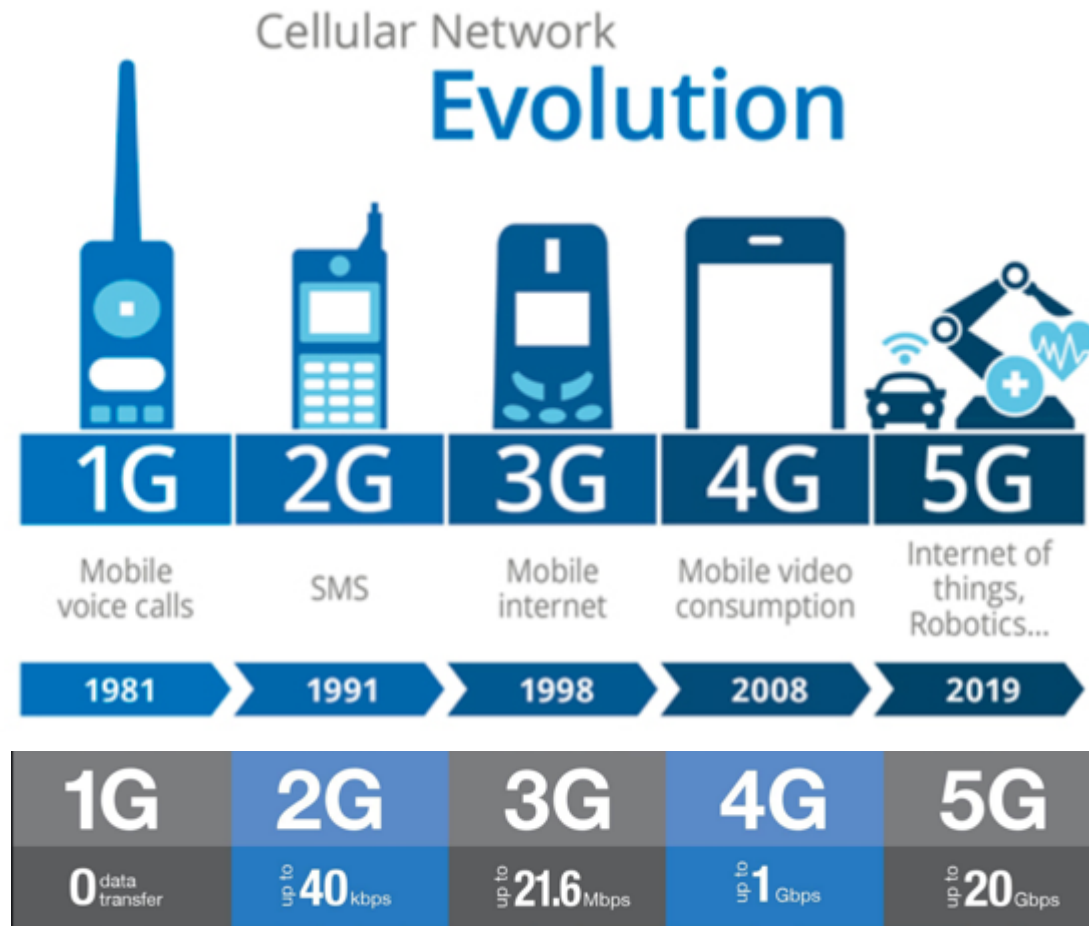


# Vägen till 5G- Teknisk utveckling och användningsområden



- Inledning
- Grunder mobiltelefoni
- Från 1G till 5G
- 5G

1G

2G

2,5G

3G

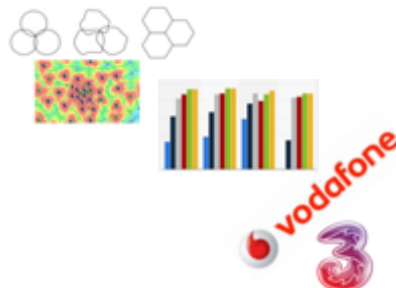
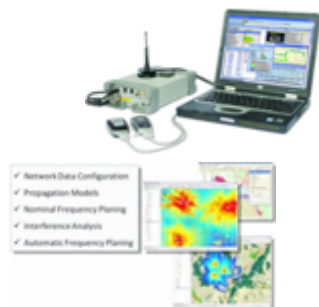
3,5G

3,75G

4G

4,5G

5G



1984-1990

1990-1998

1998-2001

2001-2002

2002-2007

2007-2008

2008-2010

2010->



Telub



Celsius

AerotechTelub

3GIS



3GIS

3AU consulting



ENATOR



vodafone

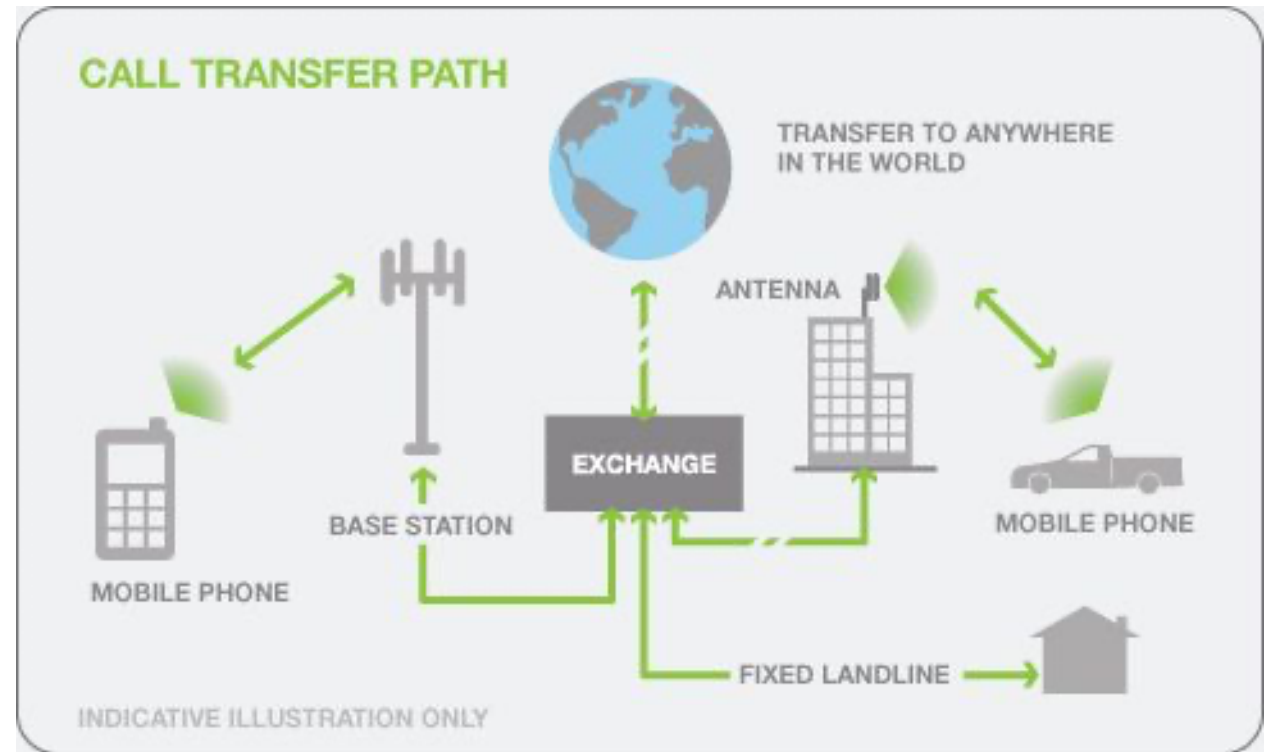
IQMTEL  
THE TRUE PICTURE OF MOBILE NETWORKS

Staffan Hultqvist



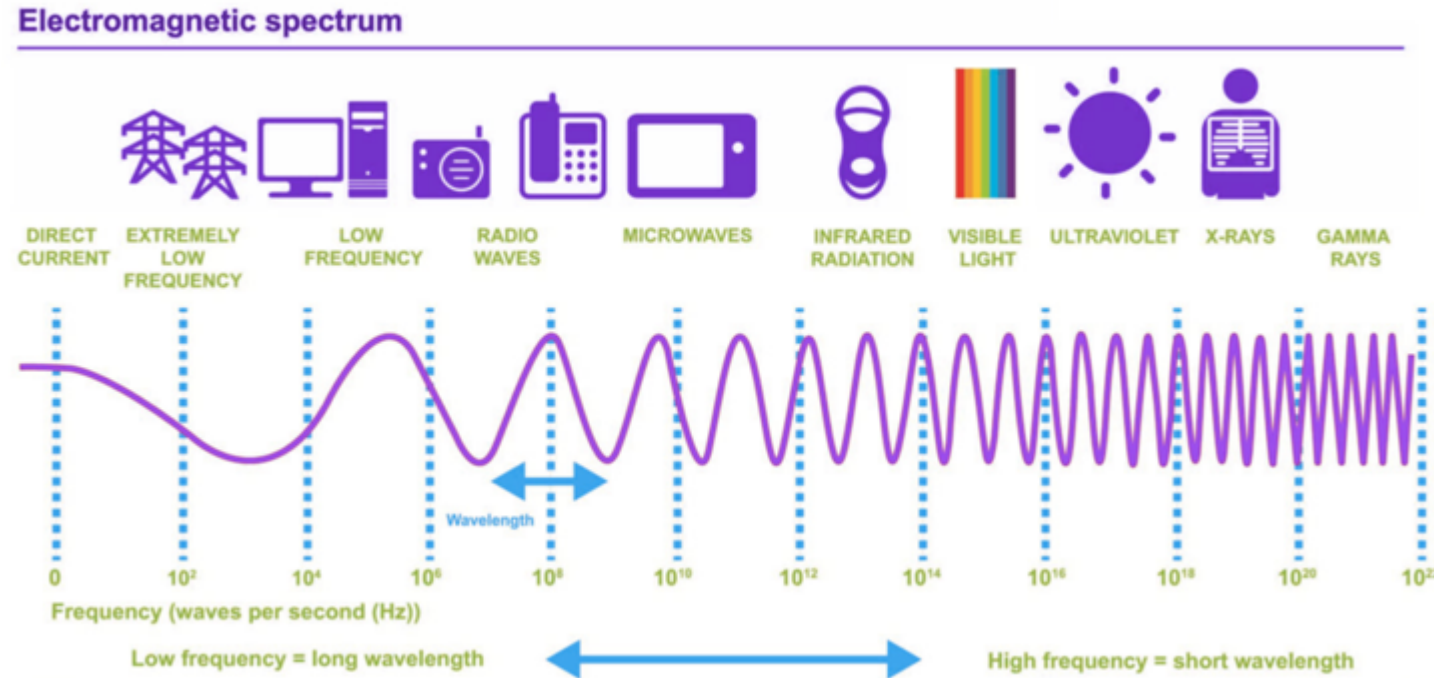
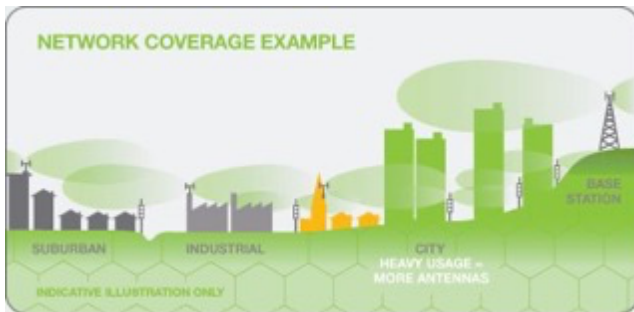
# Mobilnät grunder

