



CENTRUM DOSKONAŁOŚCI WICOMM
INŻYNIERIA SYSTEMÓW KOMUNIKACJI BEZPRZEWODOWEJ



Wybór **profilu** a praktyczne aspekty projektowania urządzeń i systemów bezprzewodowych

dr inż. Łukasz Kulas,

Gdańsk, 20.11.2018 r.


Katedra Inżynierii Mikrofalowej i Antenowej (1)

- Katedra funkcjonuje jako część Wydziału ETI – nieprzerwanie od 1950 roku
- Obszar działalności Katedry:
 - Elektrodynamika obliczeniowa, CAD, teoria pola,
 - Projektowanie: filtrów, anten, obwodów oraz urządzeń RF
 - Bezprzewodowe systemy wbudowane dla IoT, M2M, RFID, Industry 4.0, ...
- Wewnątrz Katedry działają:
 - WiComm Center of Excellence (od 2004 r.) – obszar bezprzewodowych systemów wbudowanych
 - GPU Research Center for Computational Electromagnetics and Photonics (od 2012 r.)
- Skład osobowy KIMiA to:
 - Prof. Michał Mrozowski – Kierownik Katedry/WiComm CoE/GPU RC, członek Polskiej Akademii Nauk, Fellow IEEE, ekspert IEEE
 - 3 profesorów, 5 adiunktów/wykladowców, 6 post-doc-ów,
 - 25 inżynierów (zatrudnionych w projektach B+R)


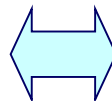
Katedra Inżynierii Mikrofalowej i Antenowej (2)

- Pracownicy Katedry:
 - Napisali ponad 250 artykułów w czasopismach naukowych z wysokim IF (ang. Impact Factor),
 - Są obecni na najważniejszych sympozjach i konferencjach branżowych,
 - Uzyskali wiele prestiżowych krajowych i międzynarodowych nagród,
 - Opracowali wiele patentów i rozwiązań innowacyjnych – wdrożonych w przemyśle,
 - Są rozpoznawani w Polsce na świecie,
- Projekty realizowane obecnie w Katedrze obejmują:
 - 4 projekty krajowe Narodowego Centrum Nauki (zaawansowane prace naukowe)
 - 1 projekt (EDISON) ufundowany przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej (zaawansowane prace naukowe i komercjalizacja wyników)
 - 5 projektów (ENABLE-S3, SCOTT, Productive 4.0, AFarCloud, SECREDAS) w mechanizmie Horyzont 2020 (tworzenie zaawansowanych technologicznie rozwiązań dla firm UE)
- **Całkowity budżet KIMiA/WiComm 2019-2021 to ok. 4M €**

Struktura organizacyjna: CD WiComm a Katedra Inżynierii Mikrofalowej i Antenowej



- **Kształcenie studentów**
- Badania naukowe na poziomie światowym
- Projekty naukowe i badawczo-rozwojowe



- Stała współpraca z blisko 50 firmami (także z UE)
- Prace mające na celu opracowanie nowych produktów i usług
- **Projekty B+R i komercyjne**

Organizacja kształcenia w ramach profilu dyplomowania i specjalności Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej

Wsparcie procesu kształcenia:

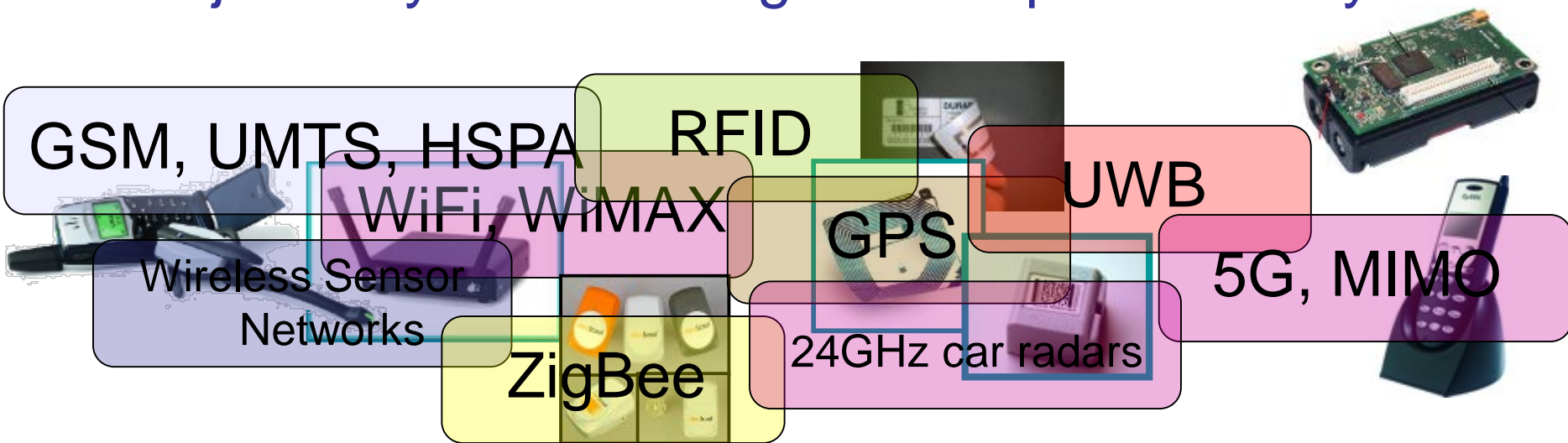
- finansowanie projektów studenckich
- wsparcie doświadczonych inżynierów

W latach 2011-2015 roku Centrum Doskonałości WiComm przebadalo potrzeby współpracujących firm (50 firm zatrudniających ok. 10 000 pracowników) w zakresie wymaganych kompetencji absolwentów związanych z projektowaniem urządzeń i systemów dla komunikacji bezprzewodowej

W rezultacie KIMiA gruntownie zmodernizowała program kształcenia dla profilu i specjalności Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej – dzięki temu absolwenci posiadają kompetencje pożądane przez firmy

Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej

To tworzenie systemów i urządzeń opartych na najnowszych technologiach bezprzewodowych



Oczekiwania pracodawców to obecnie konkretne umiejętności praktyczne, a nie jedynie wiedza teoretyczna.

