

Koncepcja systemów 5G w kontekście projektu 7PR UE METIS



Paweł Sroka

Katedra Radiokomunikacji

Politechnika Poznańska



Poznań University of Technology - Chair in Wireless Communications

ul. Polanka 3, 60-965 Poznań, Poland phone: +48.61.6653930, fax: +48.61.6653823

- Wymagania dla systemów 5G
- Koncepcja systemu 5G a struktura projektu
- Tematy horyzontalne
 - Komunikacja bezpośrednia D2D
 - Masowa komunikacja maszyn
 - Sieci ruchome
 - Sieci o bardzo dużym zagęszczeniu
 - Komunikacja o wysokiej niezawodności
- Nowe tematy badawcze
 - Nowy interfejs radiowy
 - Transmisja z wielu węzłów
 - Techniki sieciowe
 - Wykorzystanie widma
- Koncepcja systemu 5G w projekcie METIS

- Wymagania dla systemów 5G:
 - Bardzo duże przepływności użytkowników końcowych
 - Duża pojemność systemu
 - Małe opóźnienia transmisji
 - Efektywniejsze wykorzystanie energii
 - Nowe zastosowania – komunikacja między maszynami (MMC)

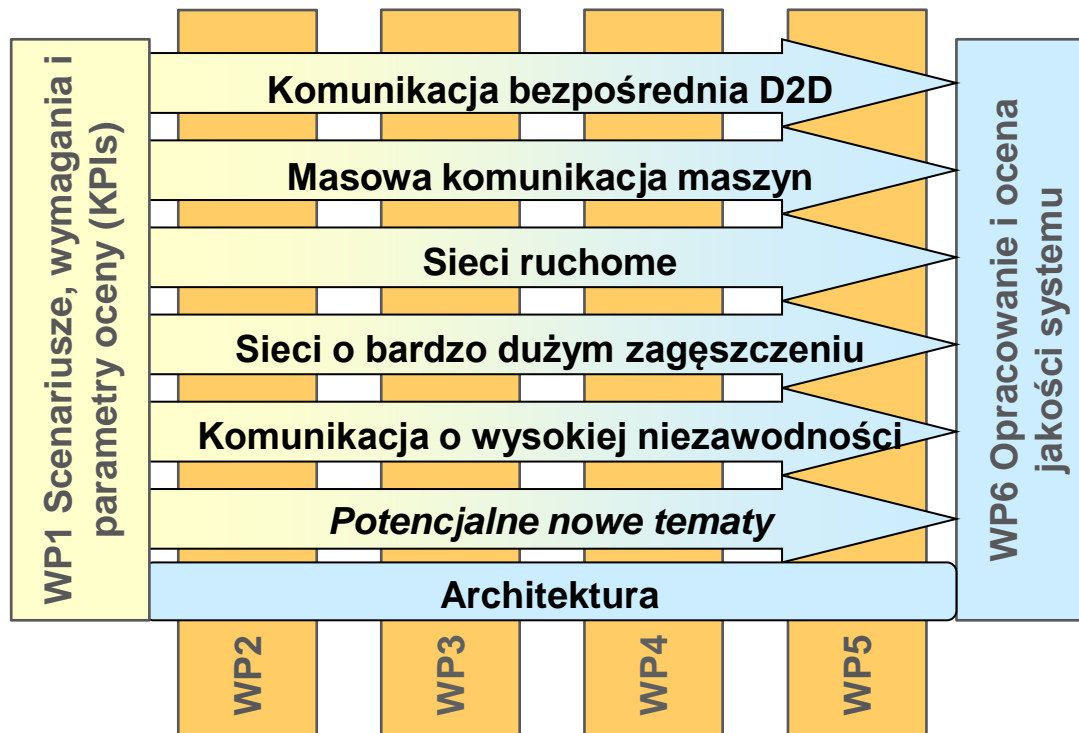
- Cele szczegółowe projektu METIS:
 - 1000 razy większy wolumen przesyłanych danych
 - 10-100 razy większa przepływność użytkowników końcowych
 - 10-100 razy więcej jednocześnie podłączonych urządzeń
 - 10 razy dłuższa praca urządzeń na baterii
 - 5 razy mniejsze opóźnienia transmisji danych

przy kosztach i zużyciu energii zbliżonym do obecnych systemów

Koncepcja systemu 5G a struktura projektu



- Koncepcja systemu 5G w projekcie METIS zakłada występowanie tzw. tematów horyzontalnych opisujących poszczególne części systemu