- Core, backbone, access, **radio**
- Frekvens – spektrum
- Upplänk och nedlänk
- Inomhus = dämpning
- Antennhöjd = täckning
- Skog, berg, byggnader = reflektion, diffraktion
- Avstånd = täckning avtar med kvadraten på avståndet
- Avstånd = kvalitet, datahastighet
- Antal användare = datahastighet



# Frekvensband för mobiltelefoni

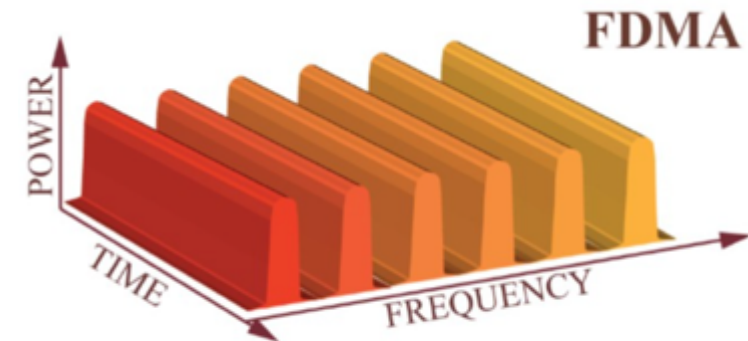
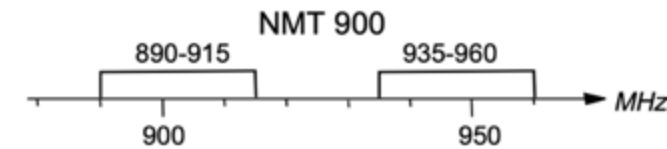
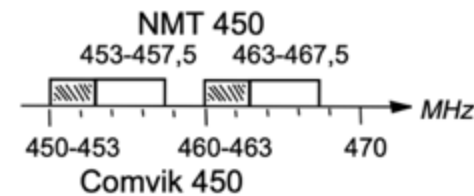
- Lågband 700-900 MHz
- Mellanband 1-6 GHz
- Högband/millimetervåg 24-40 GHz



- Låg frekvens, lång räckvidd men inte så mycket spektrum = täckning
- Hög frekvens, kort räckvidd och mer spektrum = kapacitet

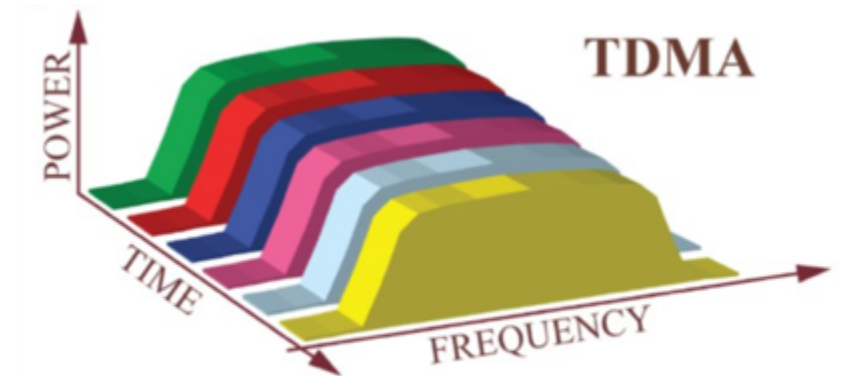
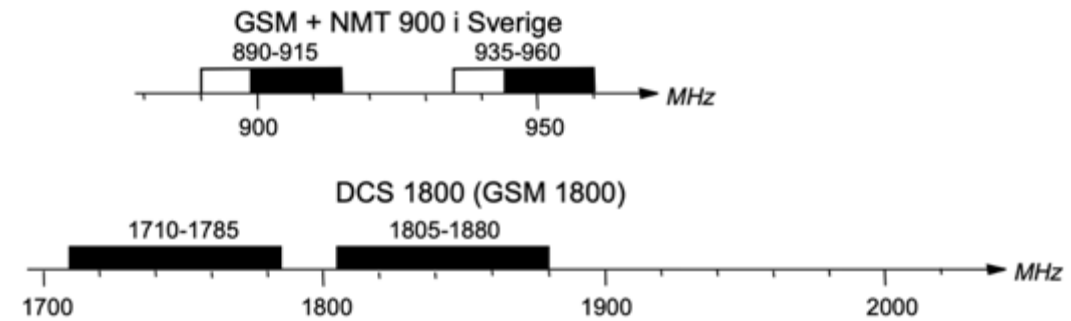
# 1G: NMT

- Sverige NMT 450: 1981, NMT 900: 1987
- NMT450 till 2007 (Net1), NMT 900 till 2000 (GSM)
- Frekvensband: 450 och 900 MHz
- FDMA, FDD, FM
- Kanalbredd: 25kHz
- Krestkopplat – analogt
- Okrypterat
- Talsamtal, utomhus, yttre antenn



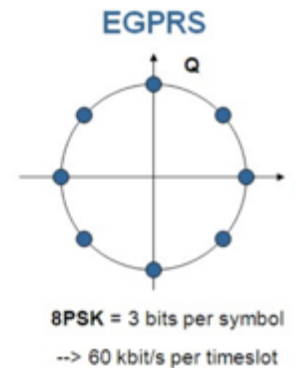
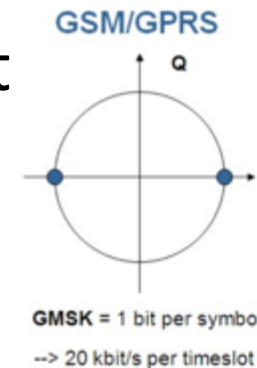
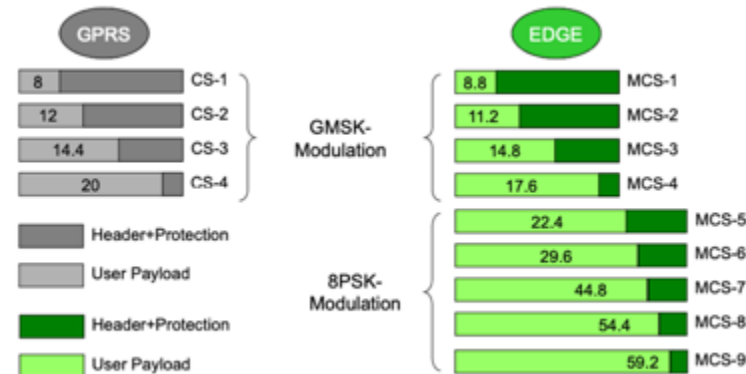
# 2G: GSM

- Sverige 1992
- Frekvensband 900 och 1800 MHz
- TDMA
- Kanalbredd 200 kHz, 8 tidluckor
- Kretskopplat – digitalt
- Krypterat
- Samtal, SMS, data
- SIM-kort introduceras

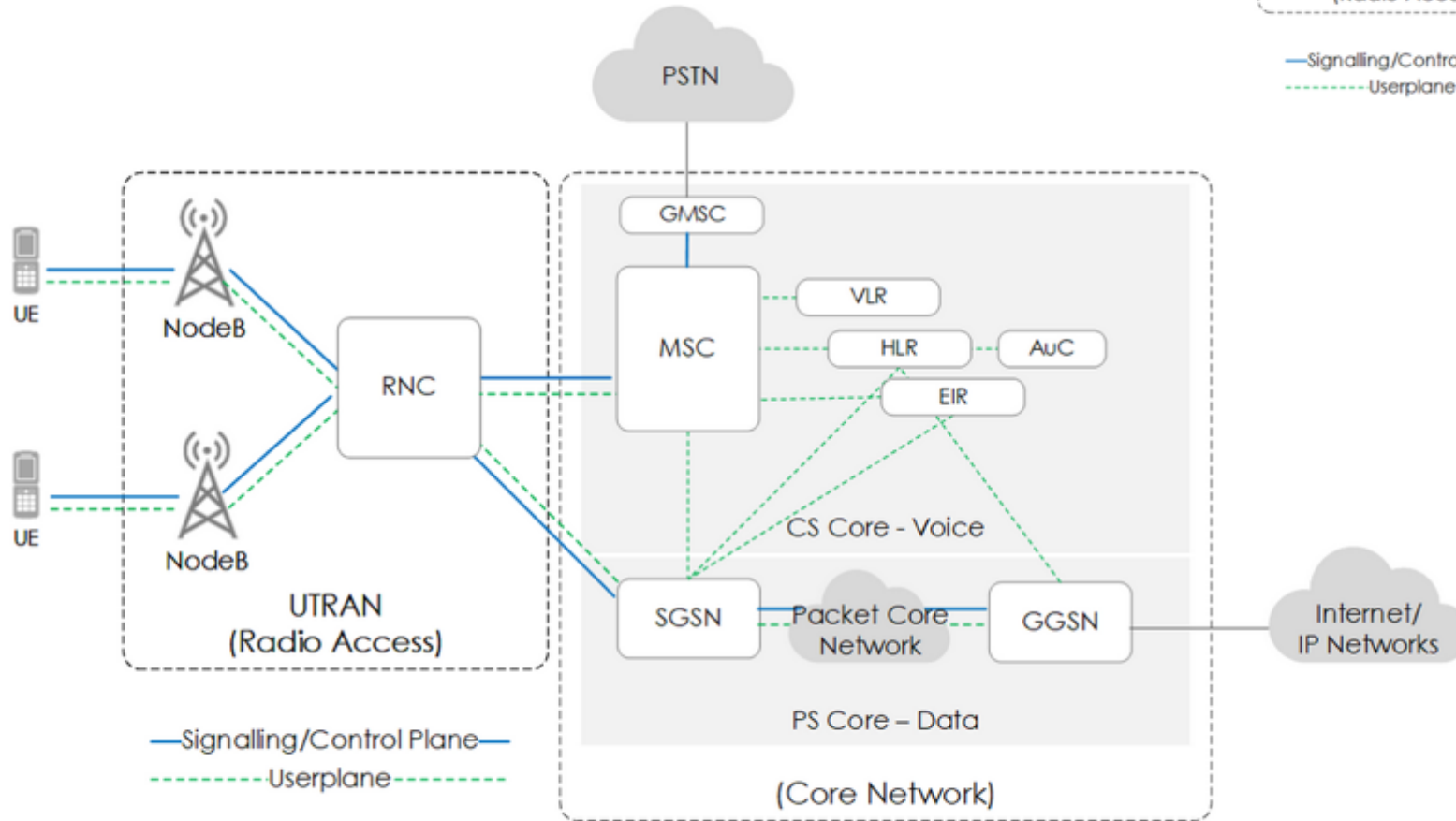
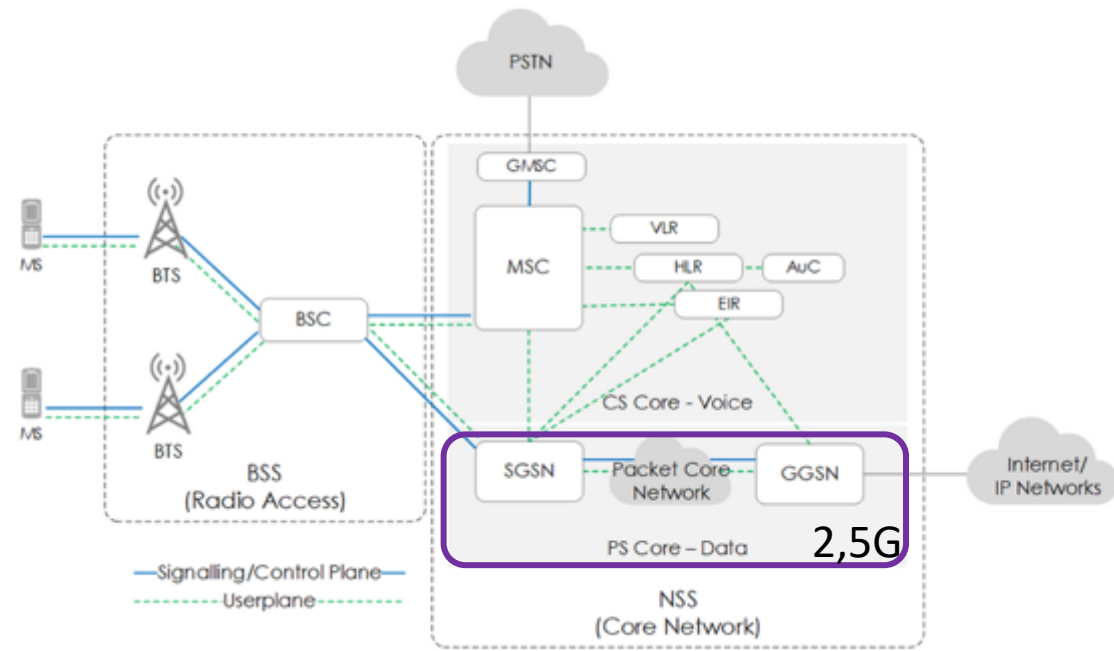


