

dr inż. Sławomir Hausman

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania

Systemy trunkingowe

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Private Mobile Radio (PMR)

PMR - Private Mobile Radio lub Professional Mobile Radio – opracowano z myślą o zastosowaniach profesjonalnych, w których użytkownicy powinni mieć kontakt głównie z dyspozytorem (np. policja, straż pożarna, wojsko, przedsiębiorstwo taksówkowe).

Systemy PMR są powszechnie wykorzystywane w sektorze bezpieczeństwa publicznego.

Jedną z podstawowych różnic w stosunku do telefonii komórkowej jest traktowanie łączności grupowej (a nie indywidualnej) jako najważniejszej.

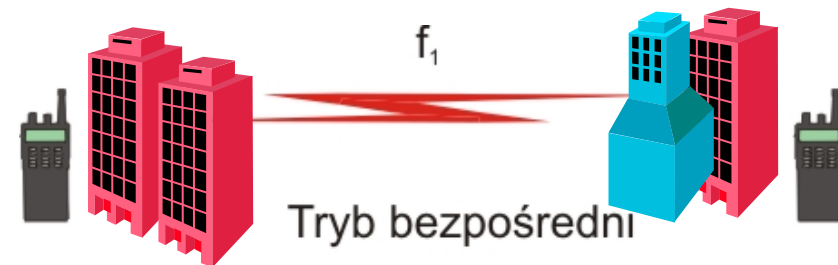
Czas zestawiania połączenia powinien być bardzo krótki (zwykle poniżej 1 sekundy).



Koncepcja stacji bazowej

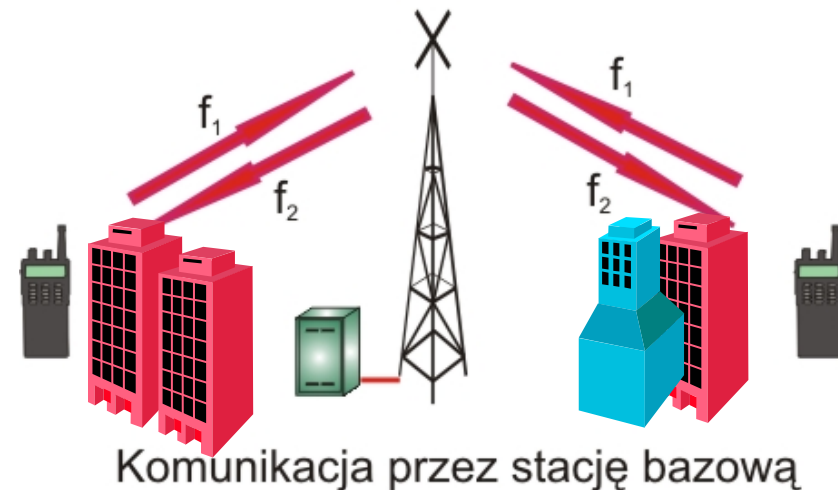
Tryb bezpośredni

- użyteczny dla małych odległości i w terenie słabo zurbanizowanym.
- zasięg trudno przewidzieć
- słabe wykorzystanie kanałów
- niski koszt
- natychmiastowe wdrożenie



Komunikacja za pośrednictwem stacji bazowej (przemiennika)

- pozwala uzyskać większy zasięg, który daje się oszacować na etapie projektowania systemu
- wysoki koszt
- długi czas wdrożenia



W przypadku transmisji analogowej częstotliwości odbioru i nadawania f_1 i f_2 muszą być różne.

Trunking

W radiowych systemach trunkingowych grupa kanałów (zwykle par częstotliwości) stanowi wiązkę łączy wykorzystywanych przez stacje bazowe i radiotelefony. Przydział kanałów następuje automatycznie.

KONWENCJONALNY



Rysunki z materiałów firmy Ericsson

TRUNKINGOWY





KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION
REGIONAL DEVELOPMENT



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Trunking - Modelowanie ruchu

Dla określenia wymaganej liczby kanałów radiowych konieczna jest znajomość spodziewanego ruchu generowanego przez użytkowników oraz założenia dotyczące dopuszczalnych strat ruchu i czasu oczekiwania na obsługę.

W systemach trunkingowych stosowane jest kolejkovanie zgłoszeń, które w danej chwili nie mogą być obsłużone z powodu braku zasobów (wolnych kanałów).

Do systemów implementujących kolejkovanie stosuje się zwykle model Erlanga z oczekiwaniem - N kanałów, w którym czasy między kolejnymi zgłoszeniami oraz czasy obsługi zgłoszenia są zmiennymi losowymi o rozkładzie wykładniczym.

Zgłoszenia napotykaające na blokadę nie są tracone, lecz są umieszczone w kolejce, w której oczekują na obsługę.





Trunking - Modelowanie ruchu

Prawdopodobieństwo opóźnionej obsługi określa tzw. drugi wzór Erlanga, zwany również wzorem C Erlanga

$$E_{2,N} = \frac{\frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}} = \frac{NE_{1,N}}{N-A+AE_{1,N}}$$

$E_{2,N}$ - prawdopodobieństwo opóźnionej obsługi

A – natężenie ruchu oferowanego

N – liczba kanałów

Średni czas oczekiwania zgłoszeń opóźnionych τ_0 wyznacza się ze wzoru

$$\tau_0 = \frac{h}{N-A}$$

gdzie h jest średnim czasem obsługi.

Aby kolejka i czas oczekiwania nie rosły w nieskończoność jest $A < N$.

