



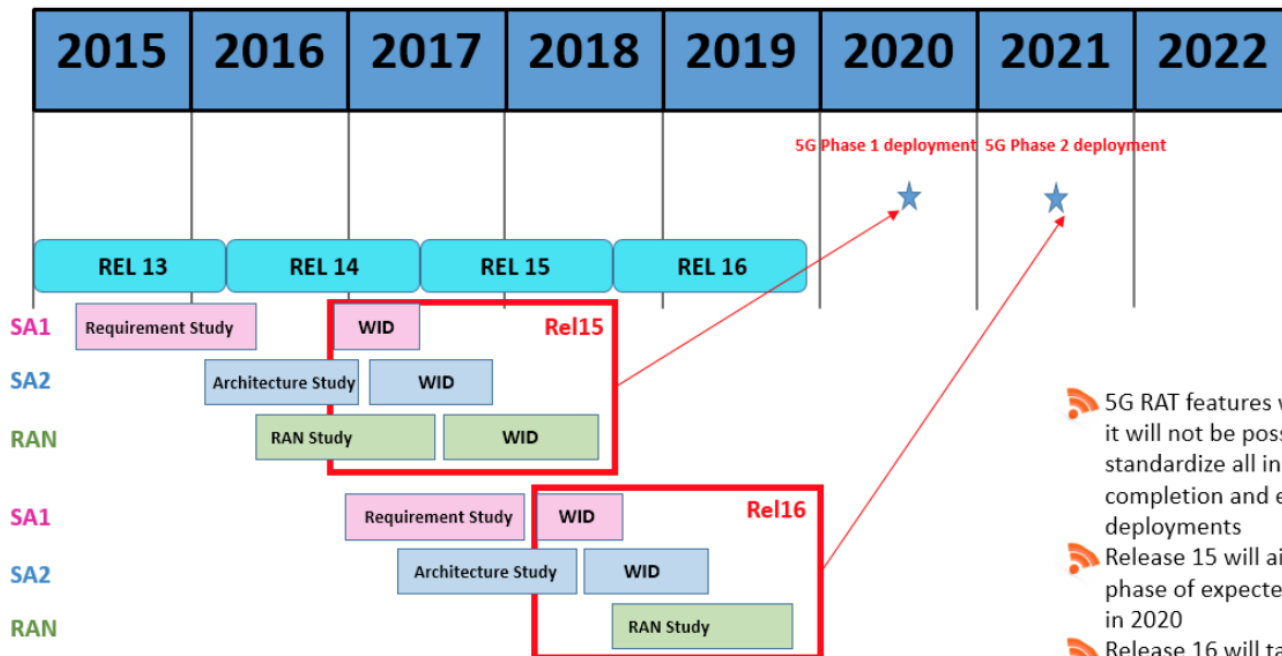
Mobilní sítě 5G

Fronta na revoluci



Budoucnost je za dveřmi, kde jsou dveře?

3GPP Roadmap



Rel15 je první 5G standard, léto 2018 s novým návrhem architektury, podporou “Starých” funkcí a otevřeností novým.

Rel16 je rozšíření do nelicencovaného pásma, masivní broadband, V2V a další služby “budoucnosti”

- 5G RAT features will be phased as it will not be possible to standardize all in time for Tel-15 completion and early deployments
- Release 15 will aim at a first phase of expected deployments in 2020
- Release 16 will target the ITU IMT-2020 submission

Dvacet let vývoje ...

JAK SE LIŠÍ GENERACE MOBILNÍCH SÍTÍ



2G (GSM)

digitální síť
rozvoj od roku 1992
určená pro hlasové služby
data 9,6 – 400 Kb/s



3G (UMTS)

určena pro hlas a videohovory
rozvoj od roku 2002
první mobilní broadband
data až 2 Mb/s (a více)



4G (LTE ADVANCED)

navržena pro datové přenosy
rozvoj od roku 2012
hlas běží po datové vrstvě
skutečný mobilní broadband
data až 100 Mb/s



5G (BEYOND 4G)

navržena pro M2M
čistě datová služba
nasazení po roce 2020
data až 1 Gb/s
nyní ve fázi standardizace

Technopropozice pro 5G

Latence >1ms

100 Mb/s pro každého, špičková
mobilní rychlost 1Gb/s, nomadická
až 10 Gb/s

Nárůst připojených zařízení 10-100
násobek

Nárůst objemu provozu 10 000 x

Uvažuje se převaha “nelidské”
komunikace M2M, V2X

5G NR - New Radio:

- Nárůst pásma do 3,5GHz
- Nová mmWave 28-100 GHz
- Masivní MIMO
- Agregované kanály až 100MHz
- nelicencované pásmo

Network Slicing

používáš jen to, co potřebuješ

SDN & NFV

kdo ví, zní to slibně, ale zatím...

