagyon alacsony késleltetésű, ultra-nagy megbízhatóságú



- Követelmények (4G, 2010-2012-höz képest)
 - 1,000 X forgalom területegységenként, $\geq 10 \text{ Tb/s/km}^2$
 - 1,000 X számú kapcsolat $\geq 1\text{M}$ terminál/ km^2
 - 100 X maximális átviteli sebesség $\geq 10\text{Gb/s}$
 - 1/10 X energiafogyasztás 2010-hez képest
 - 1/5 X vég-vég késleltetés
 - szolgáltatástól függően, pl. 5 ms tactile internet (vég-vég)
 - rádiós interfész késleltetés $\leq 1\text{ms}$ pl. járműkommunikáció
 - 1/5 X hálózatmenedzsment/üzemeltetés költsége
 - 1/1000 X új szolgáltatás élesítési ideje, $\leq 90 \text{ perc}$

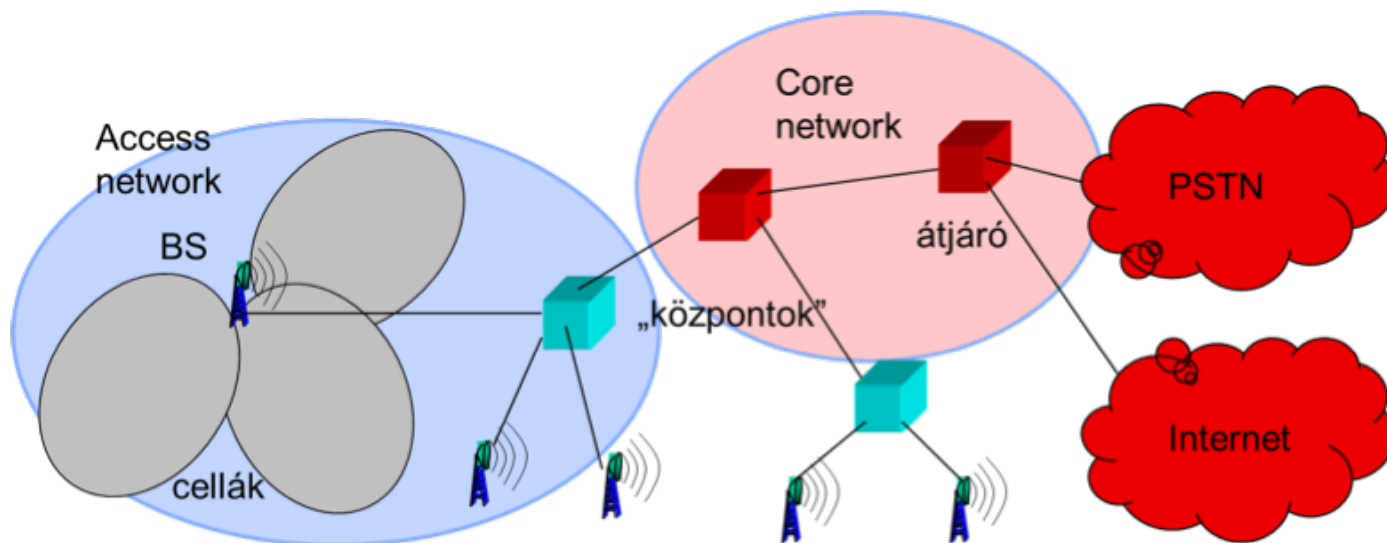
▪ Követelmények

- garantált bitsebesség $\geq 50\text{Mb/s}$
- előfizetői végkészülékek ≥ 20 milliárd (billion angolul)
- IoT terminálok ≥ 1 billió (trillion angolul)
- m: $\geq 99.999\%$
- mobilitás támogatása $\geq 500\text{km/h}$
- pozícionálás támogatása ≤ 1 méter