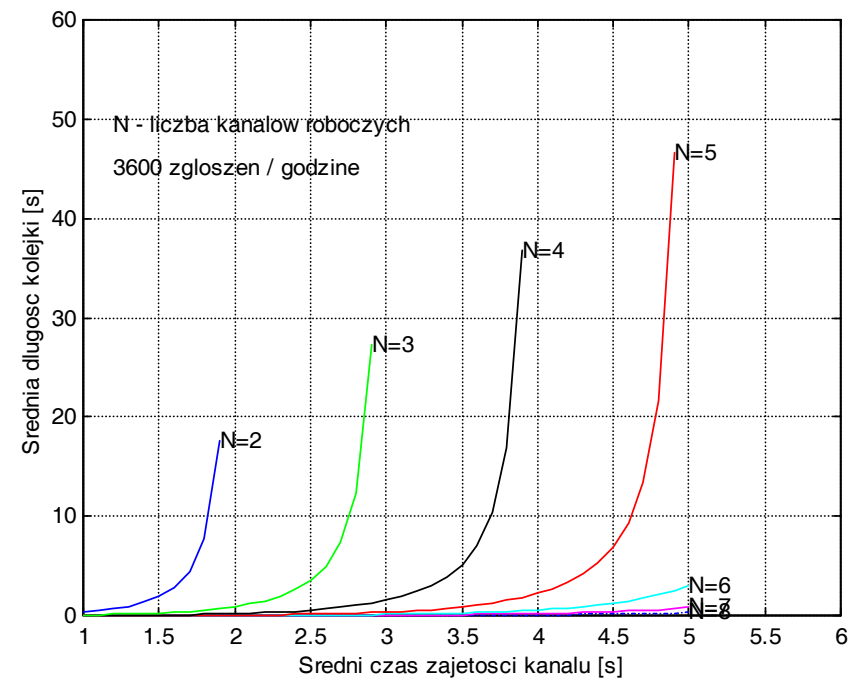
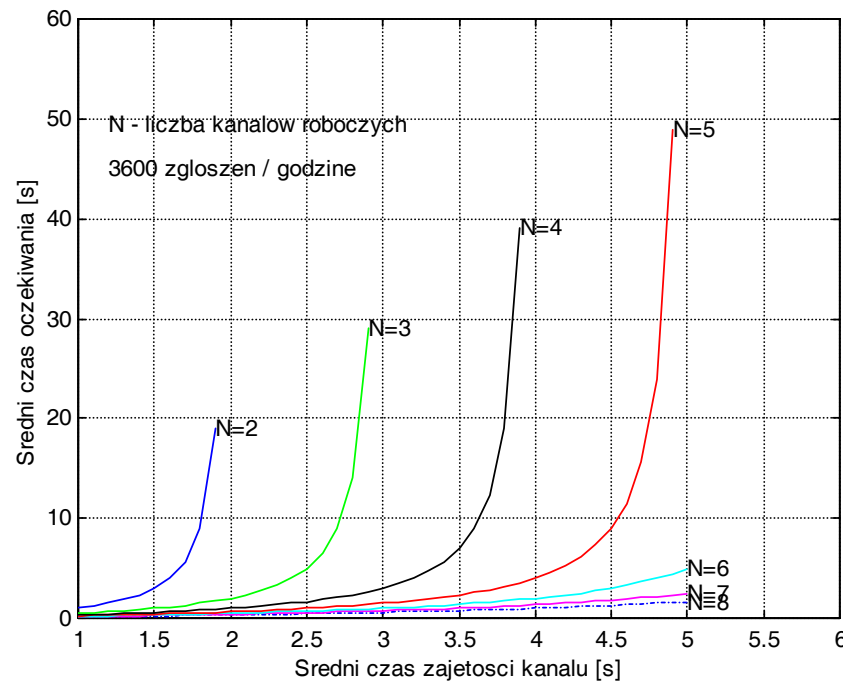




Trunking - Modelowanie ruchu

Przykład

Przyjmijmy, że w ciągu jednej godziny generowanych jest średnio 3600 zgłoszeń, a czas zajętości kanału dla jednego datagramu nie przekracza 3 sekund.





KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION
REGIONAL DEVELOPMENT



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Systemy analogowe – rodzaje połączeń

Połączenia indywidualne - możliwość prowadzenia rozmów między indywidualnymi użytkownikami

- Wywołanie rozmówcy następuje przez podanie jego identyfikatora.
- Wywołania indywidualne mogą mieć różne priorytety.
- Możliwe jest, zależnie od uprawnień, skontaktowanie się zarówno z radiotelefonem należącym do tej samej komórki (ang. *single cell call*), innej komórki (ang. *inter-cell call*) lub innej sieci (ang. *internetwork call*).
- Użytkownik dysponujący radiotelefonem z klawiaturą numeryczną wybiera numer żądanego użytkownika, w innych przypadkach korzysta się z numerów zaprogramowanych w radiotelefonie.





KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
Europejski Fundusz Społeczny



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Systemy analogowe – rodzaje połączeń

Połączenia grupowe – możliwość prowadzenia rozmów w grupie roboczej

- **Narzędzie do koordynacji działań**
- **Jednoczesny kontakt z wieloma osobami**
- Każdy z użytkowników będący członkiem grupy może nadawać, może się również w każdej chwili wycofać z rozmowy.
- Połączenia grupowe mogą być prowadzone zarówno w obrębie jednej komórki jak i pomiędzy komórkami.
- W niektórych systemach, w przypadkach specjalnych operacji lub w sytuacjach awaryjnych, dyspozytor może utworzyć nowe grupy drogą radiową.



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Systemy analogowe – rodzaje połączeń

Wywołanie alarmowe – stosowane w nagłych przypadkach

- Wywołanie alarmowe może w przypadku braku wolnych kanałów roboczych spowodować przerwanie aktualnie prowadzonych rozmów.
- Wywołanie alarmowe ma najwyższy priorytet.



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
HISTORIA
ROZWOJU



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Systemy analogowe – rodzaje połączeń

Kanał otwarty – zwykle stosowany kiedy wskazane jest, aby wszyscy słyszeli nadawane komunikaty oraz jeżeli przewiduje się konieczność prowadzenia długich rozmów

Wszyscy abonenci korzystający z kanału otwartego słyszą prowadzone rozmowy do których mogą się w dowolnej chwili włączyć. Wywołania abonentów następują głosowo, bez udziału systemu (sygnalizacji), tzn. bez korzystania z kanału kontrolnego.



Politechnika Łódzka
Lodz University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zastosowania transmisji danych

Typowe zastosowania transmisji danych to aplikacje związane ze sterowaniem i telemetrią oraz dostępem do niektórego typu baz danych.

Przykłady:

- odczyty przepływomierzy i mierników energii elektrycznej,
- sterowanie odłącznikami,
- lokalizacja pojazdów (GPS),
- dostęp do bazy danych policyjnych.





KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
HORYZONT
WZROST SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Typy kanałów kontrolnych

Każda stacja bazowa systemu trunkingowego musi mieć co najmniej jeden kanał służący do zestawiania połączeń (przyznawania kanałów roboczych). Istnieją trzy podstawowe typy:

- kanał kontrolny dedykowany — wydzielony w danej stacji bazowej i działający bez przerwy kanał dla funkcji kontrolnych;
- kanał kontrolny niededykowany — może być wykorzystany jako roboczy kosztem chwilowego braku kanału kontrolnego;
- kanał kontrolny z podziałem czasu — ta sama częstotliwość jest używana dla kanału kontrolnego kilku stacji bazowych (np. stacji sąsiadujących), ale z podziałem czasu dla uniknięcia zakłóceń wspólnokanałowych.





KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
Europejski Fundusz Społeczny

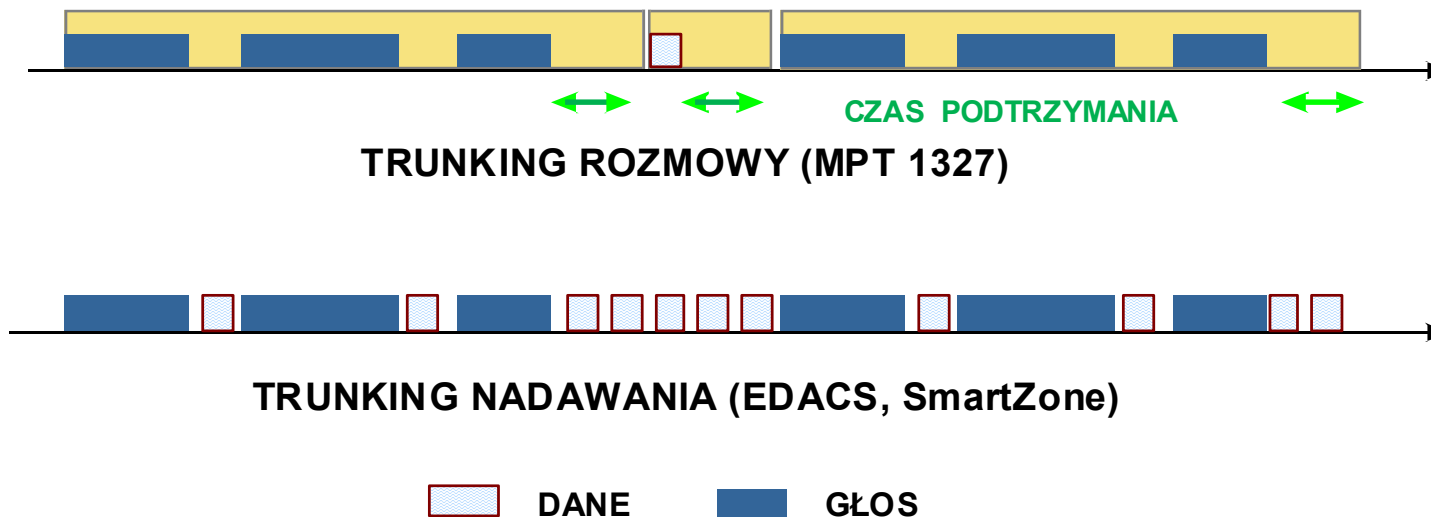


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Trunking rozmowy i trunking nadawania

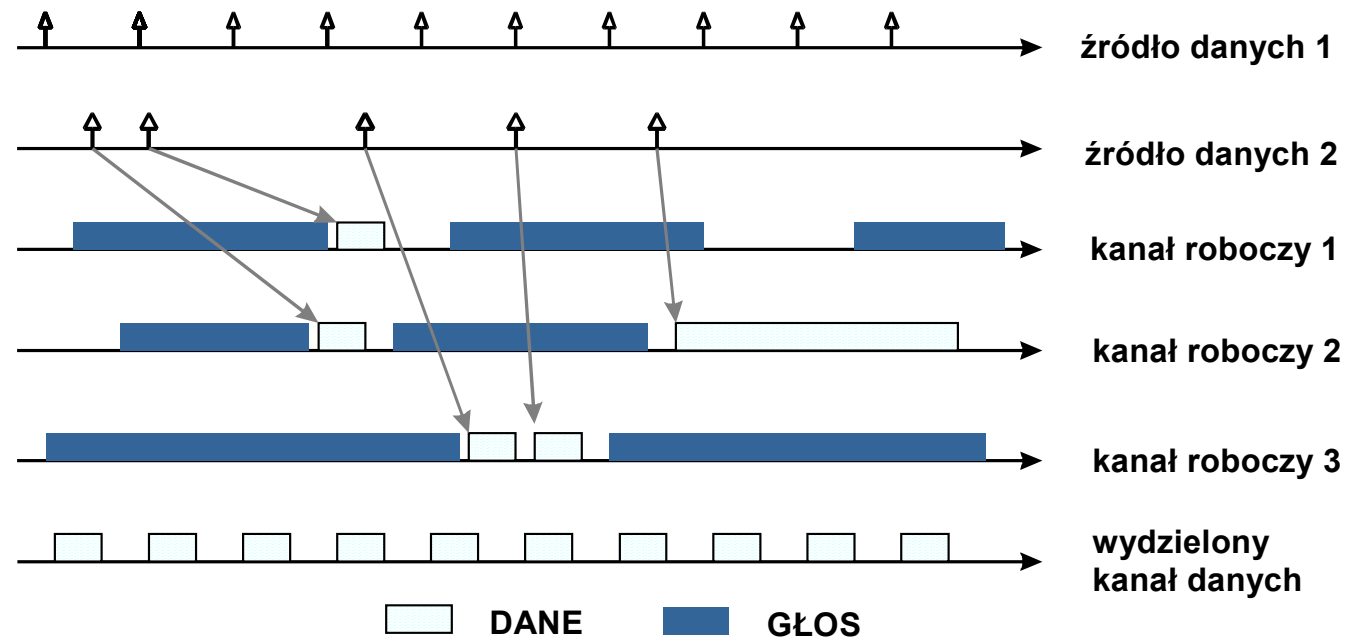
Wyróżnia się dwa sposoby przyznawania kanału roboczego, mające wpływ na własności ruchowe systemów RRL:

- trunking wiadomości,
- trunking nadawania.





Mieszana transmisja głosu i danych



Aby nie dopuścić do zmonopolizowania zasobów systemu przez częste zgłoszenia przychodzące od źródeł danych możliwe jest zorganizowanie transmisji wybranych komunikatów w wydzielonych kanałach.