D2D

Komunikacja bezpośrednia – bez węzłów pośredniczących
Nadzorowana i sterowana przez węzły sieci, np. stacje bazowe
Większe przepływności, efektywne wykorzystanie pasma, zmniejszenie mocy

MMC

Masowa komunikacja maszyn – komunikacja dużej liczby urządzeń, sensorów
Zwykle małe przepływności pojedynczych łączy
Pożądana niski koszt i zużycie energii

MN

Sieci ruchome – komunikacja urządzeń poruszających się lub nomadycznych
Poprawa integracji urządzeń poruszających się z siecią
Komunikacja V2X jako część całego systemu

UDN

Sieci o bardzo dużym zagęszczeniu – bardzo duża liczba węzłów sieci i urządzeń
Różne węzły sieci (sieć heterogeniczna): makro, mikro, piko, femto
Jednoczesne wykorzystanie różnych technik radiowych (2G-5G, WiFi, itp.)

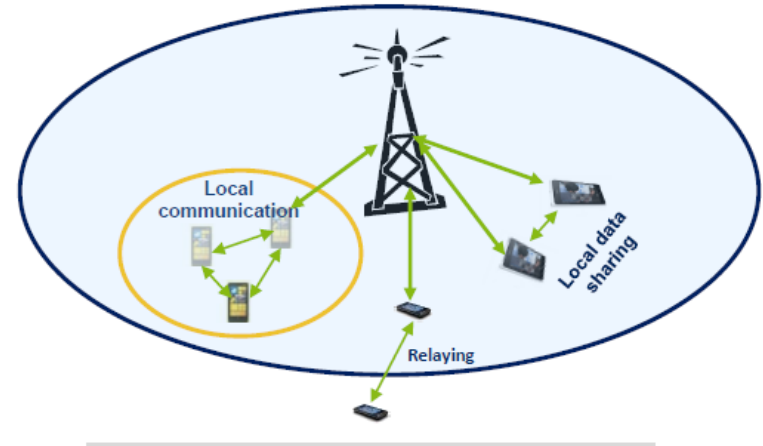
URC

Komunikacja o wysokiej niezawodności – dostępna w każdej sytuacji
Skalowalność i niski koszt stosowanych rozwiązań
Wykorzystywana np. w sytuacjach awaryjnych, telemetrii, itp..

Komunikacja bezpośrednia D2D



- Elastyczny interfejs komunikacyjny TDD
- Wykrywanie możliwości komunikacji bezpośredniej między urządzeniami
- Wybór trybu transmisji na podstawie dodatkowych informacji:
 - Na podstawie CSI
 - Na podstawie lokalizacji
 - Łącznie z rozdziałem zasobów
- Minimalizacja interferencji w D2D
- Zapewnienie mobilności
- Wykorzystanie przekaźników w D2D
- Wykrywanie i współdzielenie pasma w komunikacji bezpośredniej



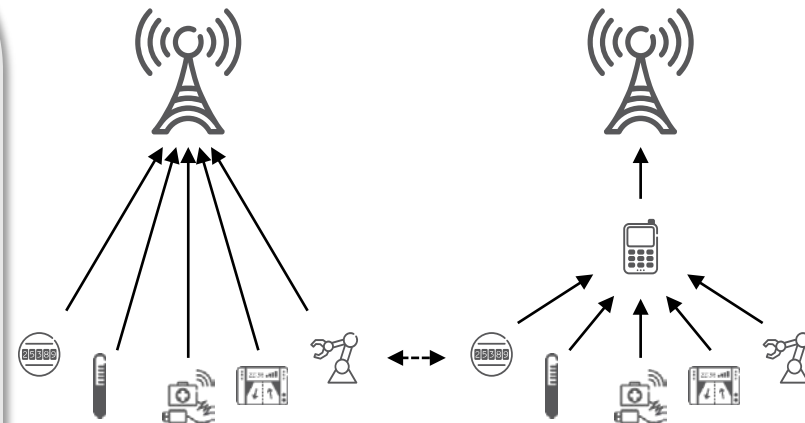
Realizowane cele

	1000x większy wolumin danych
	10-100x większa przepływność
	10-100x więcej urządzeń
	10x dłuższa praca baterii
	5x mniejsze opóźnienia
	Niski koszt i zużycie energii