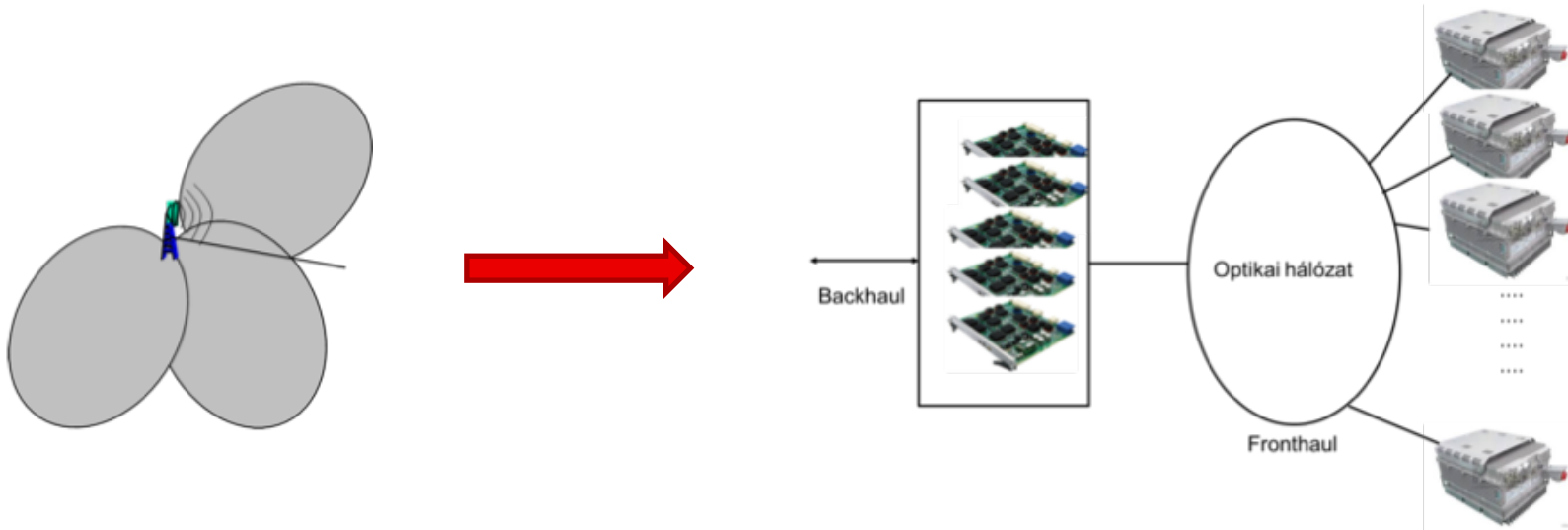
Általános mobilhálózati hierarchia

■ Alap:

- mobil terminál
- bázisállomás (BS): mobil terminálok ezzel kommunikálnak közvetlenül
- cella: a BS egy adó-vevője által lefedett terület (lefedett: a terminál képes a BS jelét venni, a BS képes a terminál jelét venni)
- kapcsolóközpont, vagy csomagtovábbító központ, többféle is lehet, hierarchikusan
- átjárók: a mobil hálózat kapcsolódási pontja külső hálózatok felé
- az egész hálózat fő funkciója: folyamatos összeköttetés biztosítása a mobil és az átjáró között



- Merre tart a világ
 - mobilhálózati csomópontok (berendezések) helyett funkciók, szoftveresen megvalósítva
 - „központok” helyett → adatközpontban futó szoftver
 - hálózati összeköttetés attól még szükséges!
 - alacsony szintű funkciók: rádiófeldolgozáshoz kapcsolódó is szoftveresen megvalósítva, hálózaton továbbítva rádiós végpontok felé/felől



- A követelményeket a teljes hálózatban kell biztosítani
 - rádiós interfész
 - fronthaul hálózat (ha van)
 - backhaul hálózat
 - gerinchálózat
 - a közbülső kapcsoló és feldolgozó elemek és funkciók, átjárók
- vég-vég követelmények esetén: a világ többi része is befolyásolja ☺ , amennyiben a másik végpont a saját hálózatunkon kívül van
- Hogyan befolyásolják:
 - átviteli sebesség: szűk keresztmetszet
 - területi kapacitás: szűk keresztmetszet
 - késleltetés: additív
 - adatvesztés: additív

- Rádiós interfész

- átviteli sebesség: Shannon törvénye

$$R \leq W \cdot \log_2\left(1 + \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}}\right)$$

- területi kapacitás: Shannon törvénye + rádiós hozzáférési pontok száma
 - N hozzáférési ponton $N \cdot R$ területi kapacitás