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Najczęściej stosowane standardy systemów trunkingowych

- **MPT-1327**
- Ericsson (od 2001 r. M/A-COM)
 - **EDACS** (Enhanced Digital Access Communication System)
- Motorola
 - **SmartZone**
 - **iDEN** (integrated Digital Enhanced Network)
- **APCO Project 16**
- **APCO Project 25**
- **TETRA**
- **TETRAPOL**



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION
REGIONAL DEVELOPMENT



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Fazy planowania systemu

- Określenie potrzeb w zakresie transmisji głosu i danych
- Opracowanie koncepcji sieci z uwzględnieniem nowych rozwiązań technicznych i zmiany organizacji komunikacji w porównaniu z siecią dotychczas eksploatowaną
- Analiza ruchu telekomunikacyjnego
- Wybór standardu
- Komputerowa analiza warunków propagacyjnych na przewidywanym obszarze działania sieci
- Określenie lokalizacji stacji bazowych (z uwzględnieniem możliwości ich pozyskania) i niezbędnej liczby kanałów
- Uzyskanie zezwolenia telekomunikacyjnego



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
HORYZONT
ROZWOJU



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

EDACS

EDACS (ang. *Enhanced Digital Access Communication System*)

Kolejni właściciele technologii: Ericsson, Com-Net Ericsson Critical Radio Systems, M/A-COM

- Zwiększona niezawodność działania, także w warunkach nie w pełni sprawnej infrastruktury – dzięki GETC (General Electric Trunking Card).
- Możliwość budowy systemów rozległych
- Hierarchiczna organizacja łączności dająca się dopasować do struktury użytkownika
- Poufność przekazywanych rozmów (w wersji cyfrowej)
- System realizuje:
 - połączenia grupowe,
 - połączenia grupowe alarmowe,
 - połączenia indywidualne,
 - połączenia systemowe.



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

EDACS

EDACS (ang. *Enhanced Digital Access Communication System*)

