

SiST – wykład 7

Dr inż. Małgorzata Langer

Ponad 30 lat historii - I

- ▶ **1G** — w latach osiemdziesiątych XX w. -
“zwykli” ludzie mogli komunikować się między sobą głosem podczas poruszania się
- ▶ **2G** – wczesne lata dziewięćdziesiąte - ludzie mogli komunikować się między sobą nie tylko głosem ale również poprzez wiadomości tekstowe (CDMA, GSM)

Ponad 30 lat historii - II

- ▶ **3G** – schyłek lat dziewięćdziesiątych - ludzie mogli komunikować się (i ciągle, oczywiście, mogą) przy pomocy usług z przesyłem danych i wielu nowych aplikacji (WCDMA – UMTS)

3G to technologia bezprzewodowa, charakteryzuje się szybką transmisją, zaawansowanym dostępem do multimediiów i światowym roamingiem. Pozwala na podłączenie telefonu do Internetu, lub innych sieci opartych na IP, można nawiązać połączenie głosowe i/lub video, ładować i wysyłać dane.

ALE:

Wciąż istnieją problemy dotyczące skalowania i kosztów, które wstrzymują rozwój sieci na wielu obszarach

4G

- ▶ Sieci **4G** wspierają różnorodne spersonalizowane aplikacje zwłaszcza multimedialne, jak: konferencje multimedialne, wideo-telefony, wideo/filmy na żądanie (video/movie-on-demand), zdalne nauczanie na odległość (education-on-demand), strumienie dla różnorodnych mediów, komunikaty multimedialne, itd.
- ▶ W grudniu 2010r. główne „ciało normalizacyjne” w telekomunikacji – ITU (International Telecommunications Union) ustaliło, że **nie tylko WiMAX-2 oraz LTE-Advanced (technologie przyszłości), ale również WiMAX oraz LTE (już wdrożone) są technologiami sieciowymi, którym „należy się” miano 4G**



LTE

- ▶ Dzisiejsze technologie 4G pozwalają (wg Release 8) (oferują więcej) zwykle na 100 - 150 Mb/s wiązki w dół (download) oraz 50 Mb/s w górę (upload). OFDMA i inne systemy przetwarzające w dziedzinie częstotliwości, wraz z zastosowaniem MIMO, dynamiczną alokacją kanałów i przydzielaniem zasobów zależnie od kanału pozwalają na o wiele więcej.
- ▶ **LTE-A planowane było na 1 Gb/s download oraz 500 Mb/s upload.**



Odczarujemy skróty i akronimy

Podyskutujmy o technologiach

Czy transmisja w dziedzinie częstotliwości to powrót do przeszłości?

A co z ekonomią?



TDMA - Time Division Multiple Access

- ▶ **Wielodostęp z podziałem czasowym**
- ▶ Dostęp do medium podzielony jest w czasie na szczeliny. Każdy użytkownik ma dla swojej transmisji przydzieloną pewną liczbę szczelin
- ▶ Na przykład (2G) 6 szczelin w pojedynczym kanale częstotliwościowym; każdy użytkownik otrzymuje 2 szczeliny

FDMA - Frequency-Division Multiple Access

- ▶ **Wielodostęp z podziałem częstotliwości**
- ▶ System współdzielenia medium transmisyjnego przez przydział odpowiednich częstotliwości
- ▶ Metoda historycznie najstarsza – stosowana w telefonii analogowej
- ▶ W GSM można spotkać się z hybrydowymi systemami FDMA/TDMA, w których istnieje wielodostęp zarówno częstotliwościowy, jak i czasowy

CDMA - Code Division Multiple Access

- ▶ Zwielokrotniony dostęp do kanału z podziałem kodu
- ▶ Jedna z metod kodowania i dostępu do radiowego medium
- ▶ Wielu użytkowników korzysta równocześnie z tego samego kanału, ale każdy ma przypisaną swoją sekwencję rozpraszającą – odbiornik rozpoznaje transmisję przeznaczoną dla niego