Masowa komunikacja maszyn (MMC)



- Dostęp zsynchronizowany w czasie
- Dwa sposoby dostępu do medium: współzawodnictwo lub rezerwacja pasma
- Wspólny interfejs komunikacyjny dla wszystkich technik radiowych
- Transmisja możliwa w dwóch trybach
 - Bez zestawiania stałych połączeń (tzw. connectionless)
 - Z utrzymaniem stałych połączeń
- Transmisja w trybie półdupleksowym dla urządzeń o małym koszcie
- Przetwarzanie zorientowane na urządzenie - większa mobilność



Realizowane cele

1000x większy wolumin danych

10-100x większa przepływność

10-100x więcej urządzeń

10x dłuższa praca baterii

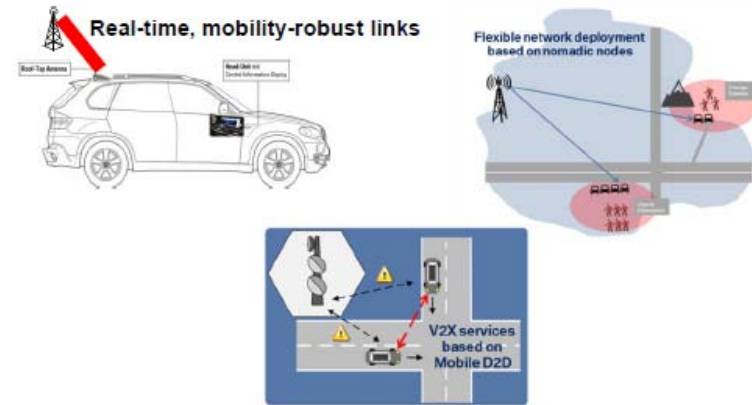
5x mniejsze opóźnienia

Niski koszt i zużycie energii

Sieci ruchome (MN)



- MN-M – transmisja danych o dużych przepływnościach w sieci ruchomej
 - Optymalizacja przenoszenia połączeń
 - Identyfikacja i predykcja dostępności pasma
 - Zapewnienie łącza o wysokiej niezawodności
- MN-N – elastyczne tworzenie nomadycznych węzłów sieci
 - Aktywacja/deaktywacja węzłów sieci
 - Dynamiczna minimalizacja interferencji
 - Udoskonalenie łącza dosyłowego
- MN-V – komunikacja typu V2X
 - Zoptymalizowane przenoszenie połączeń
 - Nowe metody dostępowe i estymacja kanału w celu zmniejszenia opóźnień
 - D2D sterowane przez sieć lub ad-hoc



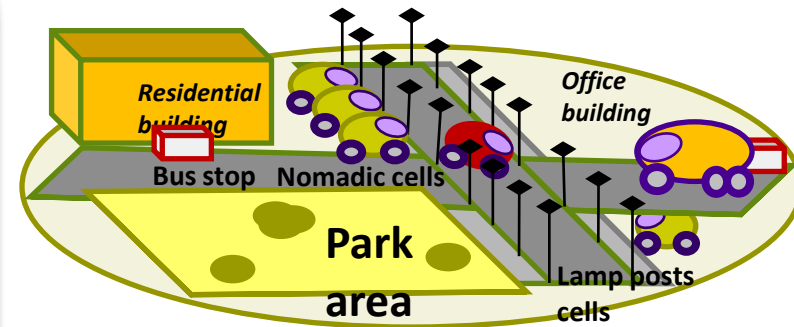
Realizowane cele

	1000x większy wolumin danych
	10-100x większa przepływność
	10-100x więcej urządzeń
	10x dłuższa praca baterii
	5x mniejsze opóźnienia
	Niski koszt i zużycie energii

Sieci o bardzo dużym zagęszczeniu (UDN)



- Nowy zoptymalizowany interfejs komunikacyjny powstały na bazie OFDM i dupleksu czasowego (TDD):
 - Elastyczny przydział pasma dla częstotliwości od kilku do kilkudziesięciu GHz
 - Elastyczny podział pasma dla łącza w górę i w dół w czasie
 - Krótkie szczeliny czasowe – małe opóźnienia
- Integracja małych komórek w systemie
 - Szybkie włączanie/wyłączanie węzłów
 - Tworzenie klastrów koordynacji
- Bezprzewodowe łącze dosyłowe i wykorzystanie kodowania sieciowego
- Wykorzystanie stacji makro do transmisji sygnałów sterujących