Dostępne wersje: 25 kHz, 12,5 kHz, cyfrowa lub analogowa transmisja głosu



*Radiotelefony cyfrowy
P7130^{IP} i P7170^{IP}*



Radiotelefon przewoźny M7100^{IP}

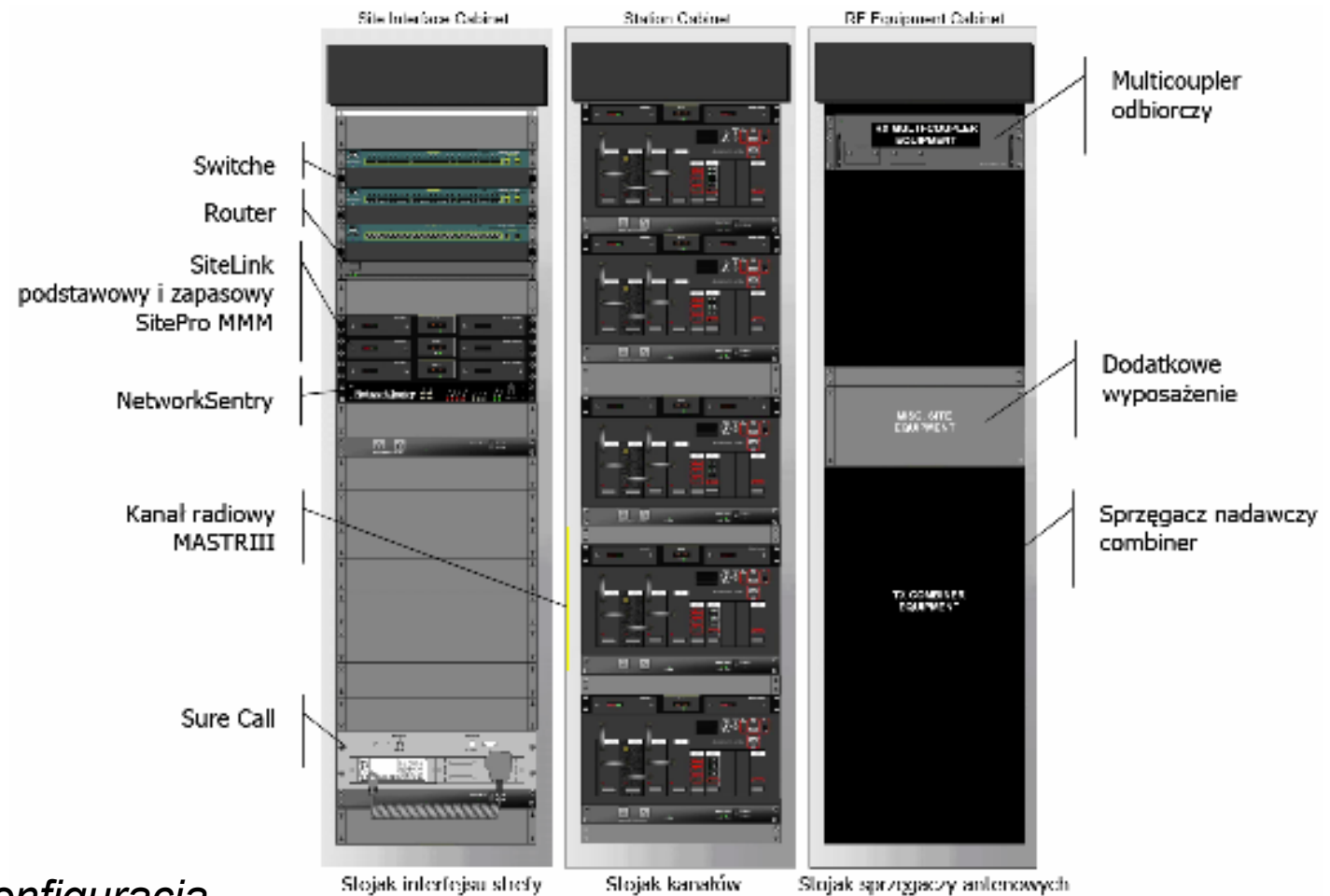


Politechnika Łódzka
Łódź, Polska

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



EDACS



Przykładowa konfiguracja stacji bazowej

Przykładowa konfiguracja 5-kanałowej strefy radiowej

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



EDACS

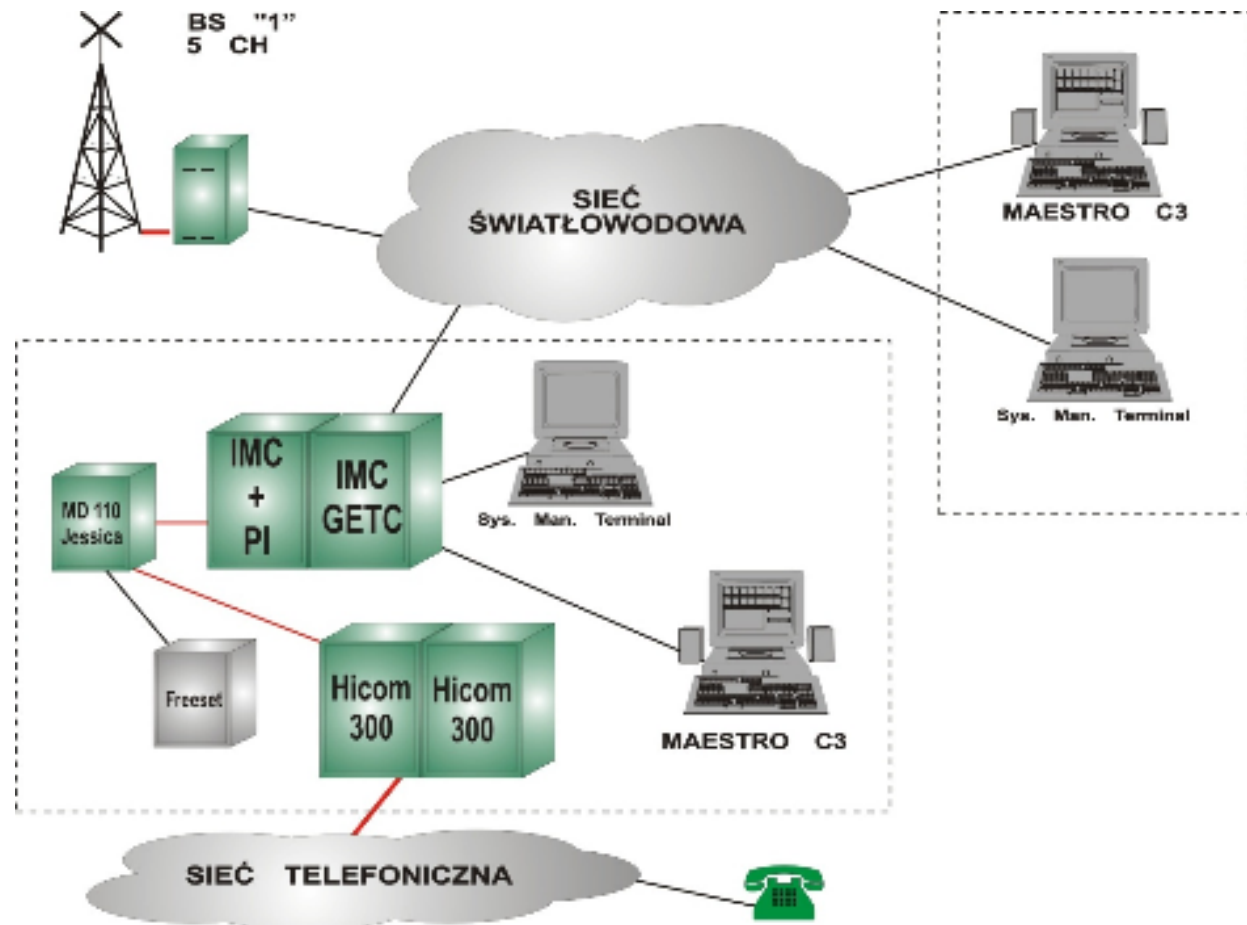
Konfiguracja przykładowego systemu EDACS

IMC - Integrated Multisite and Console Controller

GETC - General Electric Trunking Card

MD 100 – centrala abonencka Ericsson

Hicom 300 – centrala abonencka Siemens



EDACS

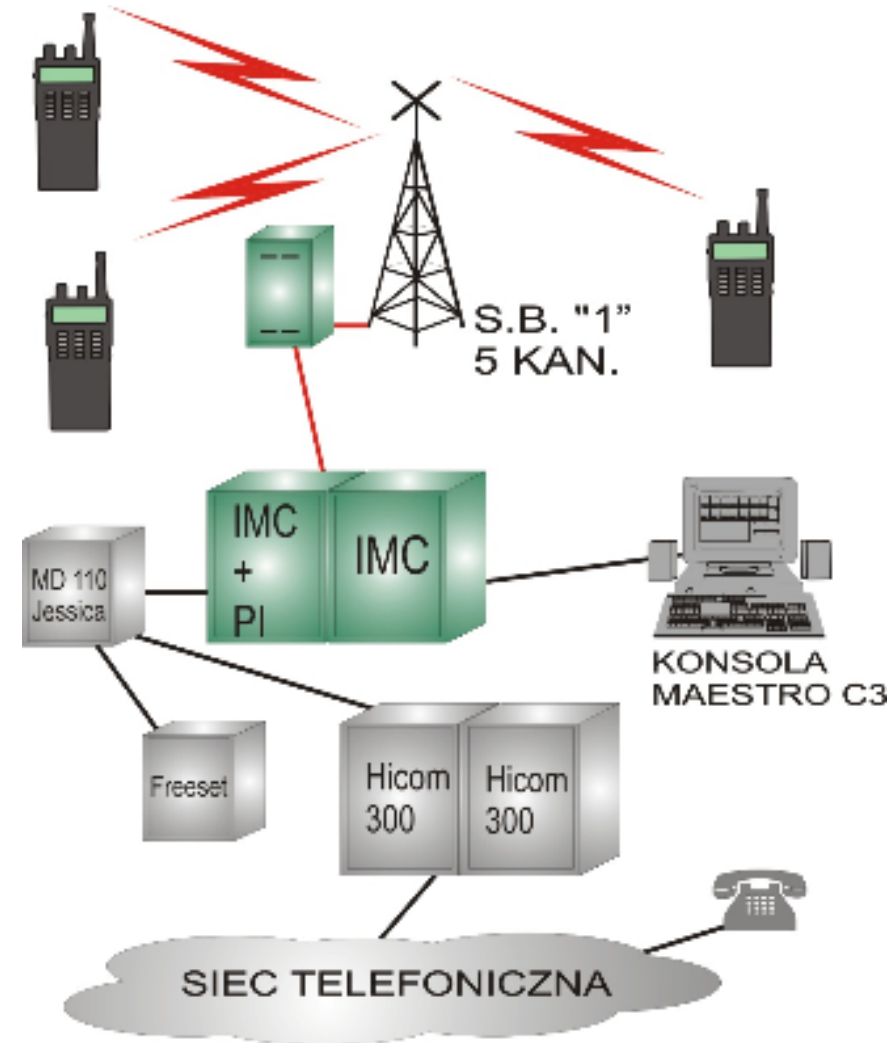
Konfiguracja przykładowego systemu trunkingowego: Łączność grupowa