OFDMA - Orthogonal Frequency Division Multiple Access

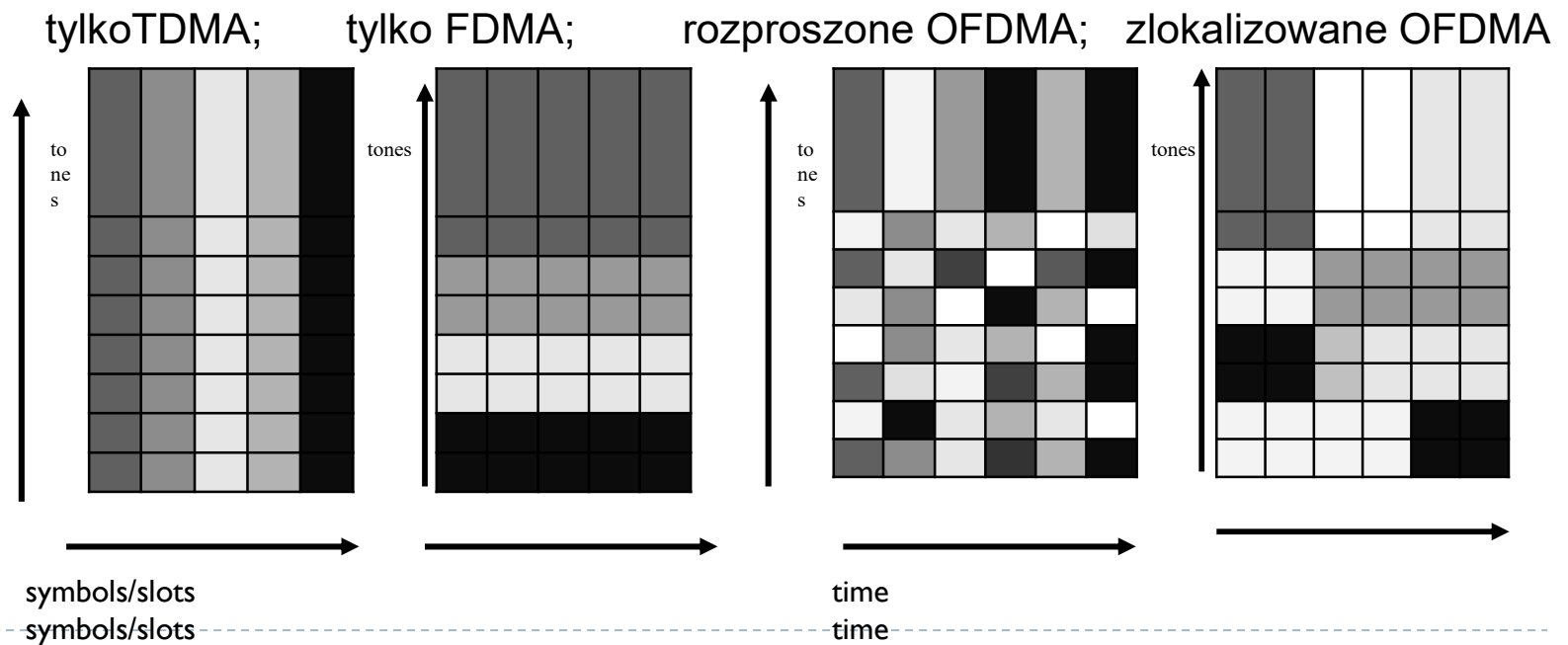
Wielodostęp z ortogonalnym podziałem częstotliwości

- ▶ Metoda modulacji polegająca na jednoczesnej transmisji wielu strumieni danych na ortogonalnych częstotliwościach nośnych
- ▶ Zamiast jednej szybkiej transmisji przesyła się wiele wolnych strumieni
- ▶ Ortogonalność – tak dobiera się nośne, aby transmisje na nich były od siebie całkowicie niezależne i nie występowały przenikania międzykanałowe

Różnice między 3G i 4G

Aż do UMTS (3G) transmisja była (i jest) realizowana w dziedzinie **czasu**. Główną różnicą dla 4G jest realizacja transmisji w dziedzinie **częstotliwości**.