Cloud a EDGE pro IoT

5G je velmi široce rozkročené

- Broadband pro koncové mobilní zařízení na cestách i doma
- FWA pro připojení celé nomadické sítě
- Nízkoenergetické rozsáhlé senzorové sítě o nízké i vysoké rychlosti
- Sítě veřejné bezpečnosti - PSRS

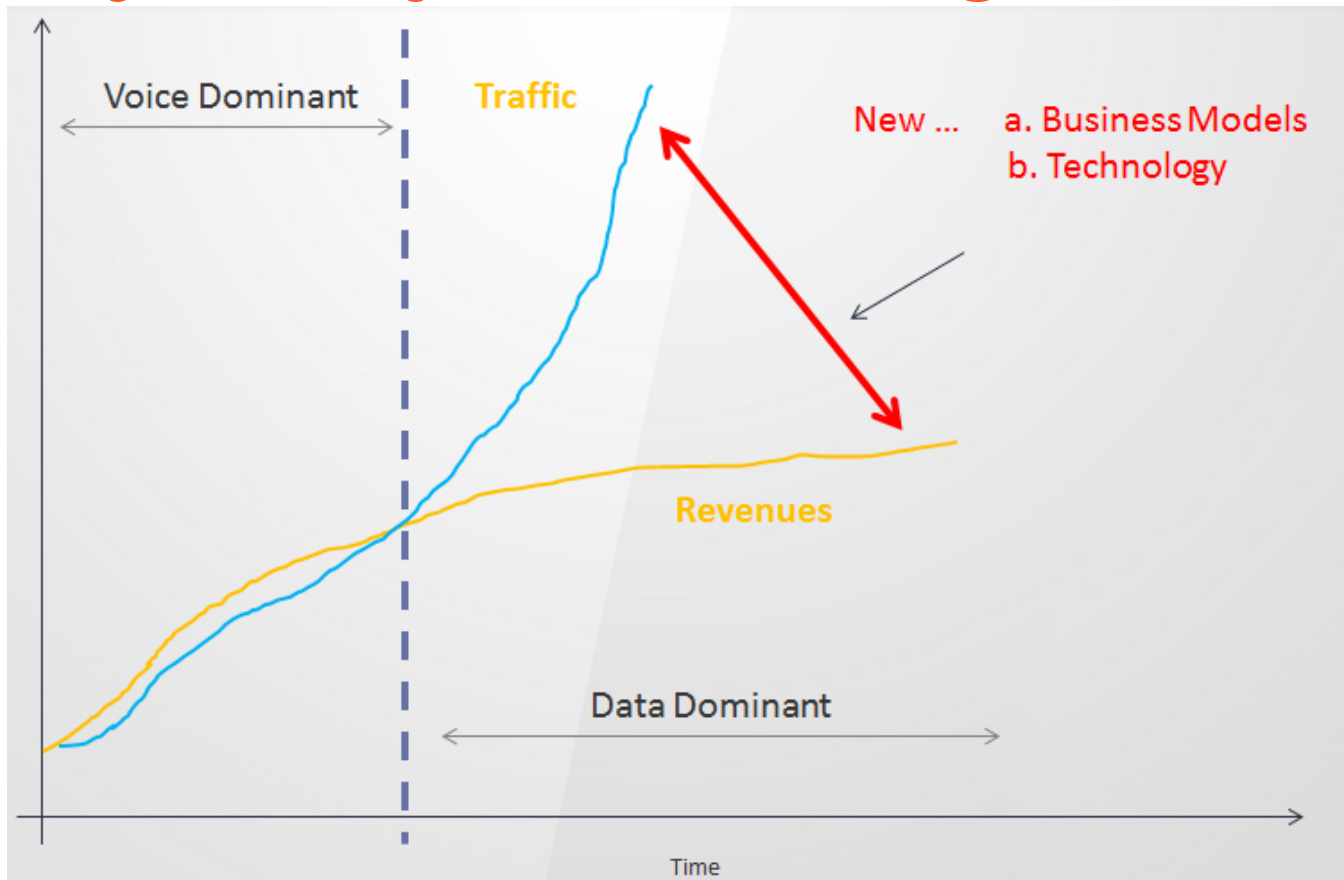
Jenže:

- každý operátor tlačí své téma, standardizace nepostupuje rychle
- tak široké rozkročení se centralizovaně nepodařilo ukočírovat nikde
- ve skutečnosti jde už teď o slepenec technologií, které drží jen “gumičkou”

JE ČAS NA DOJEMNÉ PŘEDPOVĚDI A ČÍSLA

Datum	Firma	Odhady připojení	Rok	Další komentáře
23-Aug-16	Strategy Analytics	690 million	2025	"690M Connections and 300M Handset Shipments"
15-Nov-16	Ericsson	500 million	2022	"North America will lead the way in uptake of 5G subscriptions, where a quarter of all mobile subscriptions are forecast to be for 5G in 2022."
30-Nov-16	ABI Research	500 million	2026	"500 Million 5G cmWave and mmWave Subscribers Will Bring \$200 Billion in Service Revenue through 2026" - what about non mmWave/cmWave 5G subs?
12-Apr-17	CCS Insight	100 million	2021	"Smartphones sales will rise to 1.90 billion in 2021, when smartphones will account for 92 percent of the total mobile phone market."
26-Apr-17	GSMA	1.1 billion	2025	"5G connections are set to reach 1.1 billion by 2025, accounting for approximately one in eight mobile connections worldwide by this time."
16-May-17	Ovum	389 million	2022	"Ovum now forecasts that there will be 111 million 5G mobile broadband subscriptions at end-2021, up more than fourfold from Ovum's previous forecast of 25 million 5G subscriptions at end-2021"
14-Aug-17	Juniper Research	1.4 billion	2025	"an increase from just 1 million in 2019, the anticipated first year of commercial launch. This will represent an average annual growth of 232%."
17-Oct-17	GSMA	214 million in Europe	2025	"30 per cent of Europe's mobile connections will be running on 5G networks by 2025"

Tajemství jednoho telco grafu



snížit náklady
na výstavbu

snížit náklady
na provoz

zvýšit výnosy z
dalších služeb

2G se prosadilo zdola, 5G je direktivní

- v případě 2G se podařilo urychleně opustit neperspektivní technologie jako DVB-H, CB, MBMS nebo HSCSD.
- ty technologie ovšem mohly pohánět něco jiného nebo byly nedotažené
 - prosadily se kvůli strategickým zájmům (lokalizace polohy či Wireless Village)
 - ty ale pak nahradilo suboptimální, ale svobodnější řešení
- naopak jiné technologie se podařilo prověřit, ačkoliv se nakonec nasadily jinak, než autor zamýšlel (SMS měly avizovat nové vzkazy ve schránce)
- V 5G vzniká celá sada aplikačních standardů, které ořezávají kreativitu, ale nabízejí rychlejší nasazení technologie. Bude to výhodou

5G Jobs Offloading (čili o budoucnosti lokálního trhu)

- velcí operátoři jsou nadnárodní
- infrastruktura sítí 5G je virtualizovaná, cloudová
- výstavba sítí je v rukou dodavatelů, outsourcovaná
- tím se odborná zaměstnání spojená se sítí stávají v regionu nadbytečná
- odborné práce se centralizují a globalizují (náklady)
- v regionu zůstává jen implementace strategie (otrocký management)
- výhodu mají regiony, kde vznikly odborné firmy kolem LTE
 - (a to Česko není)

Faktory úspěchu sítí 5G

- interoperabilita s LTE
- celosvětově harmonizované řešení (problematika spektra)
- nízká cena (i proti specializovaným technologiím)
 - a ta se zatím nedaří zcela vždy
 - do ceny bohužel patří i vedlejší aspekty, například právní náklady na vyjednání lokace sítí
- faktorem úspěchu je i to, jak se mobilní operátoři adaptují na business model
 - doposud prodávali klientům, kteří neměli jinou šanci, než koupit u nich
 - nově budou nabízet klientům, kteří nechtějí být rukojmími a chtějí individuální přístup
 - viz. Triple-Play: klienty nezaujalo, dokud nenabídlo něco navíc (přehrávání, nahrávání atd)
- v Česku očekáváme podstatné problémy s páteří