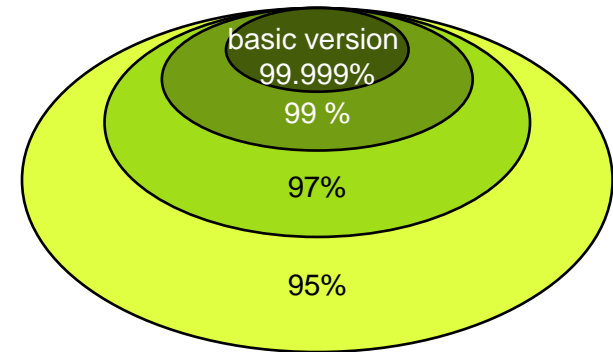
Realizowane cele

	1000x większy wolumin danych
	10-100x większa przepływność
	10-100x więcej urządzeń
	10x dłuższa praca baterii
	5x mniejsze opóźnienia
	Niski koszt i zużycie energii

Komunikacja o wysokiej niezawodności (URC)



- Wykorzystanie wielu technik radiowych (tzw. Multi-RAT)
- URC-L - niezawodność długookresowa:
 - Wykorzystanie bardzo dużej liczby anten (massive MIMO)
 - Koordynacja węzłów (CoMP)
 - Zagęszczenie rozmieszczenia węzłów sieci
- URC-S – niezawodność krótkookresowa
 - Zastosowanie technik wykorzystujących terminy (deadlines), np. HARQ
 - Zastosowanie priorytetów usług nawet w warstwie fizycznej
- URC-E – niezawodność dla celów awaryjnych
 - Zastosowanie D2D oraz przekaźników
 - Węzły nomadyczne



Realizowane cele

1000x większy wolumin danych

10-100x większa przepływność

10-100x więcej urządzeń

10x dłuższa praca baterii

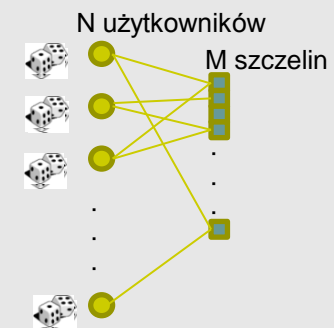
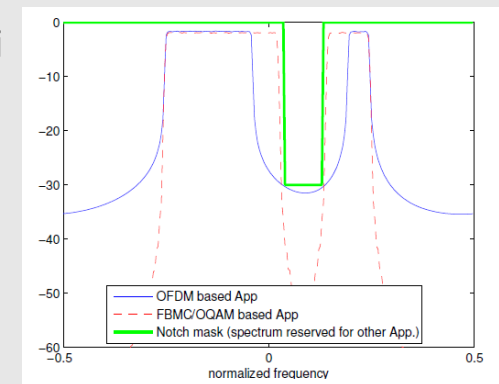
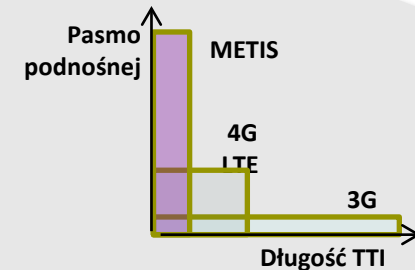
5x mniejsze opóźnienia