Alokacja zasobów z wielokrotnym dostępem
(Multiple Access resource allocation)



GSM - Global System for Mobile Communications

- ▶ *Pierwotnie skrót pochodził od „Groupe Spécial Mobile”*
- ▶ Była to europejska inicjatywa stworzenia jednego, otwartego standardu telefonii komórkowej (grupę powołano w 1982 r.; inicjatywa dotyczyła EWG)
- ▶ W 1987 r. Rada Europy wydała dyrektywę, na skutek której wszystkie kraje na obszarze ówczesnej wspólnoty zarezerwowały pasma częstotliwości 890–915 i 935–960 MHz dla potrzeb nowego systemu łączności mobilnej 2G, w tym samym roku 15 operatorów z 13 krajów zobowiązało się do zaimplementowania technologii GSM

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

- ▶ Następca standardu GSM (rozwijany przez tę samą grupę **3GPP – 3rd Generation Partnership Project**) – najpopularniejszy standard dla trzeciej generacji telekomunikacji mobilnej
- ▶ Jego częścią są standardy technologii HSPA (*High Speed Packet Access*) - (HSDPA i HSUPA), które powstały w oparciu o WCDMA
- ▶ **Nazwy „sieci UMTS” i „sieci „WCDMA” często używane są wymiennie**

WCDMA - Wideband Code Division Multiple Access

- ▶ Specyfikacja opublikowana w 1999r., zakładała osiągnięcie przepływności 2 Mb/s (*nigdy nie została osiągnięta*); wdrażano opcję 384 Kb/s
- ▶ Dopiero zastosowanie techniki HSPA pozwala (przynajmniej teoretycznie) na 21,6 Mb/s w wiązce w dół (HSDPA) i 5,6 Mb/s w górę (HSUPA)
- ▶ WCDMA rozpraszanie transmisji następuje na znacznie szersze pasmo (ok. 5 MHz) niż w CDMA

WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access

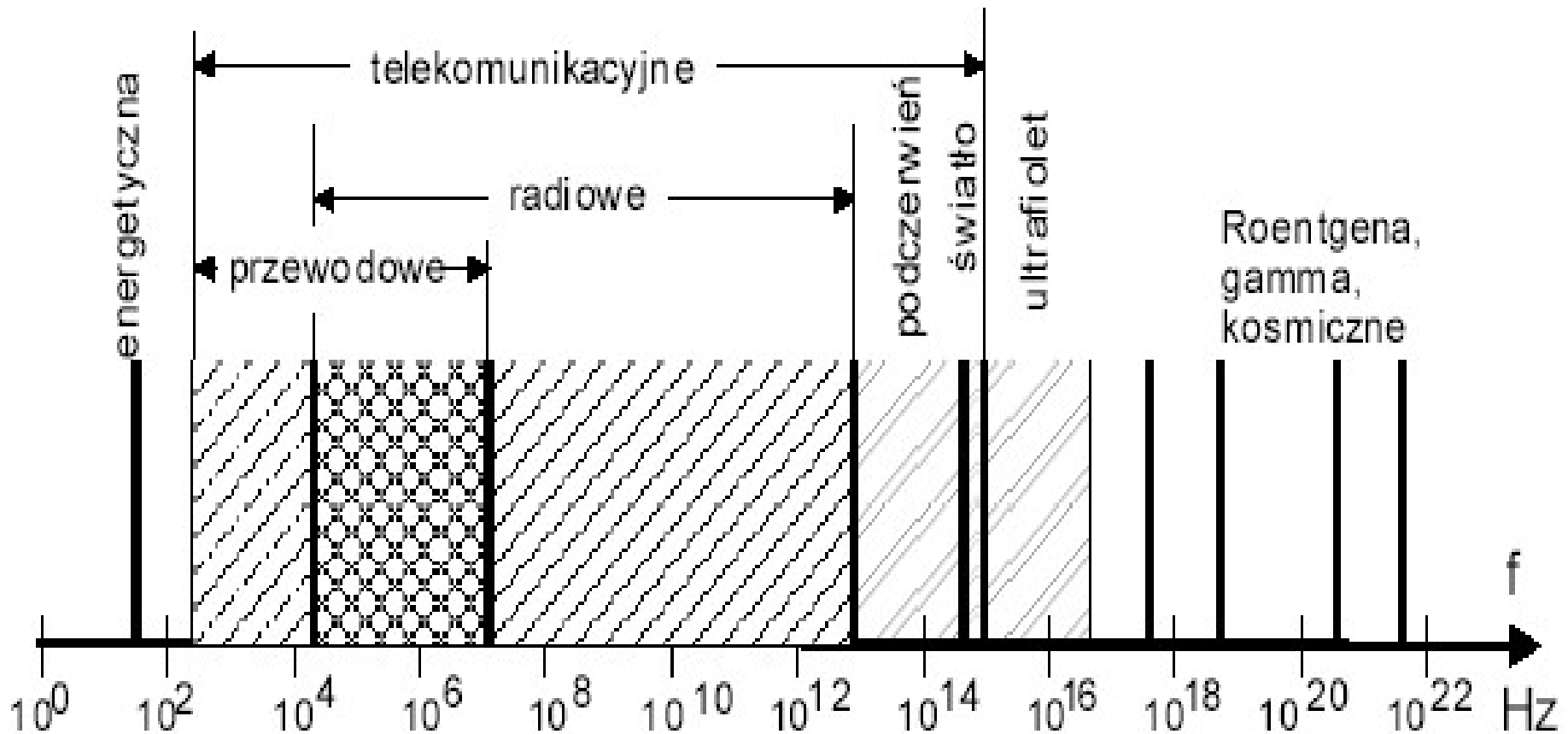
- ▶ Technika bezprzewodowej, radiowej transmisji danych, oparta na standardach IEEE 802.16; pasmo częstotliwości od 2 do 11 GHz (od IEEE 802.16a)
- ▶ Technologia WiMAX jest głównie nastawiona na przenoszenie danych i wykorzystywana do świadczenia usług szerokopasmowego, bezprzewodowego dostępu do internetu.
- ▶ IEEE 802.16m-2011 – Mobile WiMAX Release 2 umożliwia osiągnięcie transferu nawet do 1 Gbit/s dla połączeń stacjonarnych oraz do 100 Mbit/s dla połączeń mobilnych.