CBRS: Citizens Broadband Radio Service

- V USA jde o pásmo s oportunistickým a automatizovaným přidělováním přístupu podle kapacity
- **Tři úrovně přístupu:**
 - Tier 1: Vojenské radary a služby, bezpečnostní složky
 - Tier 2: Priority Access Licenses (PAL) - dražené a vyhrazené sloty pro makrocelly, smartcelly atd.
 - Tier 3: General Authorized Access (GAA) - přístup k rádiu řídí SAS server online
- **Výhody CBRS**
 - přístupnější pásmo v kvalitě podobné licencovanému pásmu
 - snížení ceny za pronájem pásmo, snížení bariéry pro vstup do odvětví
 - automatizovaná platforma vyžadující minimum manuální koordinace
 - sledování a koordinace interferencí a rušení zvyšuje kvalitu přenosu
- **V EU** se uvažuje jako Licensed Shared Access (LSA)
 - pro vojenské pásmo 2,3 - 2,4 GHz

Pracovní pozice, které vzniknou (někde)

Chief security & privacy officer - zodpovědnost za uživatelská data, aplikační vrstvu a soukromí. Zodpovídá se přímo CEO

Head of Connected vehicles - někdejší projekt manager AI ve VW

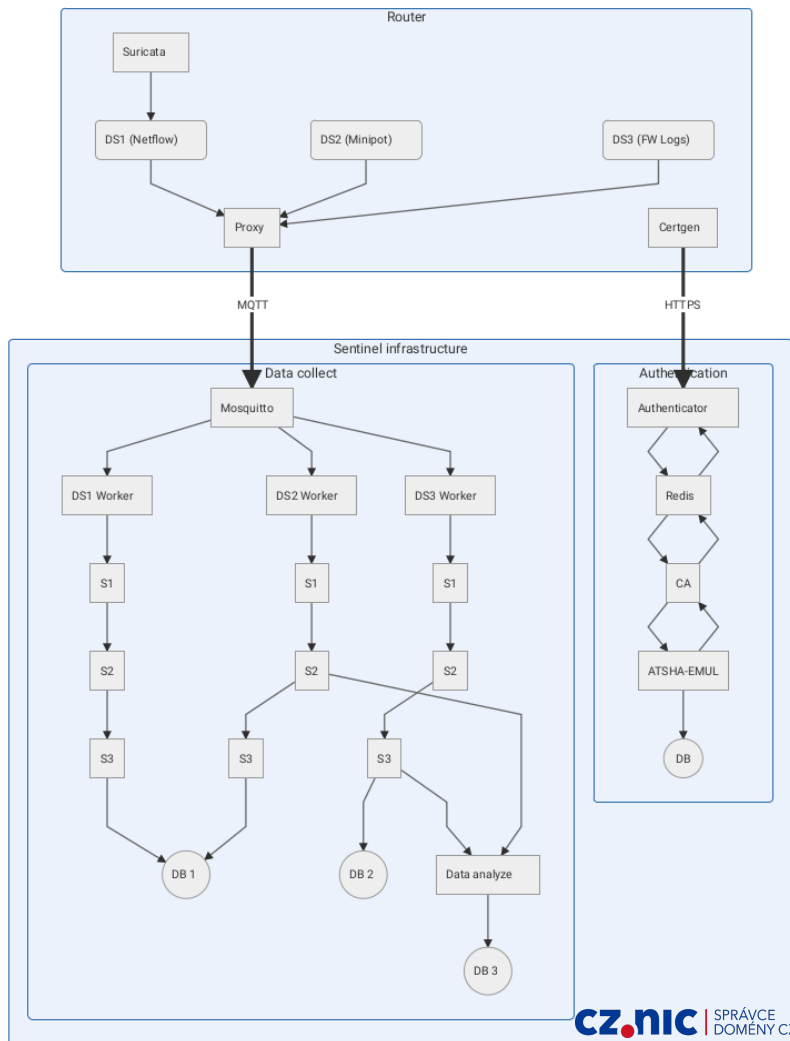
Chief Virtual Reality Officer - je zodpovědná za služby pro mladší uživatele, 3D/360 video a augmentovanou realitu. Dodělává si bakaláře, věk 25 let.