# 2G->2,5G: GPRS, EDGE

- GSM kretskopplad data från 9,6 till 14,4 kbps
- 1999: HSCSD – flera tidluckor till exempel tre tidluckor ger 28,8/43,2 kbps i DL (14,4 kbps i UL)
- 2001: GPRS – paketförmädlad data (TCP/IP), praktiskt 50 kbps/20 kbps
- 2005: EDGE – GSMK till 8PSK, praktiskt 200kbps/100 kbps



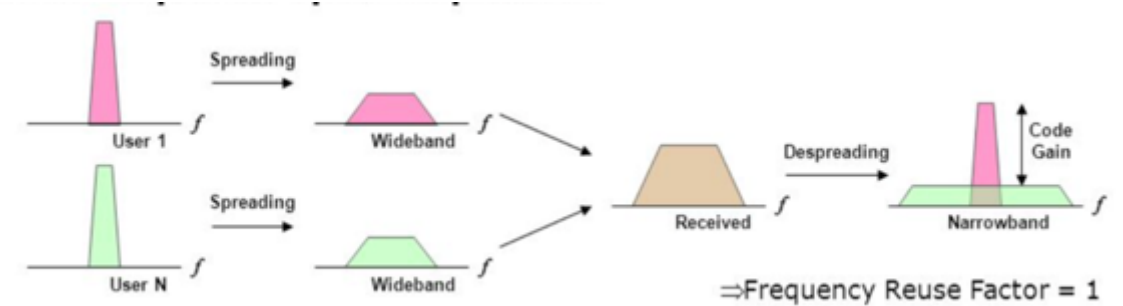
# System 2G -> 3G



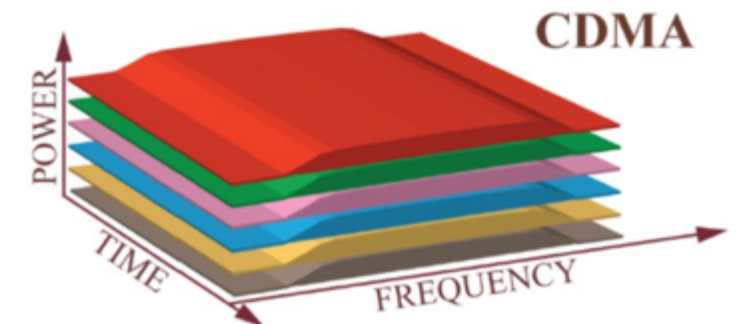
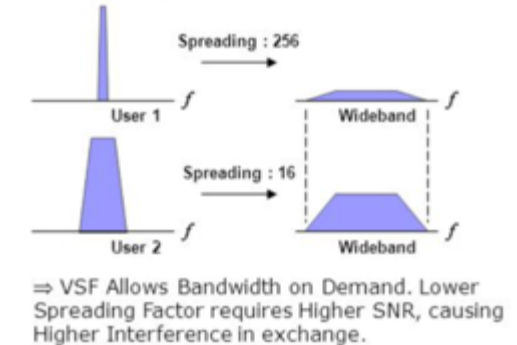


# 3G: UMTS

- Sverige 2003
- Frekvensband 2100 MHz, 900 MHz
- WCDMA
- Kanalbredd 5 MHz FDD
- Kretskopplat och Paketförmedlat –digitalt
- Samtal, **videosamtal (64 kbps)**, SMS, data, streaming....
- Upp till 384 kbps i DL och 128 kbps i UL (R99)

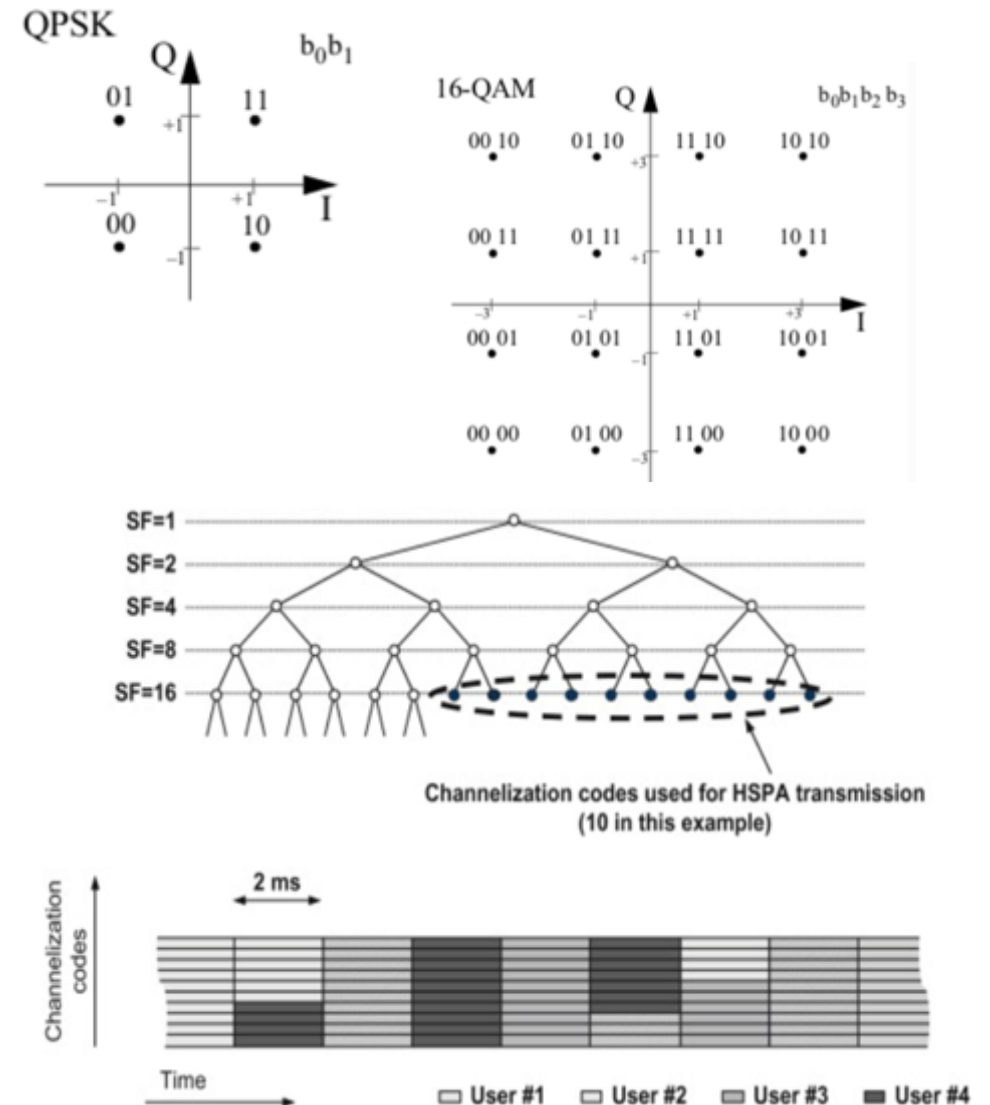


Variable Spreading Factor (VSF)



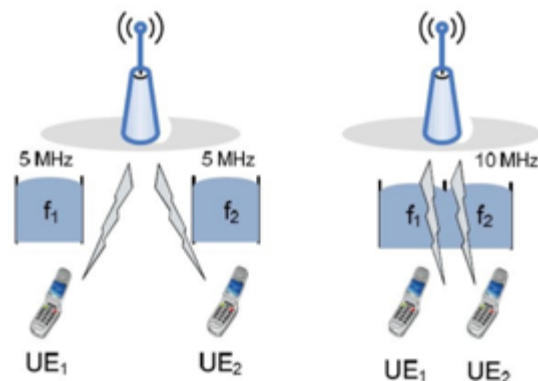
# 3G -> 3,5G HSPA högre hastighet, kortare svarstider

- Sverige 2006
- HSDPA, 1,8 -> 14,4 Mbps (R5)
  - Högre ordnings modulation QPSK->16QAM
  - Kortare TTI 10 ms-2ms
  - Snabbare ACK av data, fast HARQ
  - En användare kan använda 15 koder
- HSUPA, 0,7->5,8 Mbps (R6)
  - Multipla koder
  - Kortare TTI
  - HARQ