Protokoły komunikacji

Konfiguracja urządzeń w systemie bezprzewodowym

Programowanie układów

Integracja systemów

Projektowanie układów i anten

Podstawowy wyróżnik absolwentów KIMiA

Czy projektowanie wbudowanego układu bezprzewodowego wymaga od inżyniera specjalnej wiedzy lub „wyczucia RF” od projektanta?



Projekt zrealizowany przez inżyniera – studenta specjalności IKB

Rezultat: Prototyp działa prawidłowo

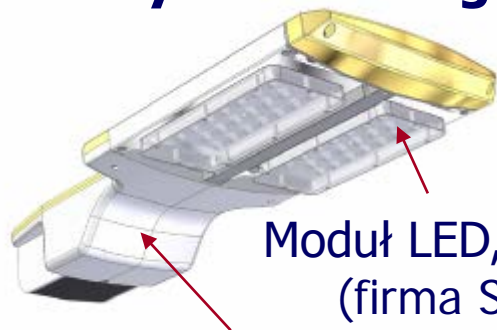


Projekt zrealizowany przez inżyniera nie posiadającego odpowiedniej wiedzy i „wyczucia RF”

Rezultat: moc wyjściowa o 10dB niższa niż powinna, prototypu nie da się poprawić, 180 szt. prototypu do wyrzucenia + dodatkowe koszty przeprojektowania układu...

Zakres wiedzy i umiejętności dla profilu i specjalności IKB – przykładowy zaawansowany projekt WiComm

System inteligentnego oświetlenia LED, inteligentne ulice



Moduł LED, zasilanie
(firma SILED)

Elektronika, system operacyjny, inteligencja,
komunikacja bezprzewodowa (studenci, WiComm)



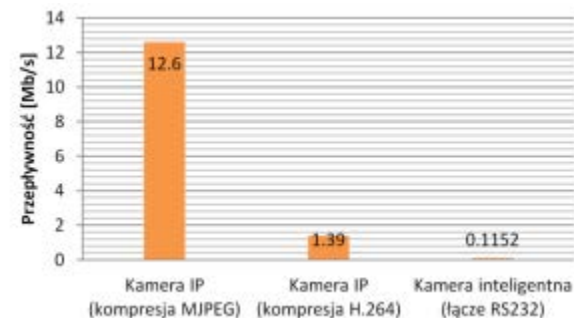
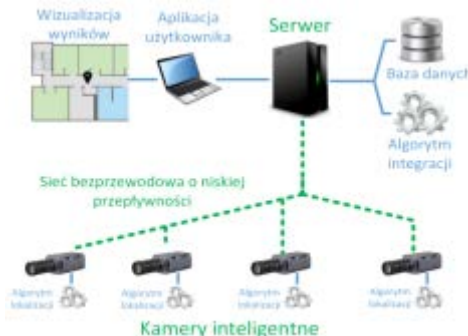
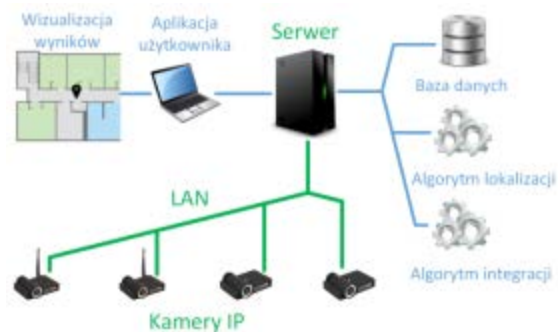
- Opracowywanie kompletnej architektury systemu
- Projektowanie\konstruowanie\wykonywanie urządzeń wbudowanych wykorzystujących „moduły i elementy RF”
- Tworzenie i implementacja oprogramowania wspierającego działanie systemów wbudowanych
- Zarządzanie systemem (m.in. w oparciu o urządzenia mobilne)

Zakres wiedzy i umiejętności dla profilu i specjalności IKB a innowacyjne projekty ICT

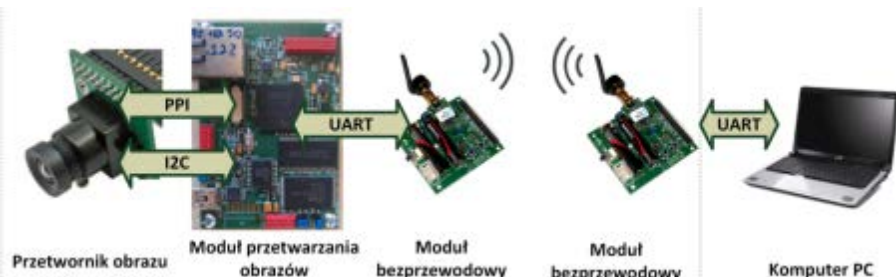
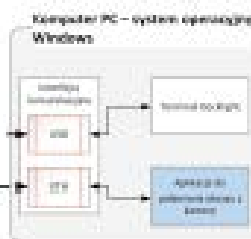
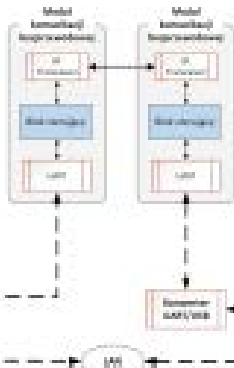
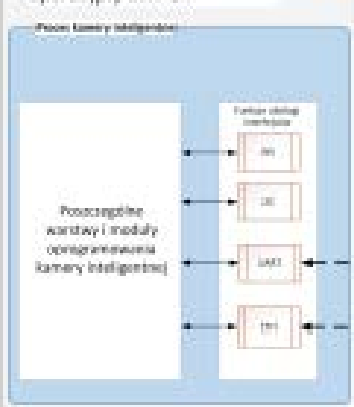
- Dzięki kształceniu w ramach profilu i specjalności IKB studenci pozyskują rozległą wiedzę i kompetencje w zakresie ICT
- Szerokie kompetencje ICT obejmują m.in.:
 - projektowanie komponentów i urządzeń RF oraz anten
 - wytwarzanie kompletnych bezprzewodowych systemów wbudowanych,
 - programowanie urządzeń wbudowanych (np. mikroukłady)
 - projektowanie architektury systemów oraz protokołów komunikacyjnych,
 - tworzenie aplikacji mobilnych,
- Studenci IKB mają możliwości uczestnictwa w realizacji złożonych i innowacyjnych projektów w firmach ICT
- Bardzo często rekrutacja do tego typu projektów odbywa się wśród studentów specjalności IKB jeszcze w trakcie studiów