Niski koszt i zużycie energii

Nowy interfejs radiowy



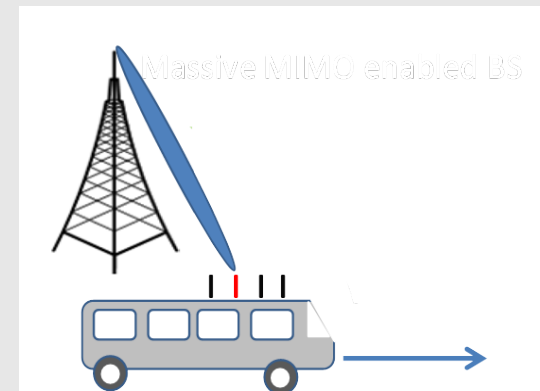
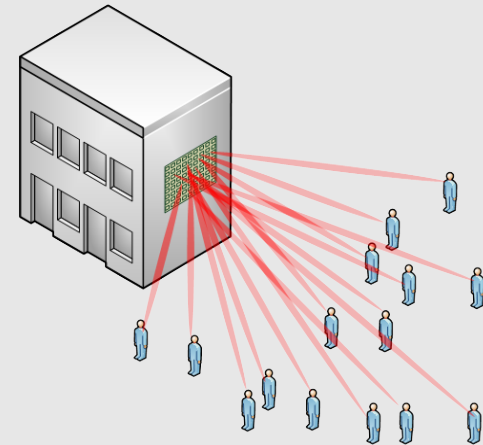
- Elastyczność i małe opóźnienia w warstwie fizycznej – zastosowanie TDD i krótkich szczelin czasowych
- Modułacja Filtered Multi-Tone (FMT):
 - Możliwy podział pasma na rozdzielone fragmenty dzięki dobrym własnościom widmowym
 - Pozwala na współdzielenie pasma przez różne usługi
 - Dwie kandydaty:
 - Filter bank based multi-carrier (FBMC)
 - Universal filtered multi-carrier (UFMC)
- Dostęp do medium ze współzawodnictwem:
 - Bezpośredni dostęp losowy – mało informacji sterujących
 - Losowa wielokrotna transmisja tych samych danych – unikanie kolizji dzięki sukcesywnemu usuwaniu interferencji (SIC)
 - Detekcja użytkowników metodą oszczędnego próbkowania



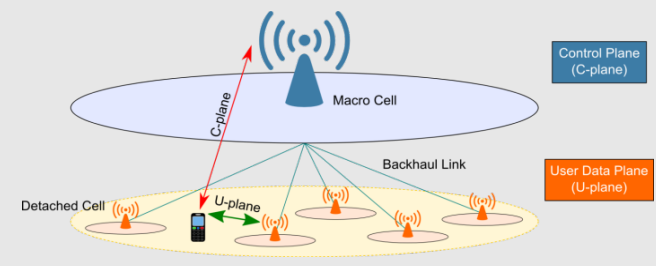
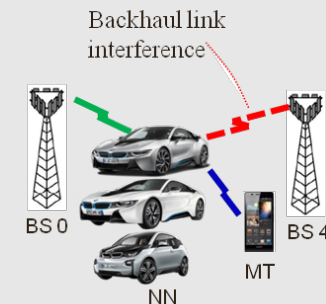
Techniki wieloantenowe (MIMO) wielkiej skali



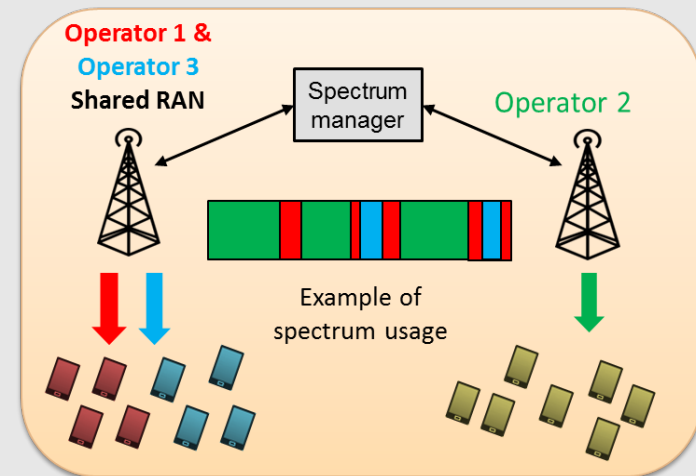
- Techniki wieloantenowe (MIMO):
 - Konfiguracja i dobór anten z uwzględnieniem warunków środowiskowych i możliwości transmisyjnych
 - Modyfikacja technik MIMO w zależności od zastosowanych nowych technik transmisji radiowej
 - Techniki MIMO wielkiej skali (tzw. massive MIMO) – wykorzystanie pasma fal milimetrowych
 - Zastosowanie technik formowania wiązki (beamforming) zapewniających bardzo wąską charakterystykę promieniowania – możliwe dla wysokich częstotliwości
 - Zastosowanie anten predykcyjnych dla estymacji charakterystyki szybkozmiennych kanałów transmisyjnych



- Nomadyczne punkty dostępowe:
 - Ruchomy punkt dostępowy o małej mocy (np. na samochodzie)
 - Pozwala zwiększyć zasięg sieci lub jej pojemność zależnie od umiejscowienia
 - Dostęp do węzła na żądanie – węzeł nomadyczny może być przez większość czasu nieaktywny
- Komórki wirtualne (phantom cells):
 - Wspólny obszar obejmujący komórkę makro oraz małe komórki pracujące w innym paśmie częstotliwości
 - Rozdzielenie warstwy informacji sterujących i warstwy transmisji danych
 - Informacje sterujące przesyłane od stacji makro
 - Transmisja danych realizowana w małych komórkach