LTE - Long Term Evolution

- ▶ Wiązka w dół – OFDM
- ▶ Wiązka w górę – SC-FDMA (Single Carrier – Frequency Division Multiple Access)
- ▶ Częstotliwości obsługiwane w Europie: 800, 900, 1800, 2100, 2600, 3400, 3600 Mhz
- ▶ Obecnie w Polsce 1800, 2100, 2600MHz – wszyscy operatorzy; 800, 900, 2600 - poszczególni

Rodzaj fali	Długość fali [m]	Częstotliwość [Hz]
Radiowe	$> 10^{-4}$	$< 3 \cdot 10^{12}$
Podczerwień	$5 \cdot 10^{-4} \div 8 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{11} \div 3,7 \cdot 10^{14}$
Światło widzialne	$8 \cdot 10^{-7} \div 4 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{14} \div 7,5 \cdot 10^{14}$
Ultrafiolet	$4 \cdot 10^{-7} \div 10^{-9}$ 7,5	$10^{14} \div 3 \cdot 10^{17}$
Promienie Roentgena	$10^{-9} \div 6 \cdot 10^{-12}$	$1,5 \cdot 10^{17} \div 5 \cdot 10^{19}$
Promienie Gamma	$< 10^{-10}$	$> 10^{18}$

Fale elektromagnetyczne



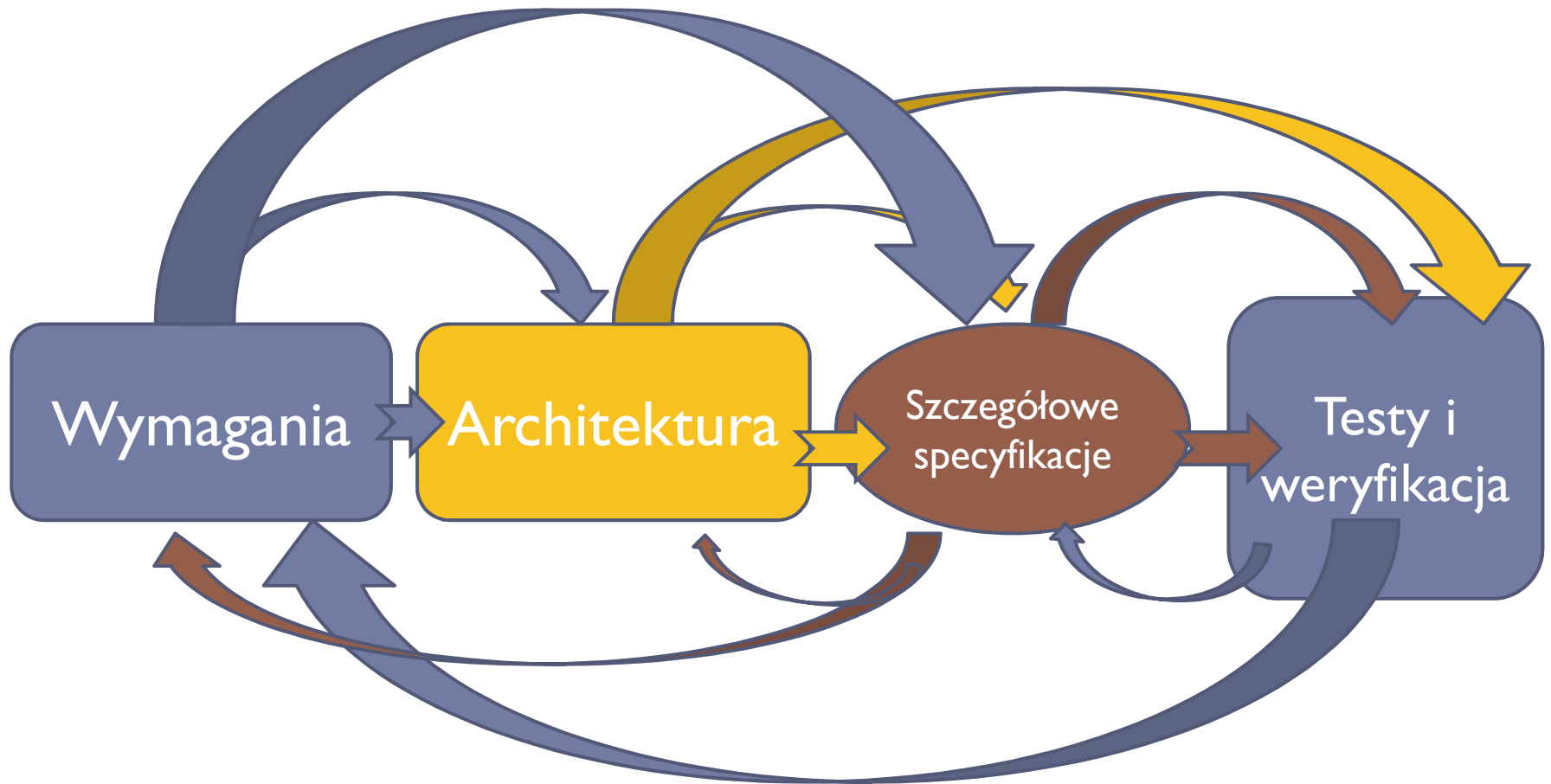
Rozwój technologii – kolejne wydania zaleceń

- ▶ **3GPP** (*3rd Generation Partnership Project*) – UMOWA O WSPÓŁPRACY pomiędzy Organizacjami Rozwijającymi Standardy (*Standards Development Organizations* – **SDOs**), jak ETSI (Europa), ATIS (USA), TTA (Korea), TTC (Japonia), CCSA (Chiny) + trochę biznesu z 1998r.; w zasadzie z celem opracowania globalnych standardów dla 3G, *historia potoczyła się trochę inaczej...*
- ▶ 3GPP opracowuje i utrzymuje techniczne specyfikacje i raporty dla kolejnych technologii bezprzewodowych w formie kolejno numerowanych „Release”

Przejrzymy matrycę kolejnych specyfikacji...