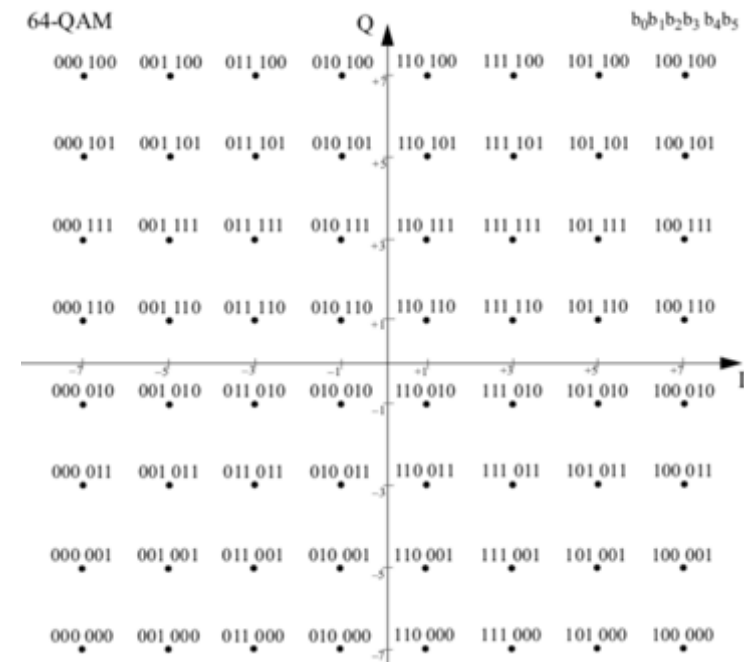


# 3,5G -> 3,75G HSPA+

- Sverige 2009
- HSDPA 21,6->42,2 Mbps (R7,R8)
  - Högre ordnings modulation 64QAM
  - MIMO
  - Dual Cell HSDPA



- Finns standardiserat (R12->)
  - 336+ Mbps i nedlänk och 69 Mbps i upplänk
  - 3G-nät i Sverige kommer dock att läggas ned



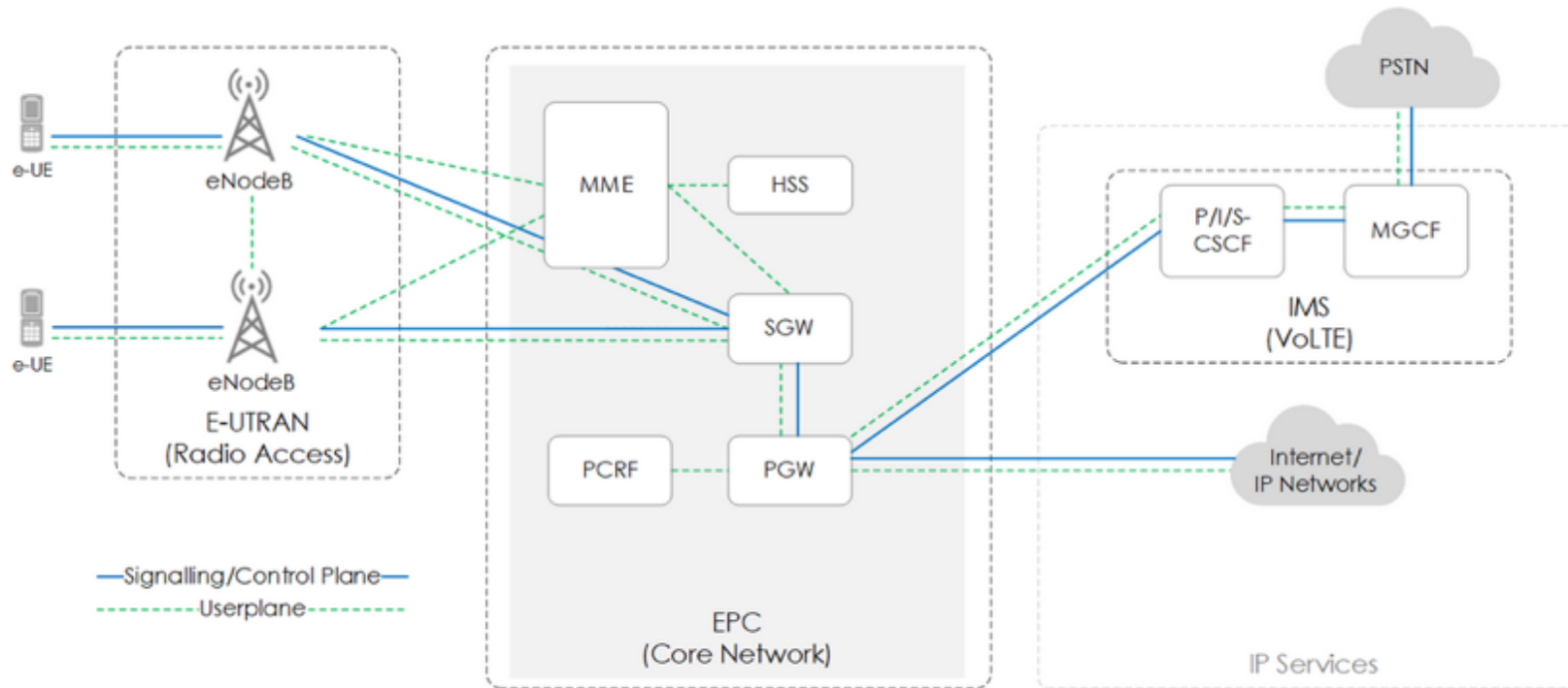
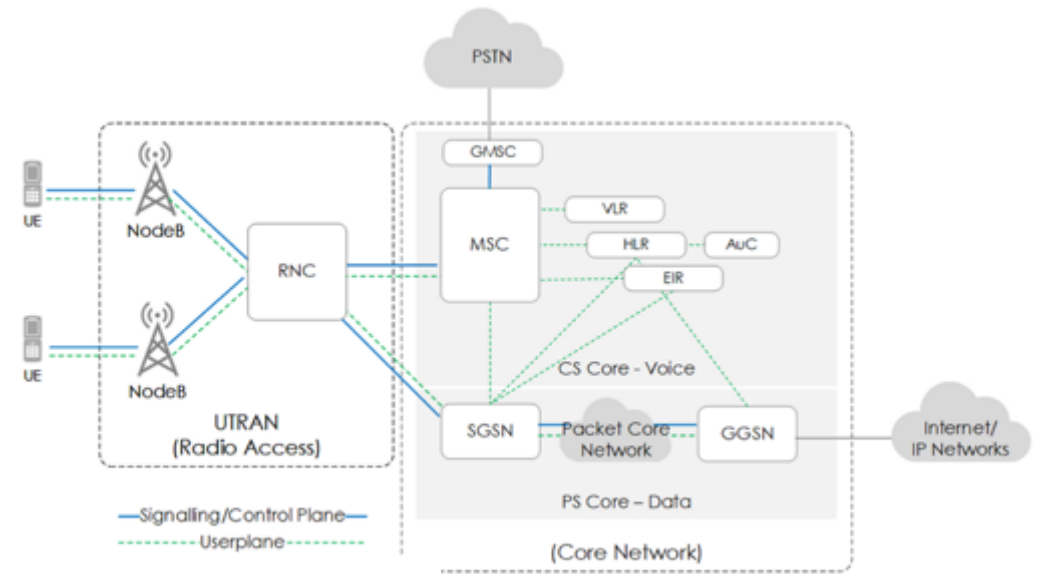
14 MAJ, 2018, 08:00

## Tele2 och Telia accelererar övergången från 3G till 4G

Tele2 och Telia har kommit överens om att påskynda övergången från 3G till 4G genom att successivt avveckla 3G-nätet i det gemensamt ägda företaget Svenska UMTS-nät AB, Sunab. Initiativet innebär betydande kostnads- och energieffektiviseringar för Tele2.

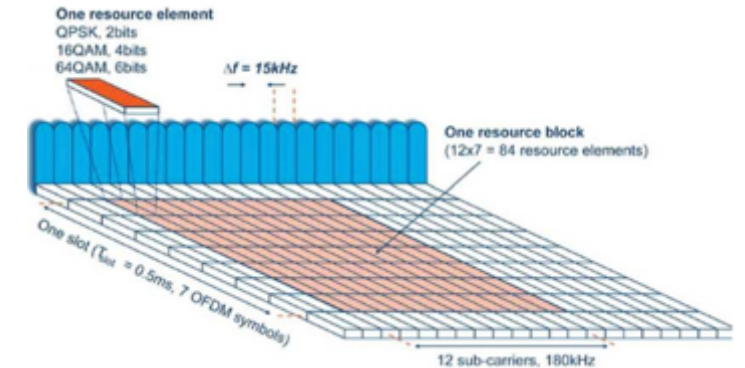
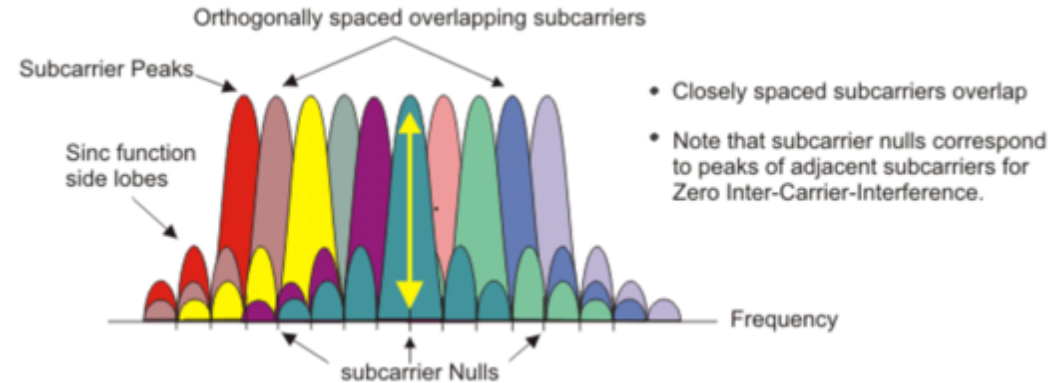
Svenska UMTS-nät AB, Sunab, ansvarar för att bygga, äga och driva Tele2:s och Telias gemensamma 3G-nät. Som en naturlig del av den framtida nätutvecklingen har de två företagen kommit överens om att successivt avveckla Sunab-nätet. Arbetet med en successiv överflytt av trafik beräknas inledas i slutet av 2018 och vara helt genomförd vid slutet av 2025.