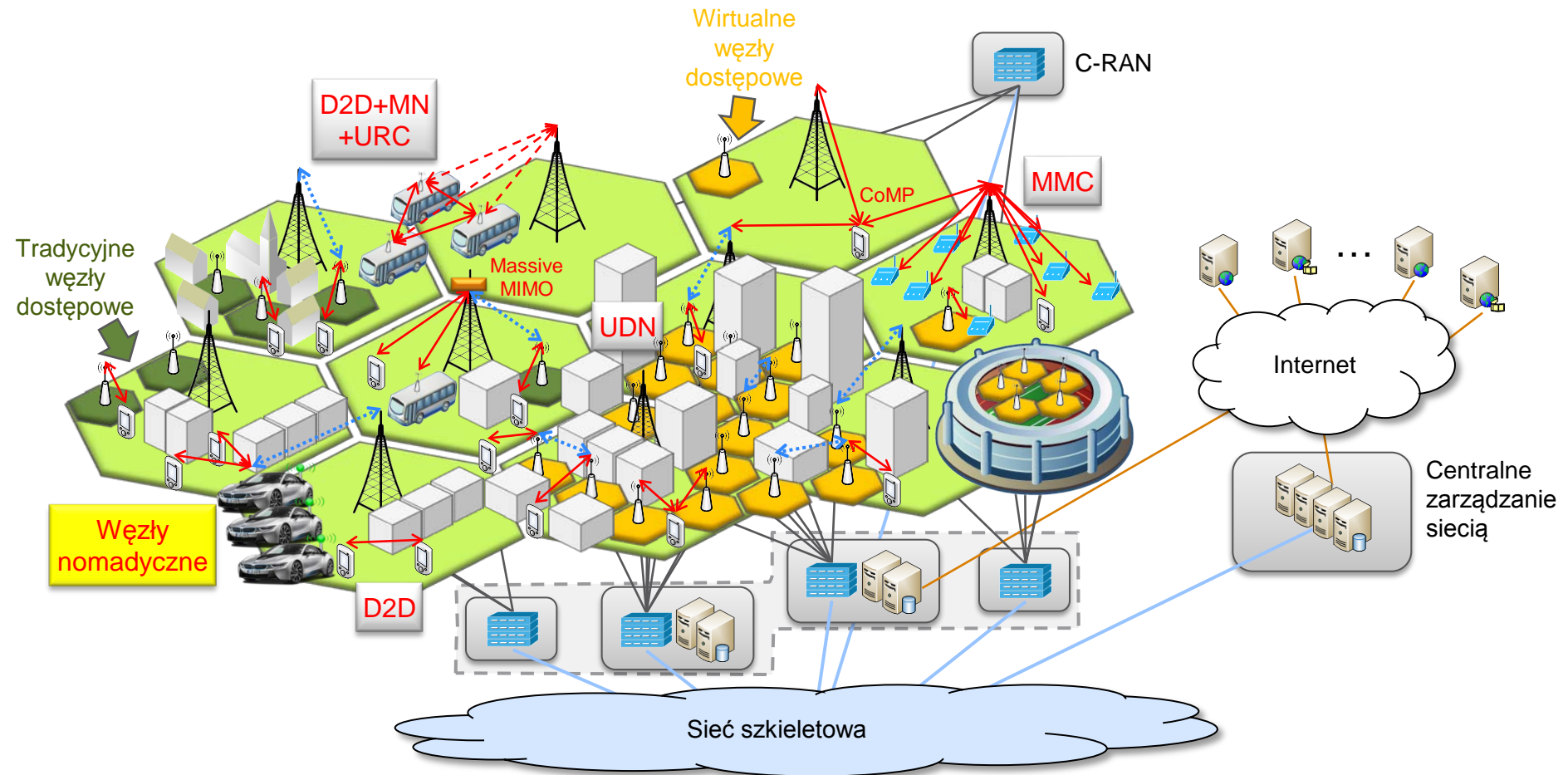


- Metody zarządzania przydziałem pasma na bazie ontologii
- Dostępne różne fragmenty pasma z różnymi regulacjami prawnymi (pasma licencjonowane, nalicencjonowane, współdzielone)
- Wykorzystanie dedykowanego pasma dla systemu 5G
- Dodatkowo kontrolowane współdzielenie pasma między dostawcami usług w następujących trybach:
 - Ograniczona pula pasma
 - Wzajemne użyczenie
 - Koezystencja pionowa
 - Nalicencjonowana koezystencja pozioma