IMC - Integrated Multisite and Console Controller

GETC - General Electric Trunking Card

MD 100 – centrala abonencka Ericsson

Hicom 300 – centrala abonencka Siemens



EDACS

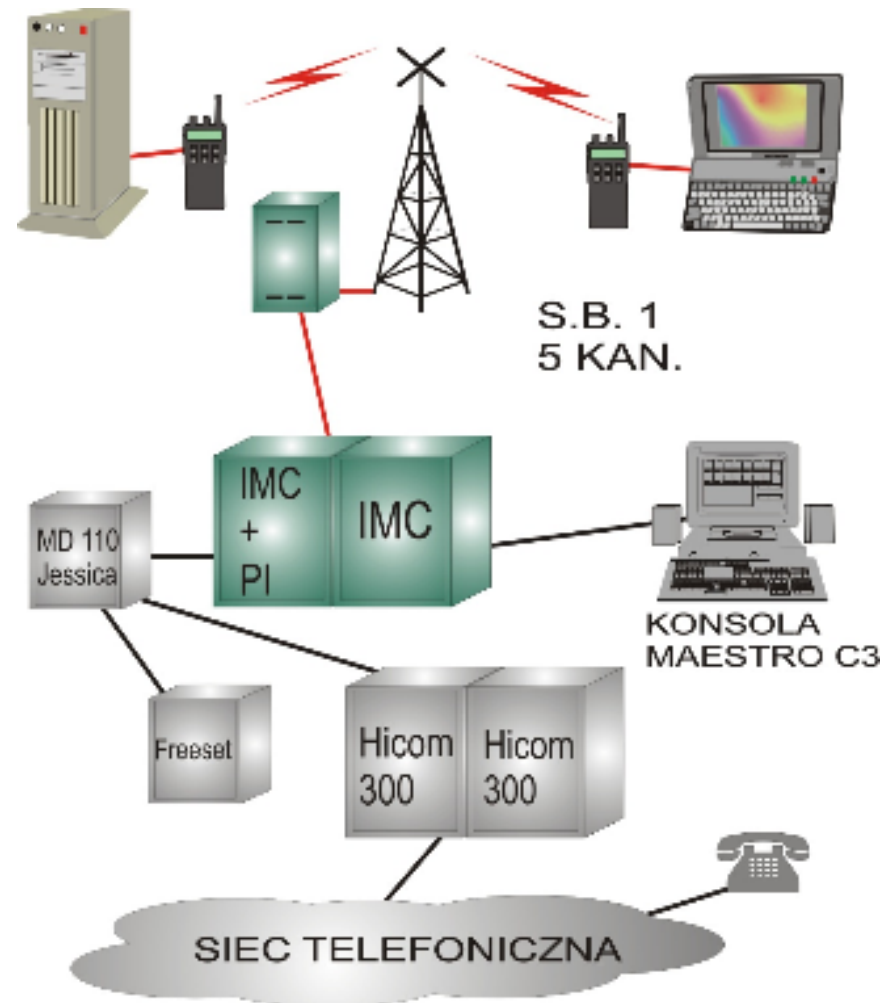
Konfiguracja przykładowego systemu trunkingowego z wykorzystaniem transmisji danych

IMC - Integrated Multisite and Console Controller

GETC - General Electric Trunking Card

MD 100 – centrala abonencka Ericsson

Hicom 300 – centrala abonencka Siemens



EDACS

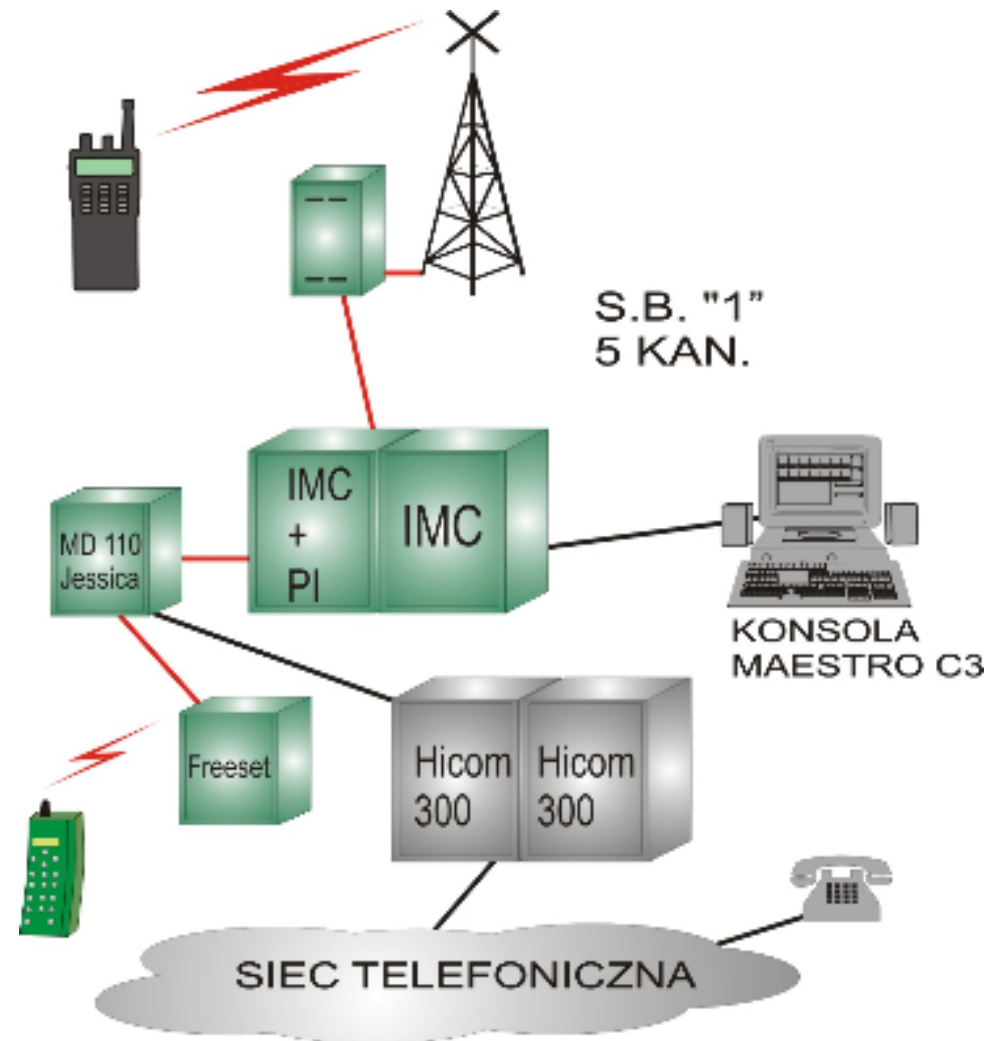
Konfiguracja przykładowego systemu EDACS połączenie z abonentem bezprzewodowej centrali abonenckiej DECT