Zakres wiedzy i umiejętności dla profilu i specjalności IKB – przykładowy projekt magisterski

Programowalna bezprzewodowa kamera inteligentna do zastosowań w systemach lokalizacji wewnątrz budynków

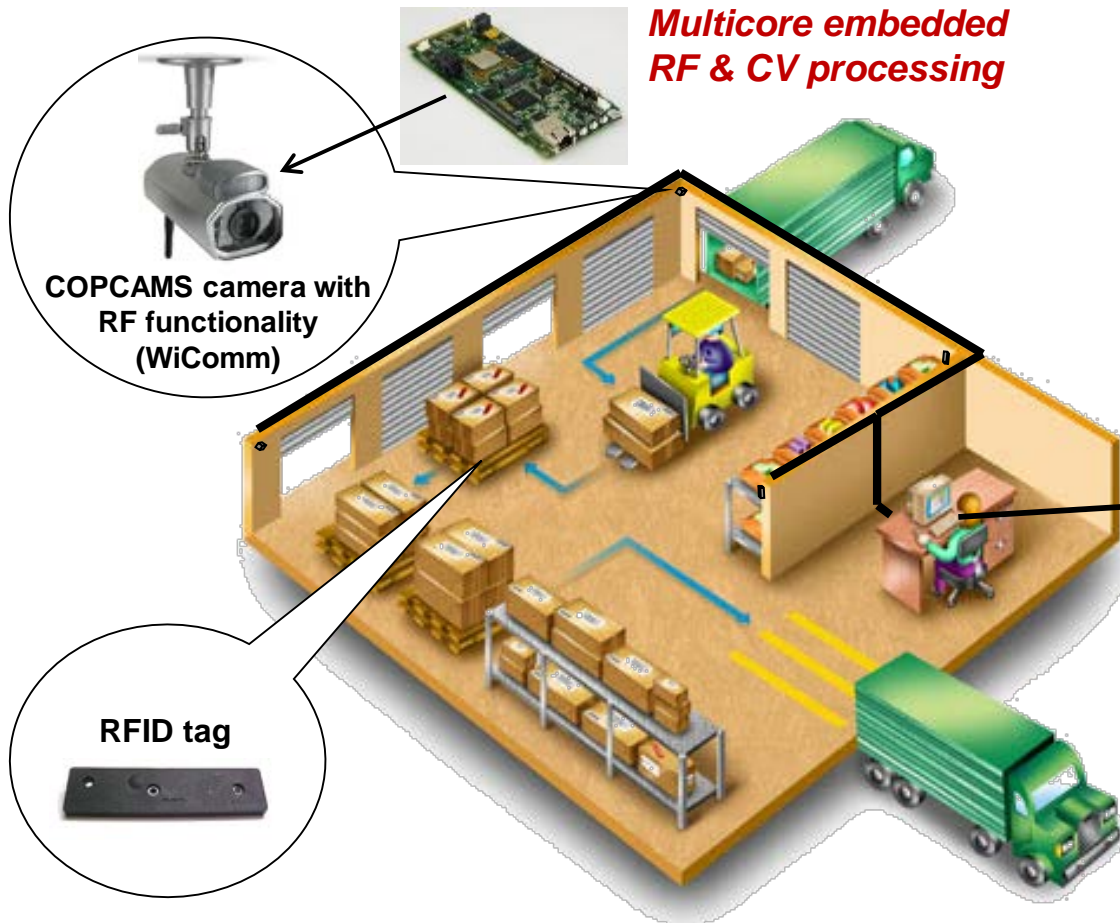


Kamera Inteligentna – system operacyjny uClinux

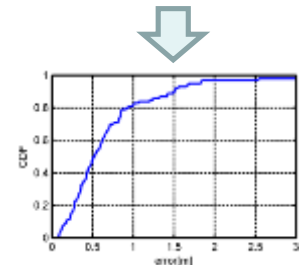
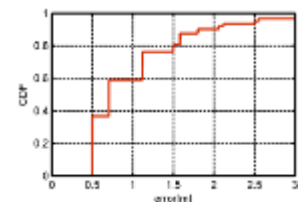
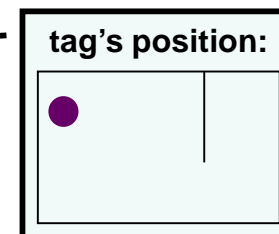


Przykłady innowacyjnego projektu ICT realizowanego przez CD WiComm

COPCAMS - Cognitive and Perceptive Camera Systems budżet ok. 15 mln euro, 21 partnerów z 7 krajów UE (głównie firmy)



- Real time indoor positioning of assets using RF subsystems
- Computer Vision algorithms will increase the overall system's accuracy and reliability
- Video surveillance if necessary



Praktyczne informacje dotyczące specjalności Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej

- Już studenci 4 roku włączani są w projekty komercyjne (zlecone przez firmy współpracujące z CD WiComm)
- Wartość projektów komercyjnych realizowanych w 2010-2015 to ok. 14 mln zł (sprzedaż licencji to dodatkowe 0,8 mln zł)
- W roku akademickim 2013/2014 uruchomiony został **program stypendiów dla studentów specjalności IKB fundowanych przez współpracujące firmy oraz CD WiComm**
- **Od 2015 r. możliwe jest realizowanie pracy dyplomowej zaproponowanej przez firmę współpracującą z KIMiA** – pracownicy KIMiA pełnią wtedy jedynie rolę konsultantów pracy
- Studenci 3, 4 i 5 roku mają możliwość odbycia praktyk w firmach współpracujących z WiComm lub w WiComm
- **W 2019 r. planowane jest uruchomienie możliwości realizacji dyplomu i odbycia praktyk w firmach międzynarodowych współpracujących z WiComm (Airbus, Philips, NXP, ...)**

Program stypendialny KIMiA – najważniejsze elementy

- Program ma na celu wyłonienie utalentowanych studentów i umożliwienie im:
 - realizacji pracy magisterskiej prowadzonej pod kierunkiem specjalistów z firm (i pod opieką konsultanta z KIMiA)
 - zdobycia unikalnych kompetencji istotnych na rynku pracy
 - pobieranie dodatkowego stypendium 😊
- Do programu zapraszane są dynamiczne firmy branży ICT:



- Program jest alternatywą dla „pracy w trakcie studiów”
- Ze względu na preferencje firm od 2016 r. w programie biorą udział **wyłącznie studenci związani z KIMiA**

Przykładowy temat w rzeczywistości



System lokalizowania/śledzenia obiektów w przestrzeni 3D

Katedra Inżynierii Mikrofalowej i Antenowej mwave.eti.pg.gda.pl

Spójna ścieżka edukacji absolwenta specjalności Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej

Wybór strumienia elektronika



Wybór profilu Inżynieria
Mikrofalowa i Antenowa*
INŻ



Wybór specjalności Inżynieria
Komunikacji Bezprzewodowej
MGR

unikalne umiejętności, które są przeważnie niemożliwe do zdobycia z książek, Internetu

podstawowe umiejętności pozwalające na pracę z systemami bezprzewodowymi
**nazwa profilu jest historycznie związana z nazwą Katedry, w 2019 r. nazwa zostanie zmieniona na Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej*

*zaawansowane umiejętności praktyczne pozwalające na **samodzielne tworzenie złożonych wbudowanych systemów bezprzewodowych***

Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej to specjalność dająca kompleksowe wykształcenie oraz **unikalne umiejętności praktyczne** w zakresie projektowania urządzeń i **systemów** dla komunikacji bezprzewodowej

Wykłady, ćwiczenia i laboratoria na profilu Inżynieria Mikrofalowa i Antenowa sem 7.

Anteny w komunikacji bezprzewodowej

Programowanie mikroukładów komunikacyjnych

Praktyczna wiedza o antenach dla różnych systemów bezprzewodowych

Praktyczne umiejętności programowania mikrokontrolerów i układów komunikacyjnych dla systemów bezprzewodowych



Wymagania projektowe dla urządzeń, pod kątem ich pracy w nowoczesnych systemach komunikacyjnych

Praktyczne umiejętności projektowania układów oraz urządzeń dla systemów bezprzewodowych (RFID, ZigBee, WiFi, ...)

Systemy komunikacji bezprzewodowej

Projektowanie urządzeń bezprzewodowych

Wykłady, ćwiczenia i laboratoria na specjalności Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej

POZIOM MGR

Zintegrowane układy pasywne/aktywne w komunikacji bezprzewodowej

Metody tworzenia nowoczesnych systemów bezprzewodowych z wykorzystaniem narzędzi CAD oraz gotowych układów w.cz.



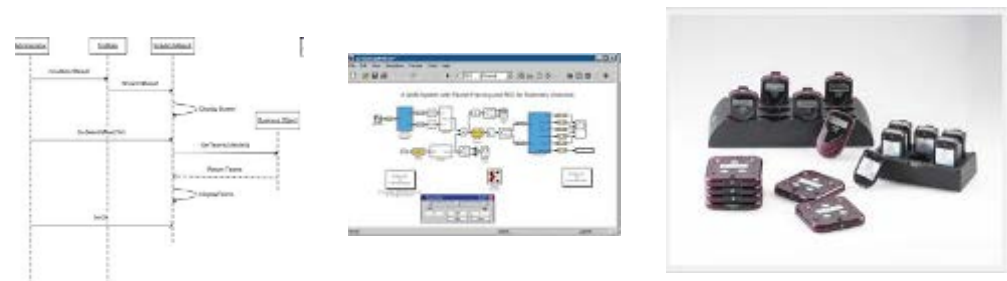
Automatyzacja miernictwa

Zaawansowane pomiary systemów bezprzewodowych z wykorzystaniem najnowszego sprzętu RF



Zastosowania technologii bezprzewodowych

Metody tworzenia wbudowanych systemów bezprzewodowych – do praktycznej realizacji



Przestrzenie inteligentne

Metody przetwarzania sygnałów do tworzenie urządzeń (np. radaru antykolizyjnego, bezpiecznego łącza komunikacyjnego) dla wbudowanych systemów bezprzewodowych

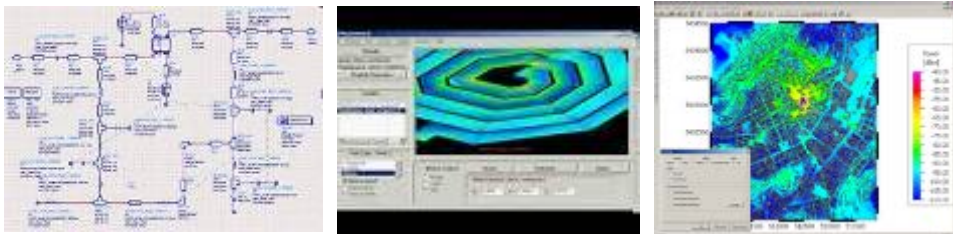


Wykłady, ćwiczenia i laboratoria na specjalności Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej

POZIOM MGR

CAD w projektowaniu układów i systemów bardzo wielkich częstotliwości

Zaawansowane wykorzystanie narzędzi CAD w projektowaniu systemów i urządzeń



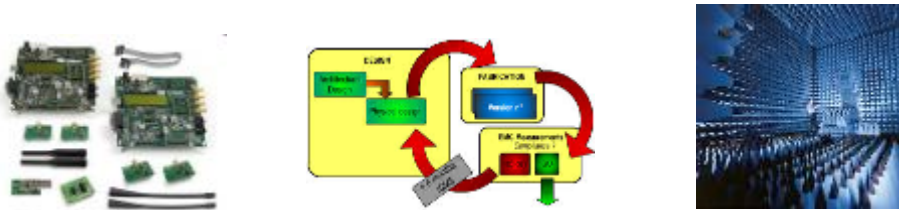
Technologie mobilne

Programowanie i wykorzystanie platform mobilnych (Windows Mobile, Android, ...)



Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń zintegrowanych

Metody analizy i redukcji zakłóceń emitowanych przez urządzenia



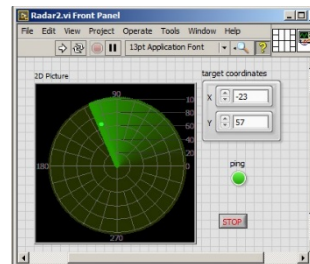
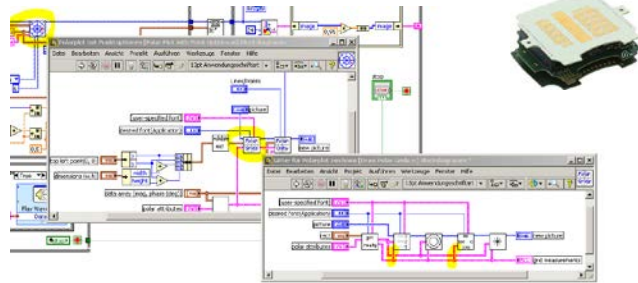
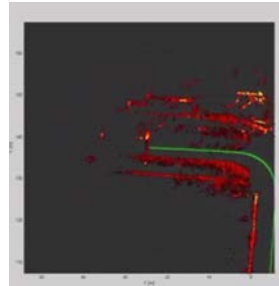
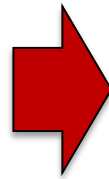
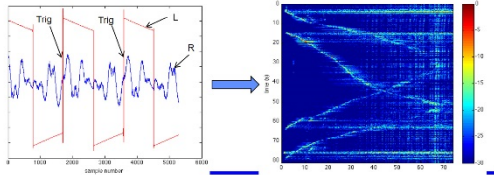
Wykład monograficzny

Wykład prowadzony przez praktyka realizującego urządzenia/ systemy dla komunikacji bezprzewodowej

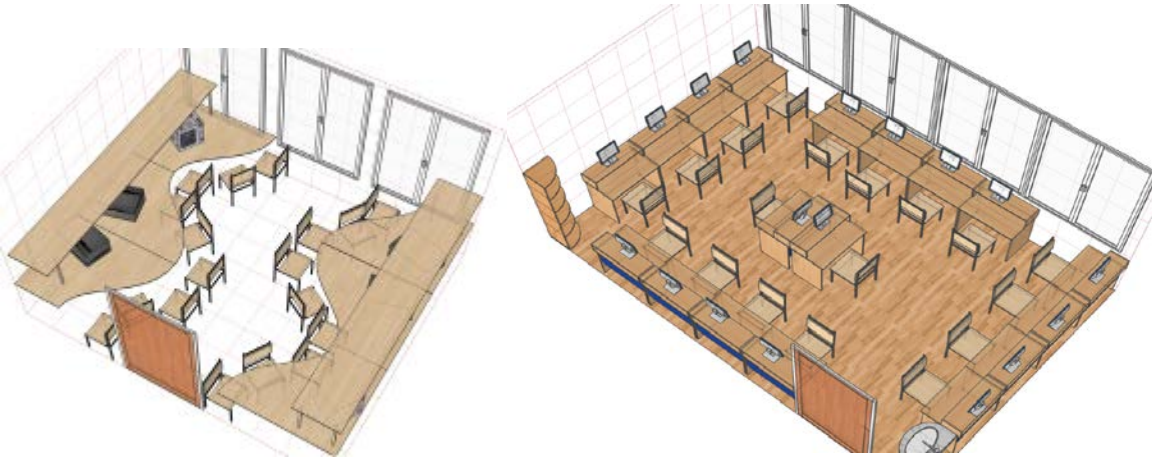


Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej w praktyce – przykładowy projekt grupowy

System obrazowania przestrzeni w warunkach pożarowych



Wyposażenie laboratoriów studenckich



Wyposażenie o wartości ponad 4 mln zł

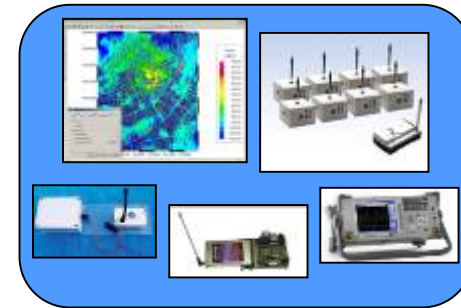
Kompleksowy remont laboratoriów dla przedmiotów specjalnościowych przeprowadzony w 2010 roku

Pracownia technologii układów wielkich częstotliwości

Pracownia pomiarowo-konstrukcyjna pól elektromagnetycznych

Pracownia pomiarowa układów wielkich częstotliwości

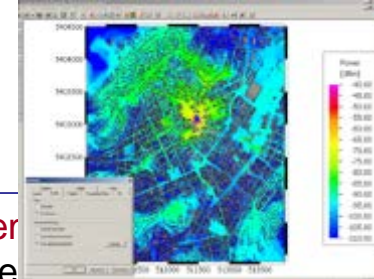
Pracownia bezprzewodowych systemów identyfikacji radiowej oraz sieci sensorowych



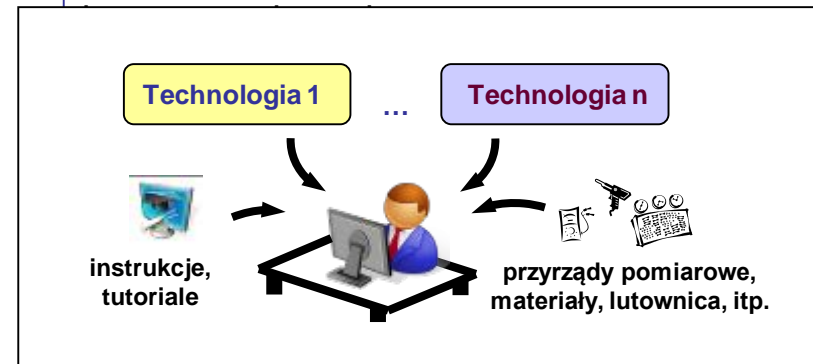
Zaplecze dla realizacji dyplomów dla specjalności Inżynieria Komunikacji Bezprzewodowej

- Oprogramowanie CAD wspomagające projektowanie układów elektronicznych:
- Oprogramowanie wspomagające projektowanie komponentów i urządzeń oraz architektury dla systemów bezprzewodowych
- Doświadczeni inżynierowie pracujący w projektach WiComm (aktualnie 25 osób!) są konsultantami w większości prac dyplomowych – wspierają też rozwój dyplomantów
- W trakcie realizacji dyplomu istnieje możliwość zdobycia unikalnej wiedzy dzięki wykorzystaniu układów demonstracyjnych oraz tutoriali (udostępniane bezpłatnie jedynie dla pracowników WiComm i studentów IKB)