Iteracyjny proces standaryzacji



Kolejne kamienie milowe w Release i nowości

- ▶ 2000 – Release 99 (**3G UMTS**)
- ▶ 2001 – Release 4 (**UMTS Enhancements**)
- ▶ 2002 – Release 5 (**HSDPA**)
- ▶ 2004 – Release 6 (**HSUPA, MBMS**)
- ▶ 2007 – Release 7 (**HSPA, MIMO...**)
- ▶ 2008 – Release 8 (**UMTS – HSPA Dual Carrier**)
- ▶ 2009 – Release 9 (**LTE/SAE Long Term Evolution/ System Architecture Evolution**)

c.d. Release

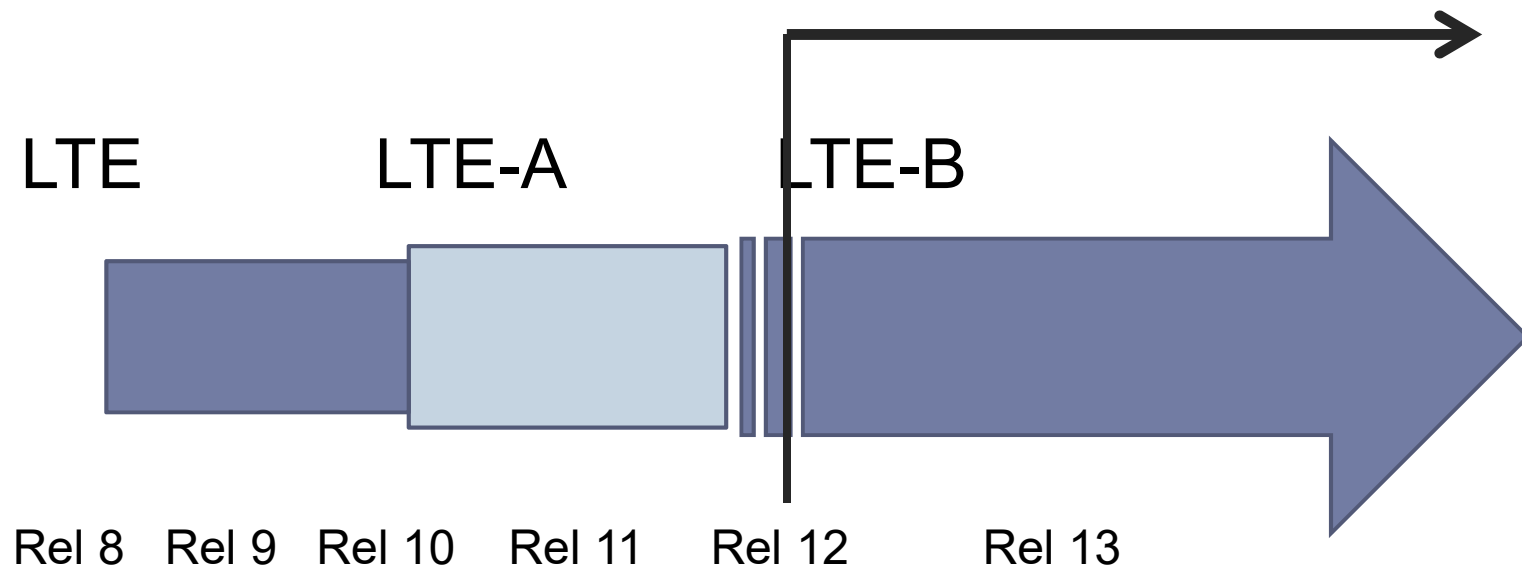
- ▶ 2011 – Release 10 (czerwiec) - Introduction of LTE-Advanced
- ▶ 2013 – Release 11 (czerwiec) – Carrier Aggregation; IPv6 Migration; IMS based Peer-to-Peer Content Distribution Services
- ▶ 2014 – Release 12 (grudzień) – Codec for Enhanced Voice Services; Service Continuity of IP Data Session...
- ▶ **PROSZĘ UZUPEŁNIĆ O NAJNOWSZE.....**

UMTS-UTRAN

- ▶ Pierwsze standardy były w Release 99; **ostatnie (zamrożenie) w R9 – grudzień 2009**
- ▶ W R5 dodano HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*)
- ▶ W R6 HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*)
- ▶ Od R7 wprowadzane do HSPA rozszerzenia przyniosły nazwę eHSPA (*Evolved HSPA*), albo HSPA+

Obecne prace standaryzacyjne

Dalszy rozwój;
- Release 12 i dalej...