# System 3G -> 4G



# 4G LTE

- Sverige 2010
- Frekvensband 700, **800, 900**, 1800, 2100, **2600** MHz
- OFDMA
- Kanalbredd: 1.4, 3, 5, 10 eller 20 MHz
- Datakommunikation – All IP
- Mobilt bredband, streaming...., CS-fallback
- 75-150 Mbps (R8,R9)

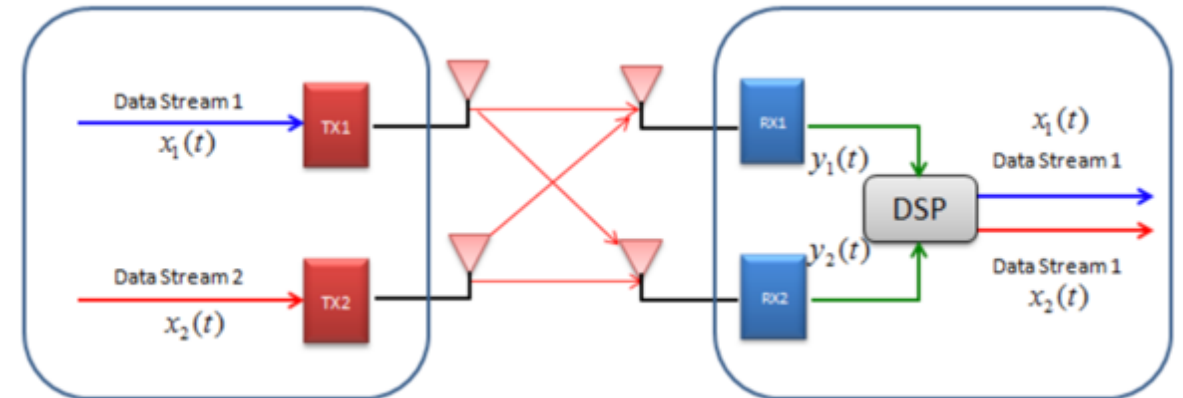
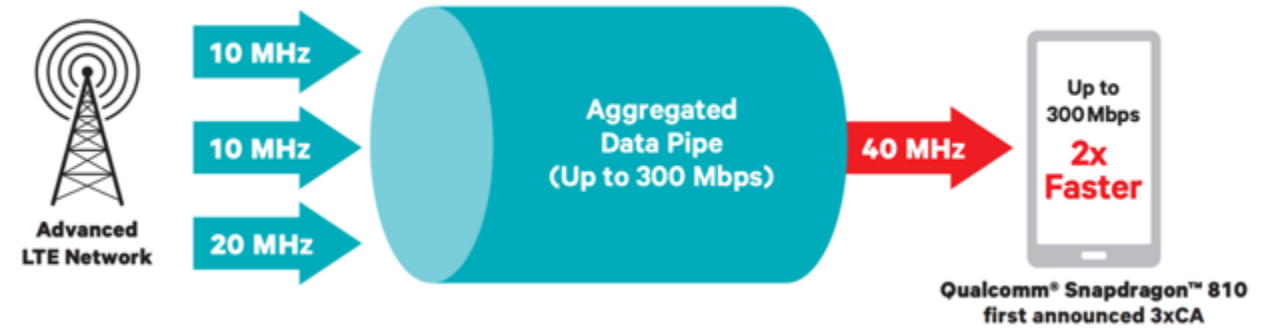


- VoLTE (i Sverige 2017)

Transmission Mode/System Bandwidth	No of Useable Resource Block	SISO	Transmit	<b>MIMO 2x2</b>	All Transmission Mode	
		Downlink Peak (Mbps)	Downlink Peak (Mbps)	Downlink Peak (Mbps)	Uplink Peak (Mbps) 16 QAM	Uplink Peak (Mbps) 64 QAM
1.4 MHz	6	4.4	4.4	8.8	3	4.4
3 MHz	15	11.1	11.1	22.1	7.5	11.1
5 MHz	25	18.3	18.3	36.7	12.6	18.3
10 MHz	50	36.7	36.7	75	25.5	36.7
15 MHz	75	55.1	55.1	110	37.9	55.1
20 MHz	100	75	75	150	51	75

# 4G LTE Advanced

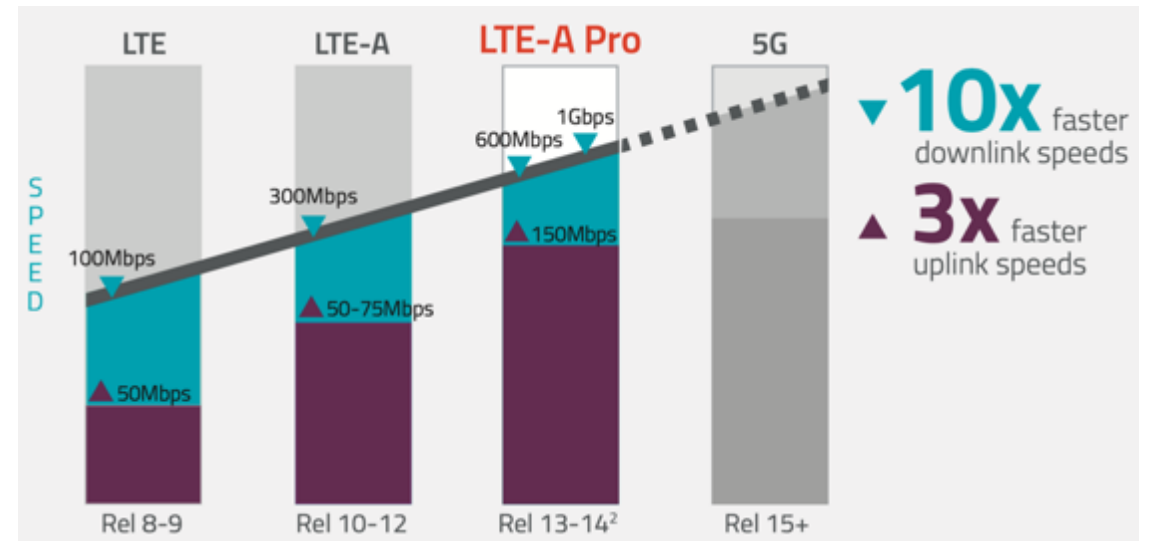
- Sverige 2015->
- Carrier aggregation, max 5x20 MHz
- MIMO 4x4, (max 8x8 i DL)
- FDD och TDD aggregerat
- 256 QAM (8 bitar/symbol, R12)



- 300-450 Mbps i nedlänk och 50-100 i upplänk
- Teoretiskt >1 Gbps i nedlänk och 500 Mbps upplänk (R10-R12)

# 4G LTE Advanced PRO: 4,5G

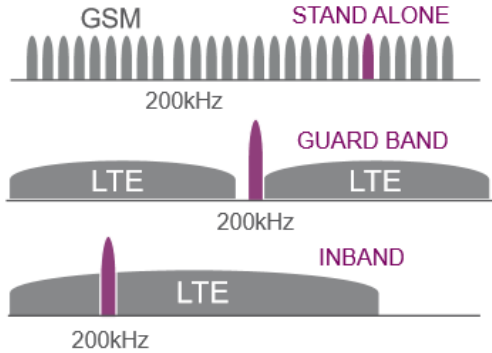
- Sista teknikhoppet på 4G innan 5G (R13,R14: 2016-2017)
- Upp till 32 kanaler aggregerade (>3 Gbps)
- Olicensierat spektrum (5 GHz-området)
- Utökad MIMO (8->64 antennportar) = massive MIMO
- Beamforming
- NB-IoT, eMTC



# IoT



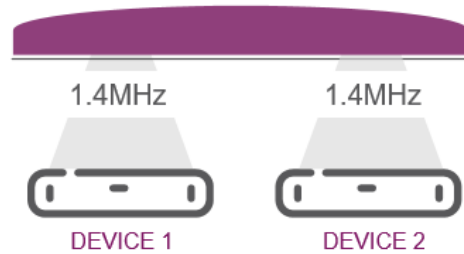
NB-IoT



Device receives NB-IoT carrier (separate cell)  
 The capacity of NB-IoT carrier is shared by all devices  
 Capacity is scalable by adding additional NB-IoT carriers

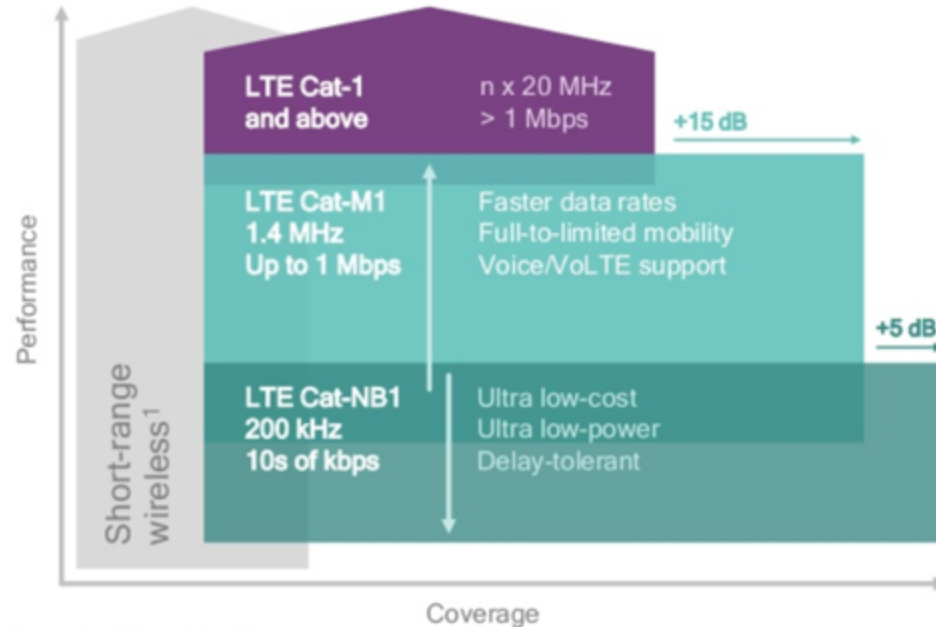


Cat-M1



Device receives parts of LTE carrier  
 Devices multiplexed across LTE carrier  
 Leverage full capacity of wideband LTE Carrier

	Release 8	Release 8	Release 13	Release 13
<b>Modem/device chip category</b>	<b>Category 4</b>	<b>Category 1</b>	<b>Category M1 (eMTC)</b>	<b>Category NB1 (NB-IoT)</b>
Downlink peak rate	150Mbps	10Mbps	1Mbps	170kbps
Uplink peak rate	50Mbps	5Mbps	1Mbps	250kbps
Number of antennas	2	2	1	1
Duplex mode	Full duplex	Full duplex	Full/Half duplex	Half duplex
UE receive bandwidth	1.08-18MHz	1.08-18MHz	1.08MHz	180kHz
UE transmit power	23dBm	23dBm	20/23dBm	20/23dBm
Multiplexed within LTE	Yes	Yes	Yes	Yes/No
<b>Modem complexity</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>20%</b>	<b>15%</b>



## LTE Cat-M1 (eMTC)

Broadest range of IoT capabilities with support for advanced features, e.g. voice support

Many IoT devices can benefit from multi-mode operations to optimize for different traffic profiles and RF conditions

## LTE Cat-NB1 (NB-IoT)

Scalable to lowest cost/power for delay-tolerant, low-throughput IoT use cases, e.g. remote sensors



Ejder in testplåter som får testa gratis  
**Tre har öppnat 5G-nät i Stockholm – så kan du bli en av 100 som får testa**



Tre öppnar ett publikt 5G-nät i Stockholm.