Altium Designer
Summer 09
IAR 7.50a, 7.51a dla
8051,
IAR dla MSP430



Advanced Design System – obwodów i systemów be
Momentum, EMDS, SONNET, QuickWave – symulatory pełnofalowe układów b.w.cz.
AWR Design Environment – symulator obwodowy i elektromagnetyczny
FEKO, Super nec – symulatory do projektowania anten
WinProp – symulatory propagacji wewnątrz i na zewnątrz budynków dla systemów



Gdzie do pracy – w Polsce współpracują z nami

Tu znajdują prace nasi absolwenci:



Europejskie firmy współpracujące (projekty B+R oraz wdrożeniowe) z WiComm/KIMiA



5G – przyszłość komunikacji bezprzewodowej

Embracing the Super Connected World in 2020s

eMBB

- 4K/8K Video 20-50Mbps
- HDAR ~125Mbps
- Hologram ~4.5Gbps

uRLLC

Autonomous Driving

- Road Assistance
- Automated Platooning
- Cooperative Autonomous Driving
- Network E2E latency: <10ms
- Reliability: 99.999%
- Cellular based assisted driving demo in China
- Air Latency Reduced from 8ms to 1.3ms
- Automatic overtake
- Bird's Eye View

mMTC

Smart Life

- Logistics Tracking
- Smart Parking
- Smart Meter
- Smart Agriculture
- Environment Monitor
- 20+dB Co-Channel Gain

C-Band & Group 30/40 to be 5G Global Frequency Band

Sub6G

Region	Europe	Africa	Arabia	CIS	North America	Latin America	Asia
Frequency (MHz)	3400-3600	Y	Y	Y	Y	Y	Y

C-band will be the only choice to provide at least 200M within sub-6G in the next 10 years

Millimeter wave

- Group 30
- Group 40
- Group 50
- Group 80

Support 26GHz (Europe/America/Japan/South Korea supports Group 30/40)

Support 28/37/39/66GHz (Europe/Japan/South Korea supports Group 30/40)

Supports 28/38GHz (Europe/Japan/South Korea supports Group 30/40)

Supports 30-50GHz (WRC-19 candidate bands)

New band (C-band & mmWave) Deployment Scenario

Both capacity and coverage should be carefully evaluated for new band

5G cm/mmW Technology Challenges

System/network challenges

- Propagation channel model
- Architecture complexity vs performance to properly fit application scenarios
- Specifications (i.e. OOB emissions, SLL, ...)

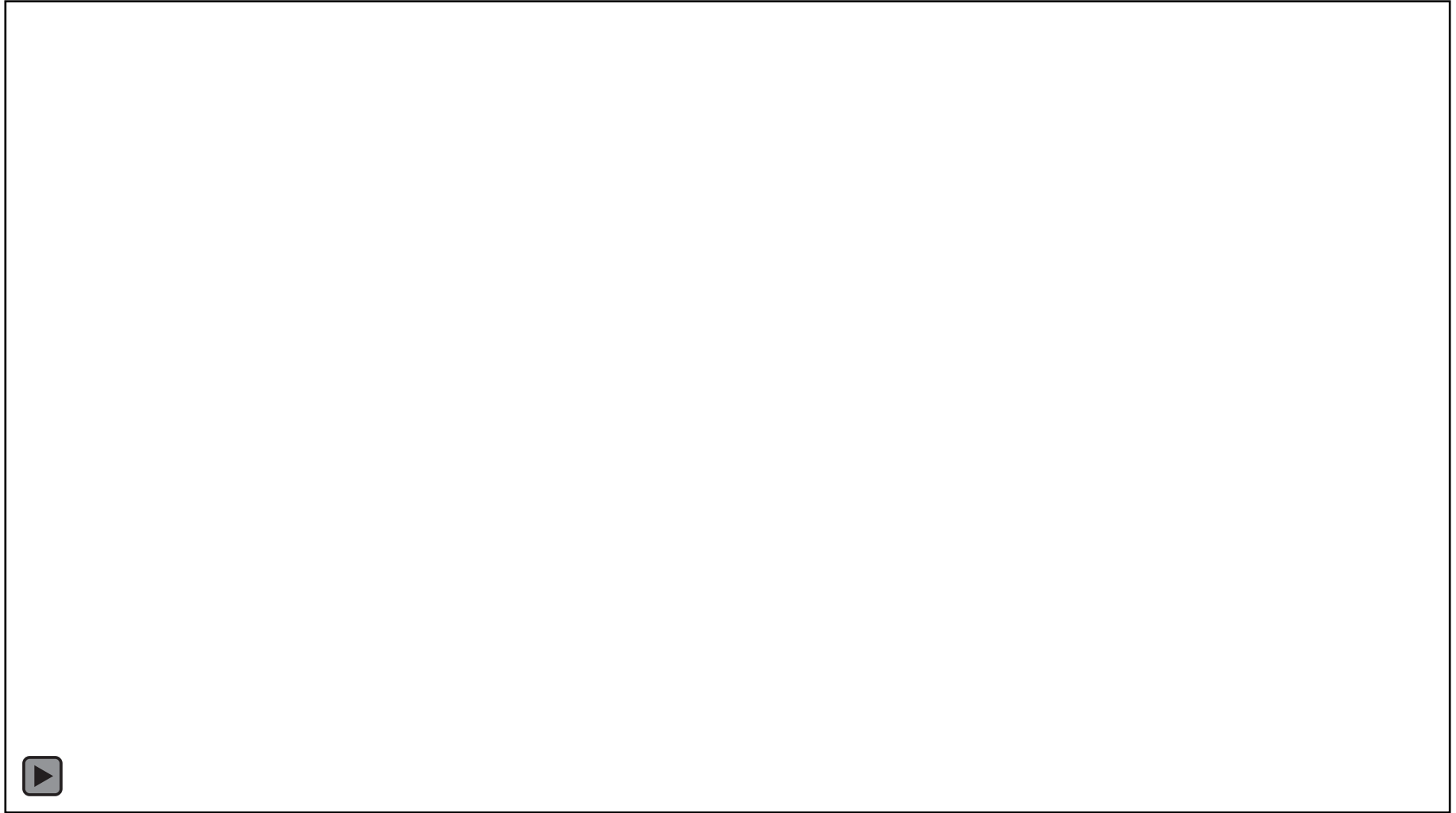
Multi User-Massive MIMO

Millimeter-wave specific and antenna array technologies

- Beam-forming architectures
- Antenna array synthesis
- mmw components
- Integrated multi-channel transceivers
- High Efficiency PAs
- Phase-shifters
- Switches
- Filters
- Digital beam-forming, calibration, channel estimation, beam-tracking algorithms, ...
- Power efficient very fast ADC/DAC, SERDES