Datektivové - skupina programátorů, kteří vyhledávají důkazy pro policii a soudy v senzorových logách. Podřízení CSPO a formálně neexistují.

VP Unlicensed and Shared Spectrum - dělá vztahy tam, kde se nedá masakrovat.

Projekt SENTINEL

- Bezpečnost je věc Důvěry ve Schopnost a Znalost ji zajistit
- Projekt SENTINEL reaguje na rostoucí úroveň hrozeb v internetovém prostoru
- Jde o Open-Source framework pro podchycení podezřelých klientů a serverů
- Celosvětová sběrná síť útoků
- Jeden z pilířů bezpečnosti českého kyberprostoru



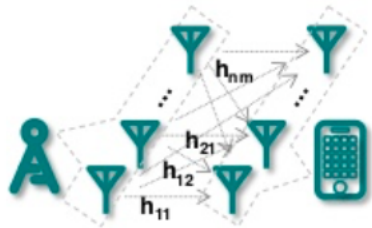
Děkuji za pozornost

patrick.zandl@nic.cz



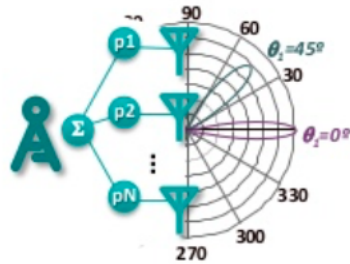
5G Potential Technologies

MASSIVE MIMO



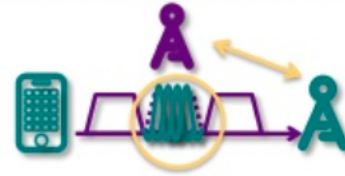
- ✓ Higher MIMO order: 8X8 or more
- ✓ System capacity increases in function of number of antennas

SPATIAL MODULATION



- ✓ Spatial-temporal modulation schemes
- ✓ SINR optimization
- ✓ Beamforming

COGNITIVE RADIO NETWORKS



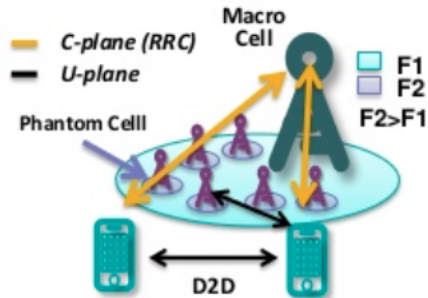
- ✓ New protocol for shared spectrum rational use
- ✓ Mitigate and avoid interference by surrounding radio environment and regulate its transmission accordingly.
- ✓ In interference-free CR networks, CR users are allowed to borrow spectrum resources only when licensed users do not use them.

VISIBLE LIGHT COMMUNICATION



- ✓ Enables systems that illuminate and at the same time provide broadband wireless data connectivity
- ✓ Transmitters: Uses off-the-shelf white light emitting diodes (LEDs) used for solid-state lighting (SSL);
- ✓ Receivers: Off-the-shelf p-intrinsic-n (PIN) photodiodes (PDs) or avalanche photo-diodes (APDs)

DEVICE-CENTRIC ARCHITECTURE



- ✓ Phantom Cell based architecture
- ✓ Control Plane uses macro network
- ✓ User Plane is Device to Device (D2D) in another frequency such as mm-Wave and high order modulation (256 QAM).

NATIVE SUPPORT FOR M2M



- ✓ Native M2M support
- ✓ A massive number of connected devices with low throughput;
- ✓ Low latency
- ✓ Low power and battery consumption

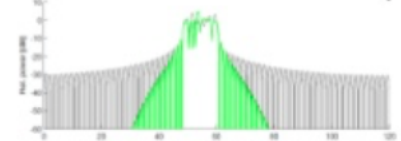
CLOUD NETWORK & CACHE



- ✓ Access Network Caching
- ✓ Network Virtualization Function
- ✓ Cloud-RAN
- ✓ Dynamic and Elastic Network

NEW MODULATION SCHEME

5G Non-Orthogonal Waveforms for Asynchronous Signalling (5GNOW)



- ✓ Universal Filtered Multi-Carrier (UFMC): Potential extension to OFDM;
- ✓ Filter Bank Multi Carrier (FBMC): Access sporadic, short bursts, increased robustness, support QAM symbols and minimization problems offset; sustainability fragmented spectra.
- ✓ High modulation constellation