**MEET LÄST**  
 Stort test: Sony Xperia Mark II – Ett unikt flaggskepp  
 Den mobilisten: Det här skulle vi vilja berätta, men kan inte  
 Test: Appen som gör dig apparna som saknas i Huawei

Tre drar redan klåg igång ett 5G-nät i Stockholms och snart låter kunder testa nätet. Det beta sker genom att 100 personer som har inom täckningsområdet bjöds in.

191216

200515

200524



**Tre lanserar 5G i Skåne, Uppsala, Västerås och fler delar av Stockholm i juni**

I juni lanserar Tre 5G i stadsdelarna i Malmö, Lund, Helsingborg, Västerås, Uppsala samt i de västra delarna av Stockholm. Lanseringarna är första steget i utbyggnaden av 5G-nätet som inleds redan i december följande år i södra Stockholm när Tre var först i Sverige med ett publikt 5G-nät.

- Det här är nästa steg i vår utbyggnad av 5G. Vi är stolta över att ha varit en drivande kraft bakom 5G-utbyggnaden i Sverige och ser fram emot att fortsätta vara med och driva utvecklingen, säger Henrik van Drung, vd för Tre Sverige.

Första steget tar redan i början av juni då 5G-nätet aktiveras i stadsdelarna i Malmö, Lund, Uppsala, Helsingborg, Västerås samt i de västra delarna av Stockholm inklusive Kungälvstaden, Brösåsa och delar av Solna. Efter sommaren aktiveras även 5G i hela Stockholms innerstad.

200524

**TELIA LANSEAR SVERIGES FÖRSTA STORA 5G-NÄT**



Telia Sveriges första stora publika 5G-nät i Stockholm är nu lanserat. Nätet har varit igång sedan flera veckor men den formella invigningscerimonin ägde rum i centrala Stockholm den 25 maj. Redan nu står 15 basstationer klara och under juni byggs ytterligare ett 60-tal. Lagom till sommaren kommer 5G-nätet täcka större delen av centrala Stockholm. Parallellt byggs det i ytterligare 12 städer inklusive Göteborg och Malmö med lansering senare i år.

200525

Något snabbare än 4G  
**Då ska Tre aktivera sitt 5G-nät: "Sveriges mest utbyggda"**



Tre ska snart aktivera sitt 5G-nät för telefoner och man gör det då i ett större antal städer.

**MEET LÄST**  
 Stort test: Sony Xperia Mark II – Ett unikt flaggskepp  
 Den mobilisten: Det här skulle vi vilja berätta, men kan inte  
 Test: Appen som gör dig apparna som saknas i Huawei

Den är snart åter bara Stockholms som har tillgång till Tre:s nya 5G-nät. Tre lanserade 5G med sin mobil för fem månader i staden av Finska ären, som då endast i området runt det egna forumkoncert i området Kring Globen, Årsta och Enskede i södra Stockholm. Nu har man byggt ut med uppåt 400 mastar totalt och Malmö, Helsingborg, Lund, Västerås, Uppsala och större delar av Stockholms ska även ha tillgång även för dem med en 5G-telefon som stöd.

200617-0622

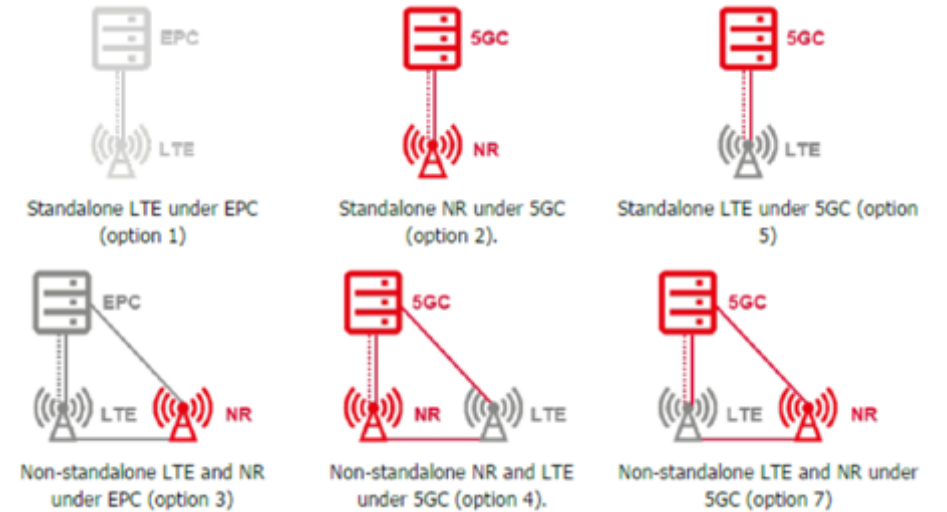
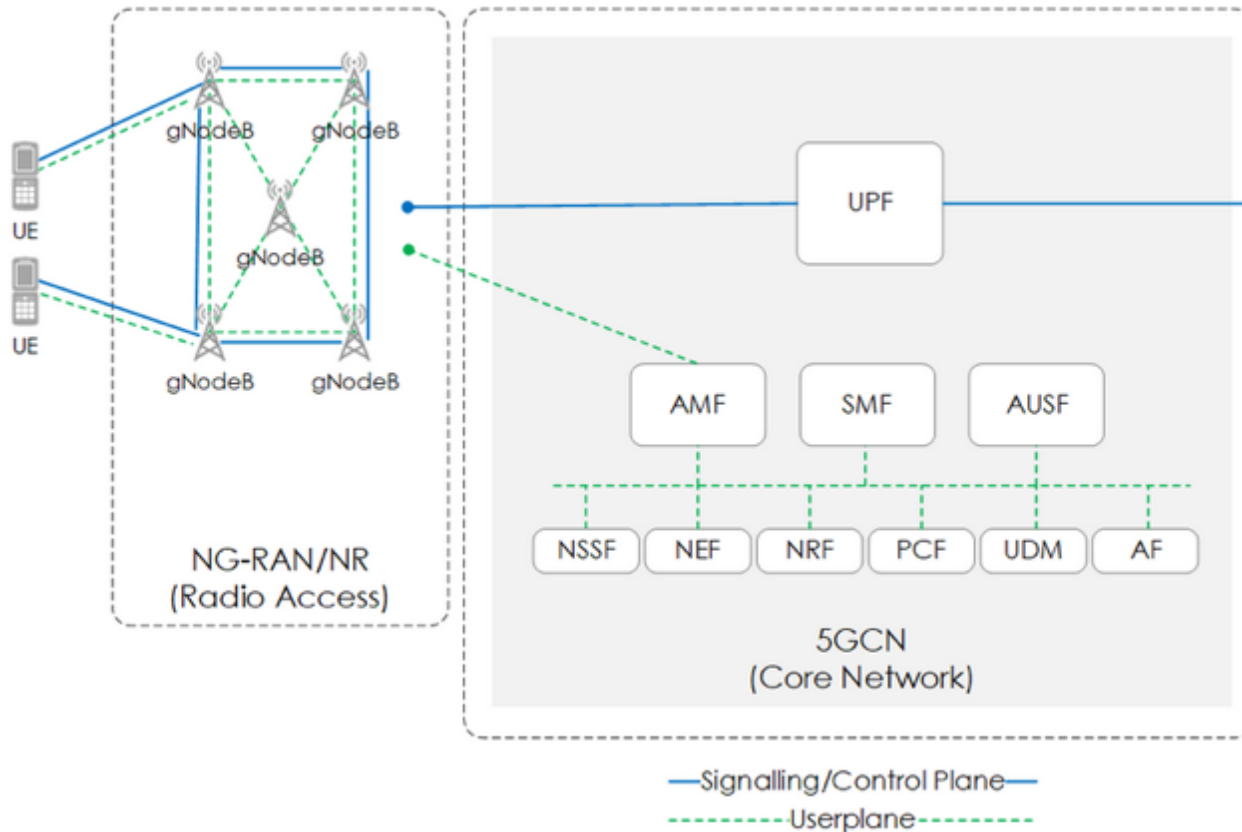
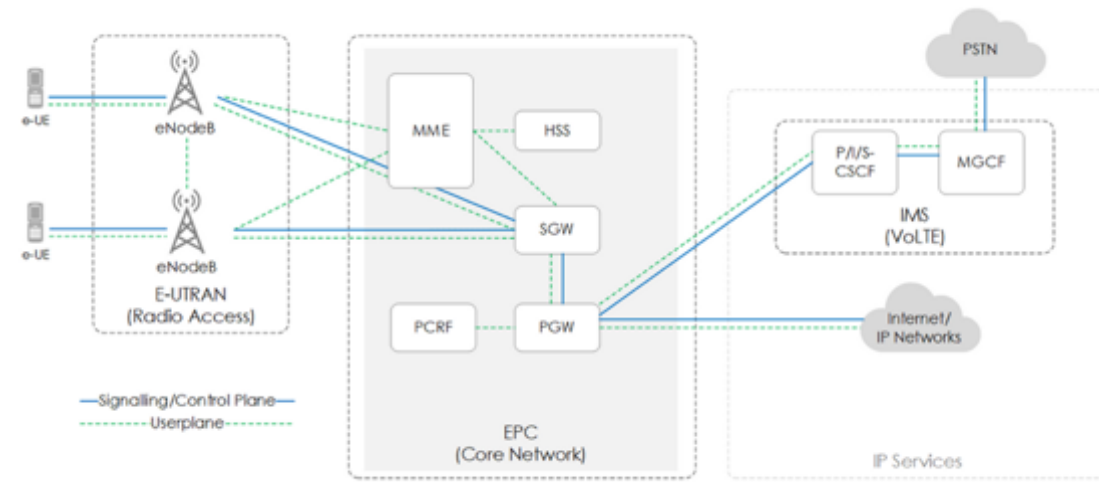


**Telenor lanserar 5G i oktober – ska täcka hela Sverige 2023**

Telenor lanserar sitt omfattande 5G-nät i centrala Stockholm i slutet av oktober med hastigheter på över 1 Gbit/s och den första 5G-utbyggnaden till Helsingborg, Uppsala och delar av Solna. Efter sommaren aktiveras även 5G i hela Stockholms innerstad.