High Speed Mobility

5G – przyszłość komunikacji bezprzewodowej



5G – przyszłość komunikacji bezprzewodowej

Embracing the Super Connected World in 2020s

eMBB

Video+

- 4K/8K Video: 20-50Mbps
- HD AR: ~125Mbps
- Hologram: ~4.6Gbps

uRLLC

Autonomous Driving

- Road Assistance
- Automated Platooning
- Cooperative Autonomous Driving

Network E2E latency: <10ms
Reliability: 99.999%
Cellular based assisted driving demo in China

Air Latency Reduced from 8ms to 1.3ms

- Automatic overtake
- Bird's Eye View

mMTC

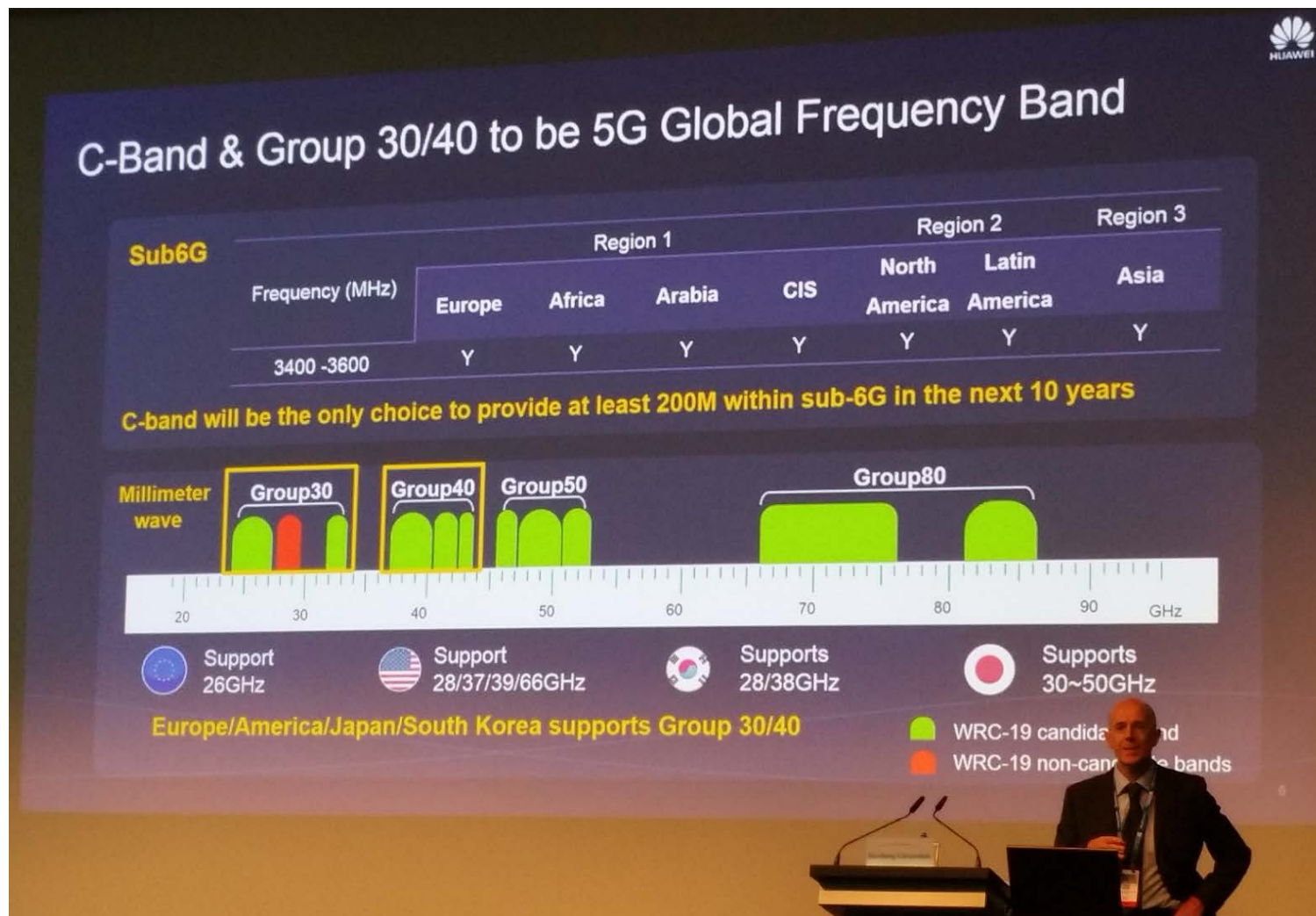
Smart Life

- Logistics Tracking
- Smart Parking
- Smart Meter
- Smart Agriculture
- Environment Monitor