IMC - Integrated Multisite and Console Controller

GETC - General Electric Trunking Card

MD 100 – centrala abonencka Ericsson

Hicom 300 – centrala abonencka Siemens





KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

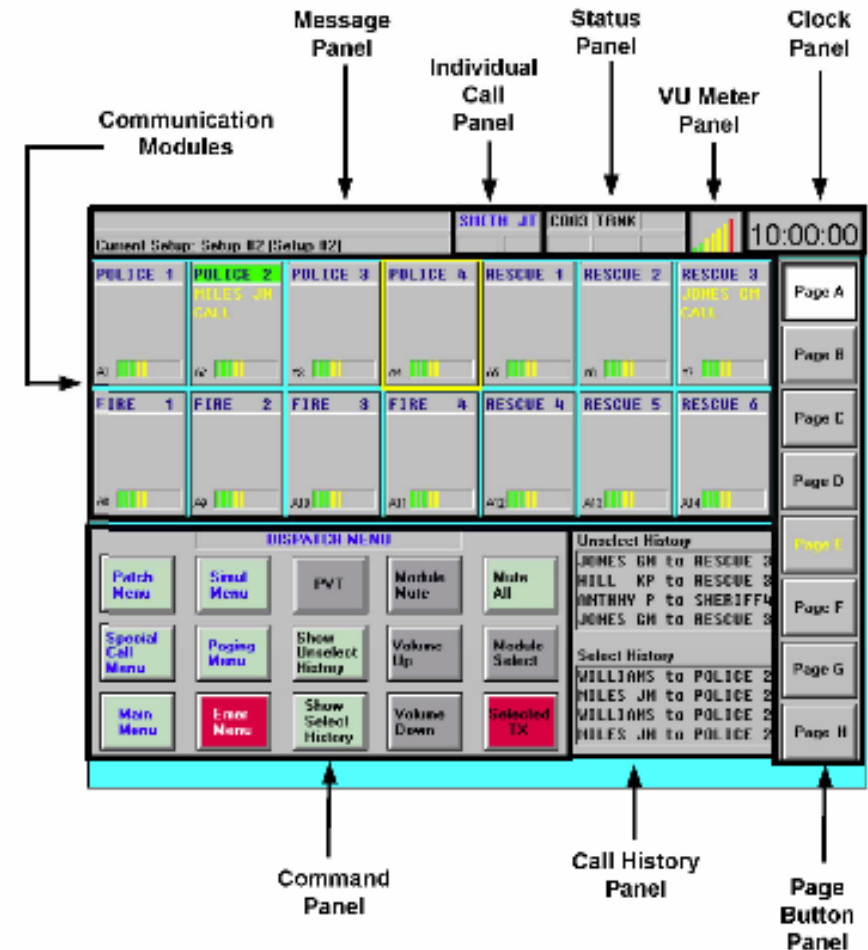
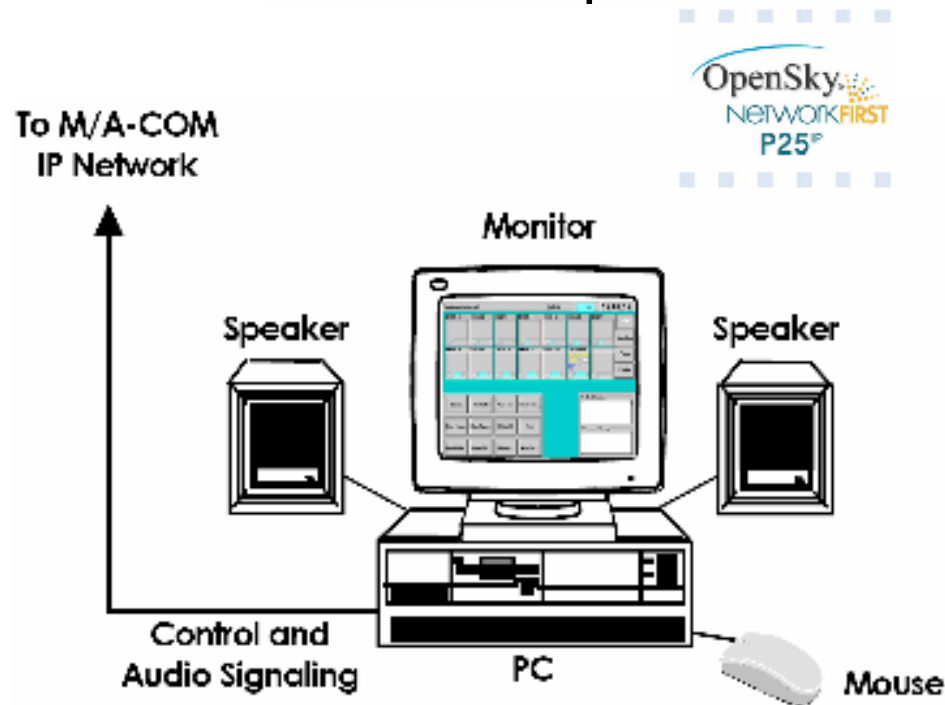
UNIA EUROPEJSKA
Europejski Fundusz Społeczny