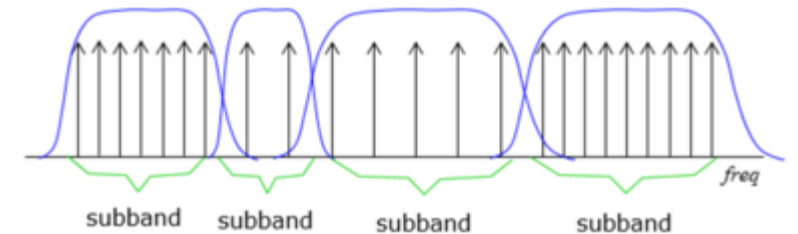
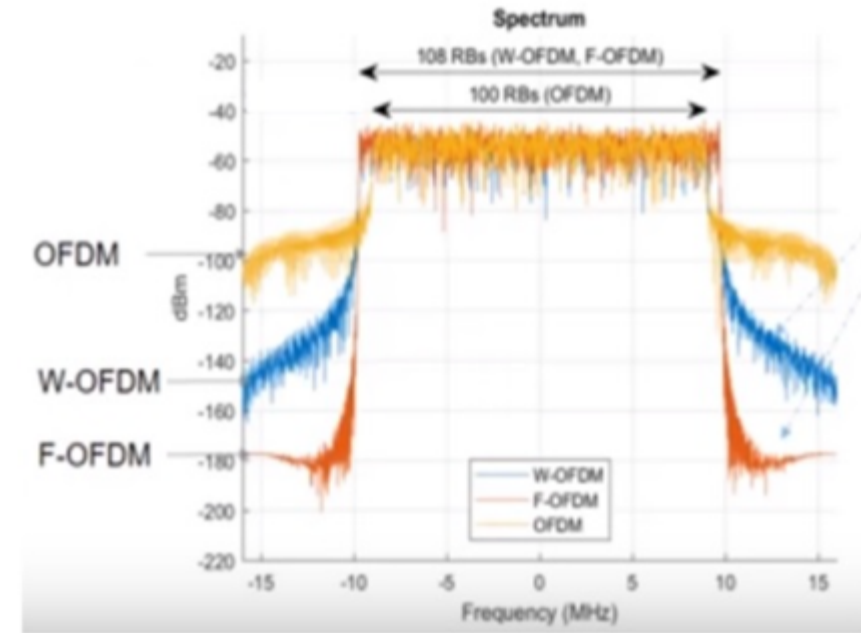
200909

# System 4G -> 5G



# 5G

- Sverige 2020 (R15)
- Frekvensband
  - FR1 < 6GHz: LB och MB
  - FR2 24 - 52 GHz: HB (milimetervågor)
- Filterd OFDM
- Massive MIMO, beamforming
- Kanalbredd
  - FR1 100 MHz
  - FR2 400 MHz
- Specificerat för många olika användningsområden (eMBB, mMTC, URLLC)
- 4G och 5G tillsammans NSA, SA, DSS, EN-DC...
- Auktion för 2,3 och 3,5 GHz i November 2020



# 5G-användningsområden

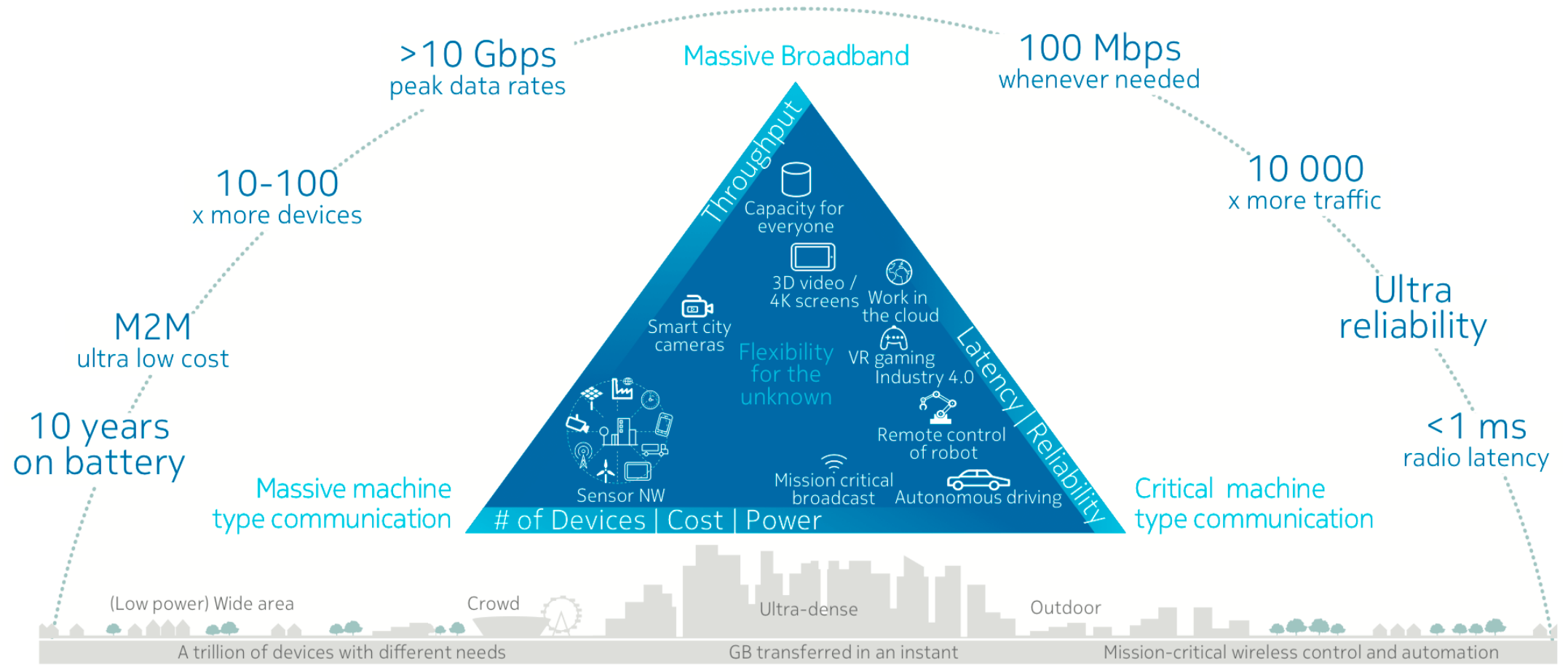
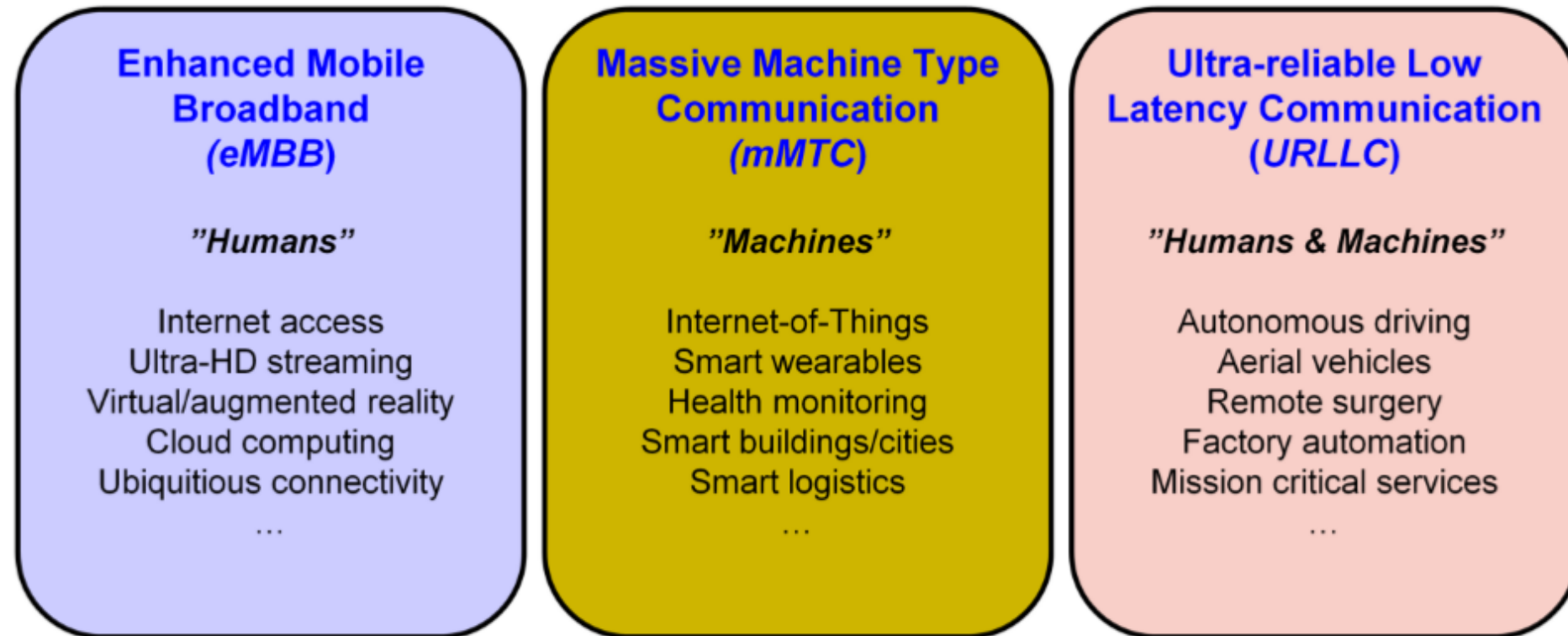


Figure 1. 5G will enable very diverse use cases with extreme range of requirements