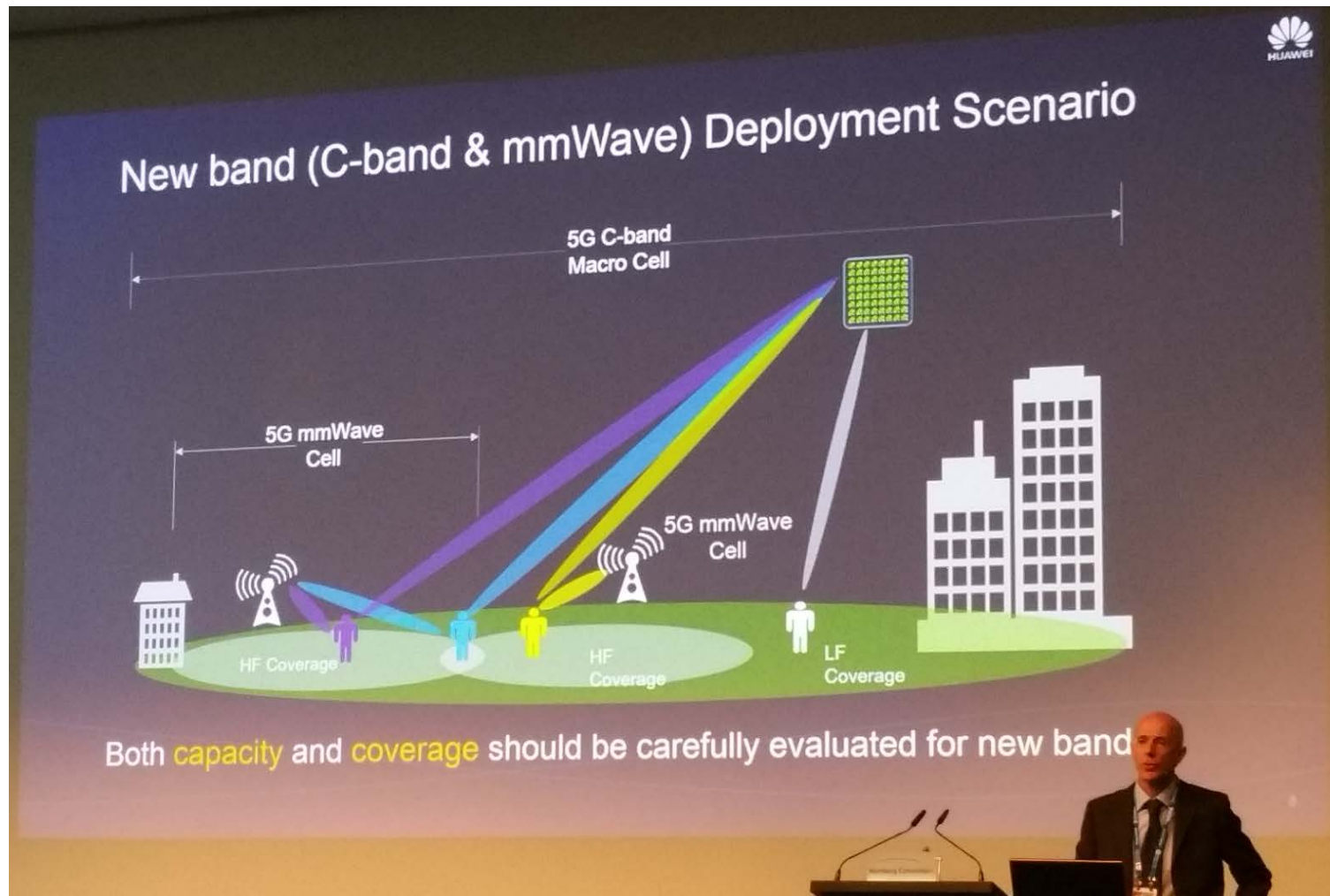
20+dB Co Gain

HUAWEI


5G – przyszłość komunikacji bezprzewodowej



5G – przyszłość komunikacji bezprzewodowej




5G – przyszłość komunikacji bezprzewodowej



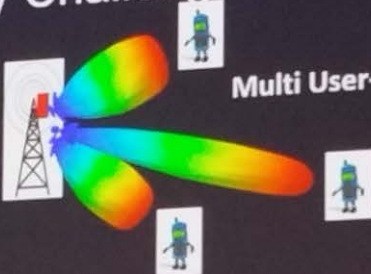
5G cm/mmW Technology Challenges

System/network challenges

- Propagation channel model
- Architecture complexity vs performance to properly fit application scenarios
- Specifications (i.e. OOB emissions, SLL, ..)



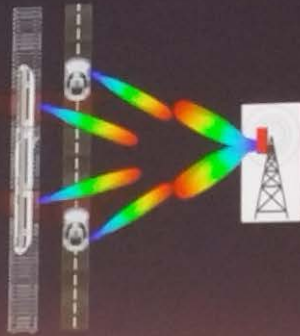
Multi User-Massive MIMO



Millimeter-wave specific and antenna array technologies

- Beam-forming architectures
- Antenna array synthesis
- mmw components
 - Integrated multi-channel transceivers
 - High Efficiency PAs
 - Phase-shifters
 - Switches
 - Filters
- Digital beam-forming, calibration, channel estimation, beam-tracking algorithms,...
- Power efficient very fast ADC/DAC, SERDES

High Speed Mobility



28

What 5G will bring to you? What's new with 5G?

amazing volume amazingly fast
 spectrum extension; millimetre waves; cell densification; increase spectrum efficiency; advanced antennas; 3D beam-forming techniques; new electronic components; backhaul optimization; D2D; moving networks (vehicle based cells)

always best connected
 combination of 4G, 3G, Wi-Fi, & new radio access to create an integrated & dynamic radio access network; connectivity management mechanisms

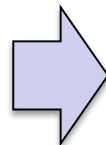
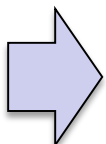
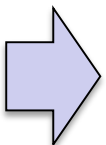
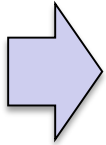
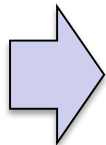
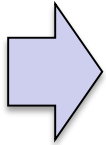
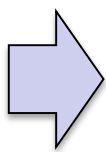
no perceived delay
 ultra-low latency; software-defined networks; decoupling functional architecture from the underlying physical infrastructure; network intelligence closer to users; MEC (mobile edge computing), D2D

massive amount of connected things & people
 new waveform; cell densification; much less signalling traffic & no synchronisation; RAN architecture

energy efficiency
 millimetre waves for front-haul & backhaul; new operation mechanisms for dense networks; pooling of base station processing; on-demand consumption; massive machine communications; power amplifiers; DSP (digital signal processing) – enabled optical transceivers; harvesting ambient energy; optimization of sleep mode switching

flexible programmable networks
 software-defined networks; network function virtualisation; decoupling functional architecture from the underlying physical infrastructure; APIs

secure networks
 physical channel authentication; virtualised authentication



5G applications

hologram TV, immersive presence, augmented reality, ultra large volume transfers

staying connected everywhere including high-speed trains, planes, crowds

tactile internet; reactive interfaces; electricity grid control, vehicle to vehicle, robot control; connected cars, remote surgery

internet of things, smart cities, connected cars, e-health

80% energy saving; deployment in developing countries

new business models for innovative SMEs providing network functions; emergence of super MVNOs; pan European operators, faster innovation in network services

networks for police & security professionals; privacy

Zapraszam do współpracy!

W przypadku pytań proszę o kontakt:

dr inż. Łukasz Kulas,

tel. 1659, e-mail:

lukasz.kulas@eti.pg.gda.pl