Systemy 4G dzisiaj:

- ▶ Na koniec 2013 zarejestrowanych było 6,7 miliarda użytkowników urządzeń mobilnych (niektórzy mają po kilka urządzeń).
- ▶ W 2018 ponad 1,6 miliarda 4G, w 2021- 4,8 mld 4G przy ponad 8 mld ogółem
- ▶ W drugim kwartale 2021 roku, 5G wyprzedziło 4G jako technologię z największą liczbą przyrostu nowych abonentów na świecie
- ▶ Aktualne wdrożenia LTE oparte są w większości o 3GPP Release 8 oraz Release 9 (czyli – o pierwsze specyfikacje systemu...) 200 milionów użytkowników do 2013r.

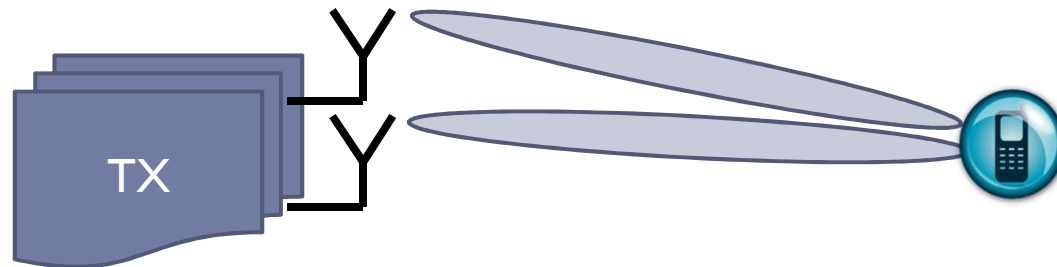
MBMS - Multimedia Broadcast Multicast Services (po raz pierwszy w Rel.6)

- ▶ Specyfikacja interfejsu typu „jeden punkt nadaje – wiele punktów odbiera” (*point-to-multipoint*)
- ▶ Cel: w zastosowaniach mobilnej TV i mobilnego radia, komunikatów (np. alarmów w przypadku zagrożeń lub katastrof)
- ▶ Wersja aktualizowana – np. styczeń 2013: Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Protocols and codecs (3GPP TS 26.346 version 11.3.0 Release 11)

MIMO - Multiple Input, Multiple Output

(po raz pierwszy w Rel 7)

- ▶ Technologia pozwalająca na wieloantenową transmisję (zarówno po stronie nadawczej, jak i odbiorczej) *spatial multiplexing*
- ▶ Release 7 – 2 x 2 MIMO
- ▶ Release 8 – 2 x MIMO + 64 QAM



Modulacja QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*)

- ▶ **modulacja amplitudowo-fazowa kwadraturowa**
- ▶ Cyfrowe dane dzielone są na dwa strumienie, każdy z nich przekształcany jest na sygnał analogowy. Jeden z sygnałów mnożony jest przez nośną, drugi przez nośną przesuniętą w fazie o $\pi/2$. Oba sygnały zostają zsumowane i wysyłane jako pojedynczy sygnał QAM.
- ▶ W odbiorniku sygnały są rozdzielane, dane ekstrahowane i ponownie łączone w oryginalną informację

5G

- ▶ Piąta generacja technologii mobilnej, następująca po 4G/LTE
- ▶ Specyfikacja ITU IMT-2020 podaje następujące parametry:
 - do 20 Gb/s downlink, do 10 Gb/s uplink
 - redukcja opóźnienia możliwa do 1 ms (przeciętnie 4ms)
- ▶ - nawet 1 mln urządzeń na 1 km²
- ▶ - utrzymywanie połączenia do prędkości 500 km/h
- ▶ Proszę poczytać o dodanych pasmach, „kontrowersjach zdrowotnych”, przejrzeć nowe ustalenia