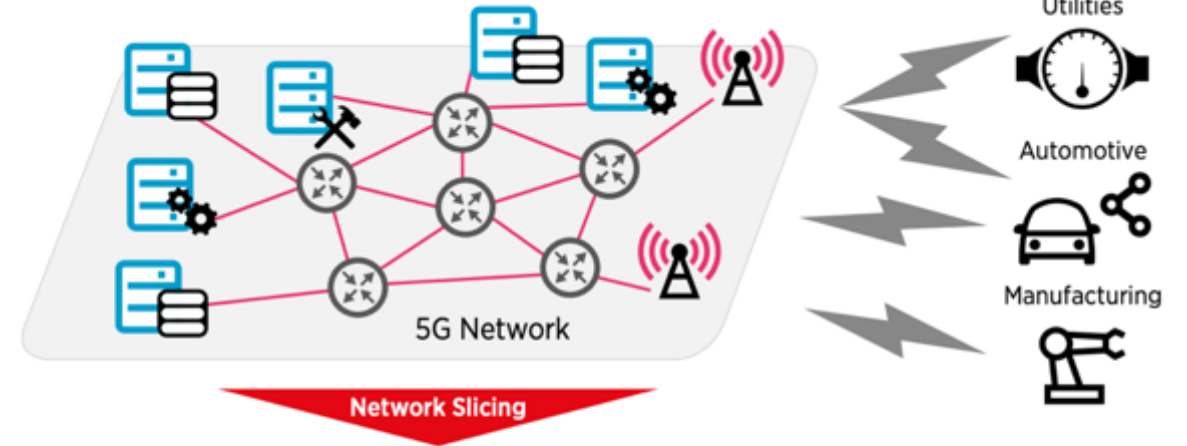
# 5G-användningsområden



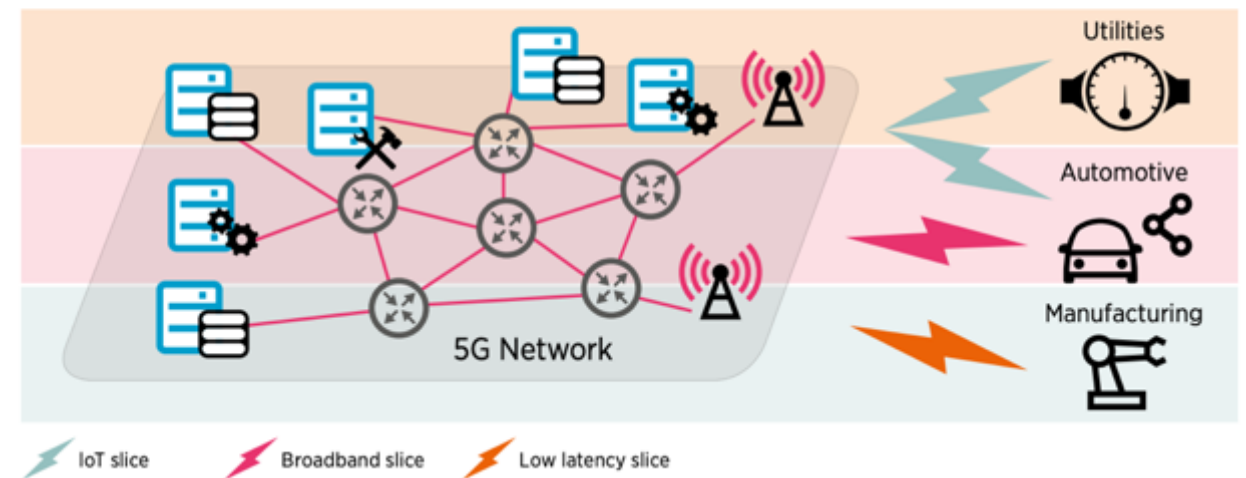
# Network slicing

- En skiva av ett nätverk
- End to end för olika krav
  - Garanterad dataakt
  - Garanterad kapacitet
  - Låg fördröjning
  - Energieffektivitet
  - Kombinationer
- Nya betalningsmodeller
- Tidsbegränsad

5G networks need to serve customers with very different needs

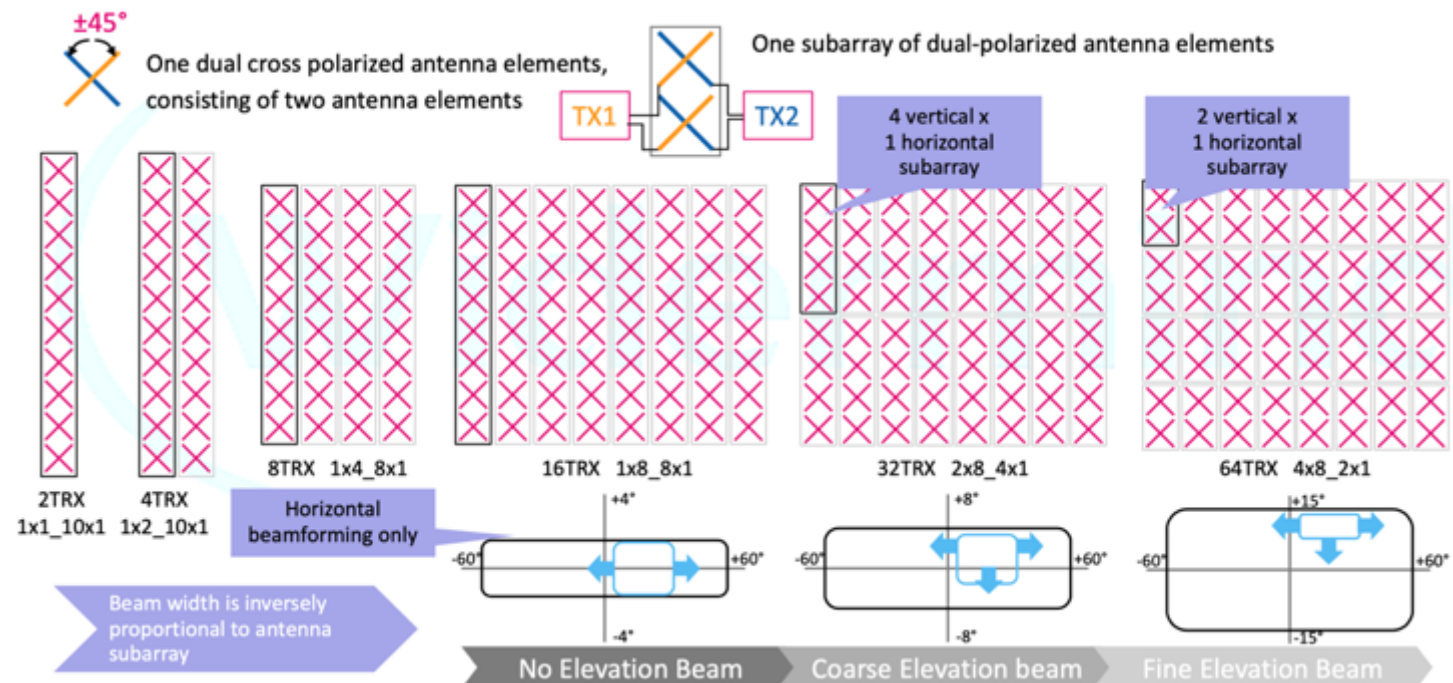


5G networks subdivided into virtual networks each optimised for one business case



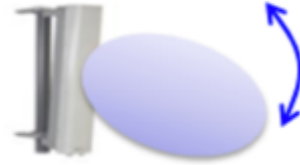
# Massive MIMO

- Kräver många antennenelement
- Fungerar bättre på högre frekvenser (mindre antenner)
- Beamforming specificerat i 5G från början

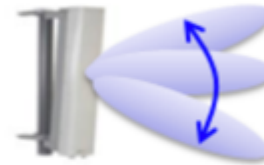


# Beamforming

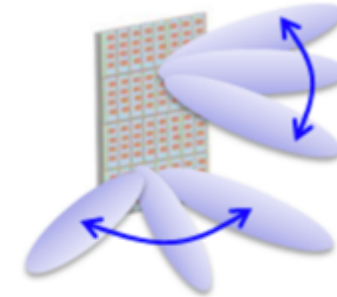
Electrical Tilting



Vertical Beamforming



FD-MIMO



Elevation (Vertical) Beamforming

Azimuth (Horizontal) Beamforming

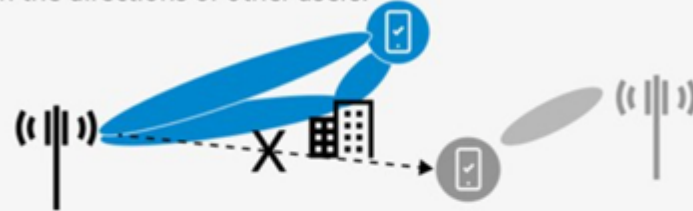
## A. Beamforming

Serve single users by directing the energy toward the user.



## B. Generalized beamforming

Serve single users by sending the same data stream in different directions and possibly forming zero (nulls) in the directions of other users.



## C. SU-MIMO

Increase data rates by transmitting several data streams to a user.



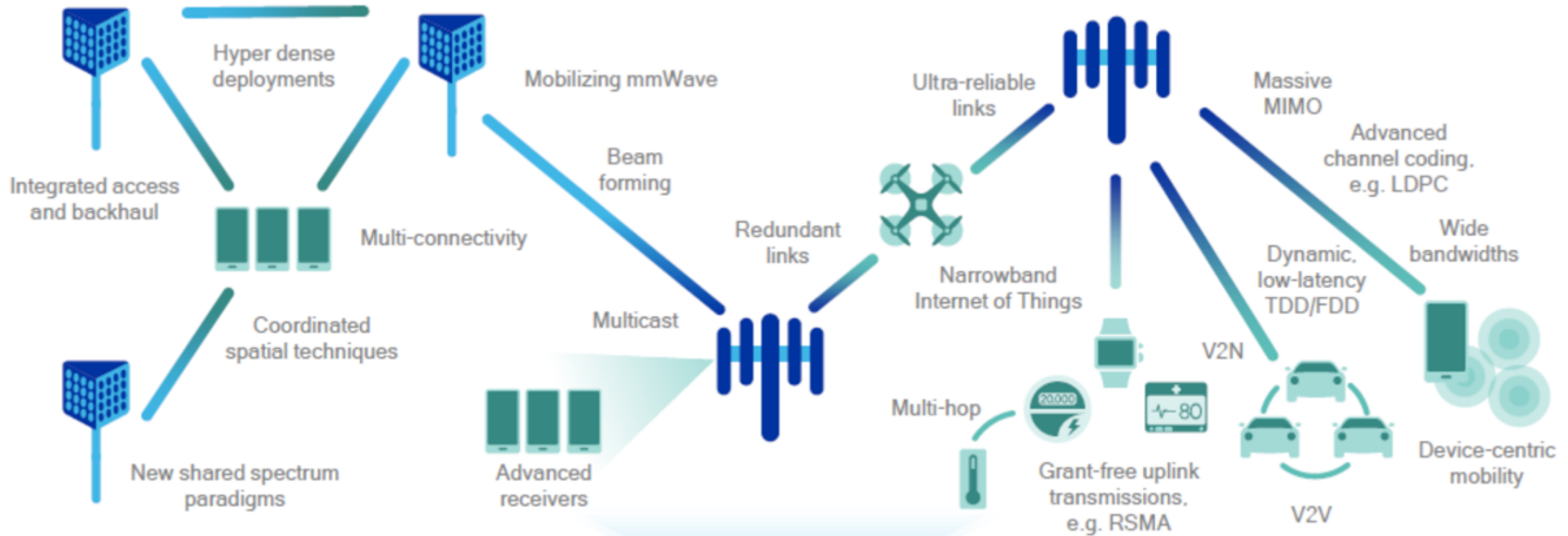
## D. MU-MIMO

At high load, serve more users simultaneously at high load.





# Pioneering new technologies to meet 5G NR requirements



## New levels of capability and efficiency

10x  
experienced  
throughput

10x  
decrease in end-  
to-end latency

10x  
connection  
density

3x  
spectrum  
efficiency

100x  
traffic  
capacity

100x  
network  
efficiency

# Distribuerat moln, egde computing

- Centralt
- Regionalt
- Lokalt
- Hyperlokalt