- Dynamiczna i adaptacyjna sieć radiowa (RAN):
 - Wykorzystanie wielu technik transmisji radiowej (Multi-RAT)
 - Sieć wielowarstwowa (heterogeniczna)
 - Sieć o bardzo dużym zagęszczeniu
 - Wykorzystanie ruchomych węzłów nomadycznych
 - Transmisja bezpośrednia D2D jako element systemu 5G
 - Elastyczny interfejs radiowy dla komunikacji MMC
 - Efektywne wykorzystanie dostępnego pasma, w tym również fal milimetrowych
 - Zastosowanie technik MIMO wielkiej skali
 - Nowy interfejs radiowy TDD:
 - Efektywny energetycznie (FMT)
 - O małych opóźnieniach (krótka szczelina czasowa)

Konceptcja systemu 5G



- <https://www.metis2020.com/>
- Afif Osseiran i in., „The foundation of the Mobile and Wireless Communications System for 2020 and beyond”, IEEE Communications Magazine, Maj 2014

The foundation of the Mobile and Wireless Communications System for 2020 and beyond

Challenges, Enablers and Technology Solutions

Afif Osseiran¹, Volker Braun¹, Taoka Hidekazu^{#1}, Patrick Marsch², Hans Schotten², Hugo Tullberg³, Mikko A. Uusitalo⁴ and Malte Schellmann⁵

¹Ericsson, ²Alcatel-Lucent, ³DOCOMO Euro-Labs, ⁴Nokia Siemens Networks, ⁵University of Kaiserslautern, [#]Nokia, ¹Huawei

Abstract— In 2020, mobile and wireless traffic volume is expected to increase thousand-fold over 2010 figures. Moreover, an increase in the number of wirelessly-connected devices to counts in the tens of billions will have a profound impact on society. Massive machine communication, forming the basis for the Internet of Things, will make our everyday life more efficient, comfortable and safer, through a wide range of applications including traffic safety and medical services. The variety of applications and data traffic types will be significantly larger than today, and will result in more diverse requirements on services, devices and networks. METIS is set up by leading global players to prepare the migration towards tomorrow's multi-purpose global communication infrastructure, serving humans and things. The main objective of METIS is to lay the foundation for this future global mobile and wireless communications system, and to generate a global consensus here. In particular, METIS will provide new solutions which fit the needs beyond 2020.

Keywords—Future Mobile and Wireless Communication System, Connected Devices, Device-to-device communication, Massive Machine Communications, Ultra-dense Networks, Moving Networks, Ultra-reliable Communications

I. INTRODUCTION

Societal development will lead to changes in the way mobile and wireless communication systems are used. Essential services such as e-banking, e-learning and e-health will continue to proliferate and become more mobile. On-demand information and entertainment will be delivered over mobile and wireless communication systems. The wirelessly connected Internet of Things will make our everyday life more efficient, comfortable and safer. As shown in Fig. 1, the societal development will lead to an avalanche of mobile and wireless traffic volume, predicted to increase a thousand-fold

communicating machines. There are forecasts of a total of 50 billion connected devices [5] by 2020.

The coexistence of human-centric and machine-type applications will lead to a large diversity of communication characteristics imposing different requirements on mobile and wireless communication systems, e.g. in terms of cost, complexity, energy dissipation, and service requirements. As a particular example, it is expected that the uptake of machine communications in many fields such as healthcare, security, logistics, automotive applications etc. will pose far higher reliability requirements on connectivity than communication does today. In terms of quality of service, a future mobile and wireless communication system must support a wide range of user data rates. For example, it must provide multi-Gbps data rates in specific scenarios, be able to guarantee tens of Mbps data rates with very high availability and reliability, and also be able to provide low data rates for machine-type communication in a cost-efficient and energy-efficient manner.

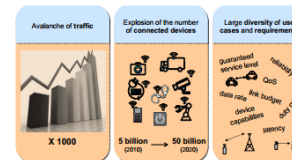


Figure 1. Forecast for the development of communication and connectivity needs in the next 10 years.