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

EDACS

C3 Maestro™ Dispatch Console



Na podstawie materiałów firmy M/A-COM Wireless Systems



Politechnika Łódzka
Łódź, Polska

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

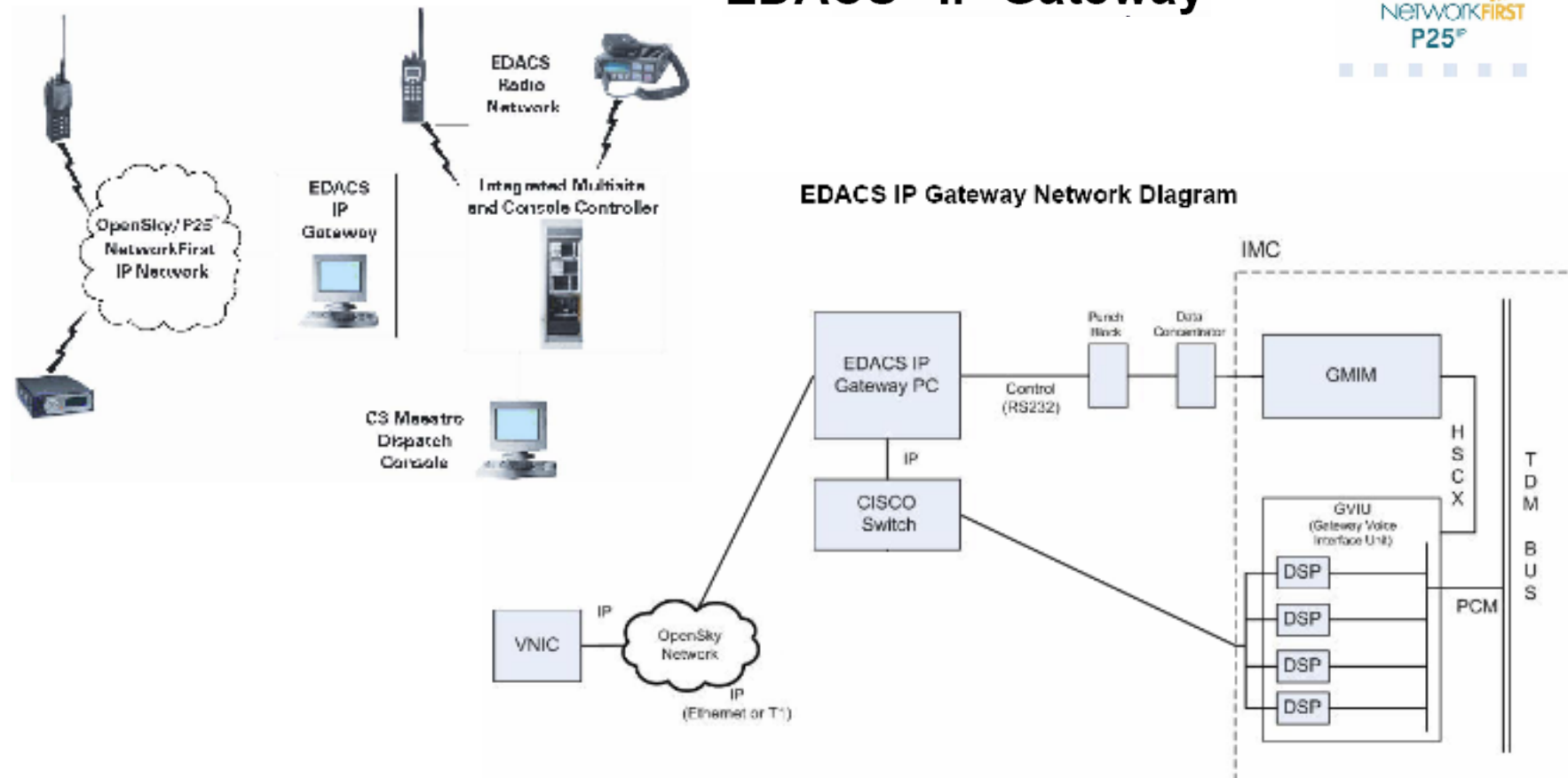
UNIA EUROPEJSKA
Europejski Fundusz Społeczny



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

EDACS

EDACS[®] IP Gateway



Na podstawie materiałów firmy M/A-COM Wireless Systems



Politechnika Łódzka
Łódź, Polska

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL INVESTMENT

UNIA EUROPEJSKA
HORIZONT
INNOVATION GROWTH



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Anteny pseudodookółę na wysokich obiektach



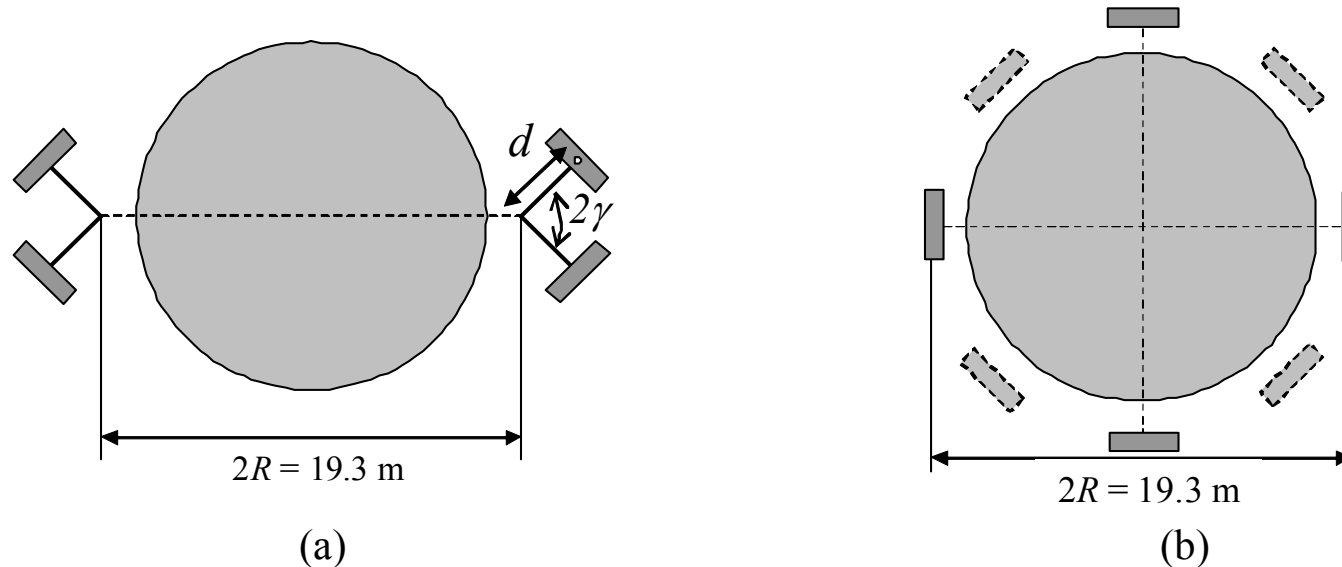
Optymalizacja systemu antenowego pod kątem zapewnienia najlepszej równomierności charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie poziomej.



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe

Anteny pseudodookóło na wysokich obiektach



Geometria rozważanych układów anten: (a) – rozmieszczenie nierównomierne, (b) – rozmieszczenie równomierne (4 lub 8 anten)

R – długość promienia zamocowania układu anten liczona od osi komina wynosi 9,65 m;

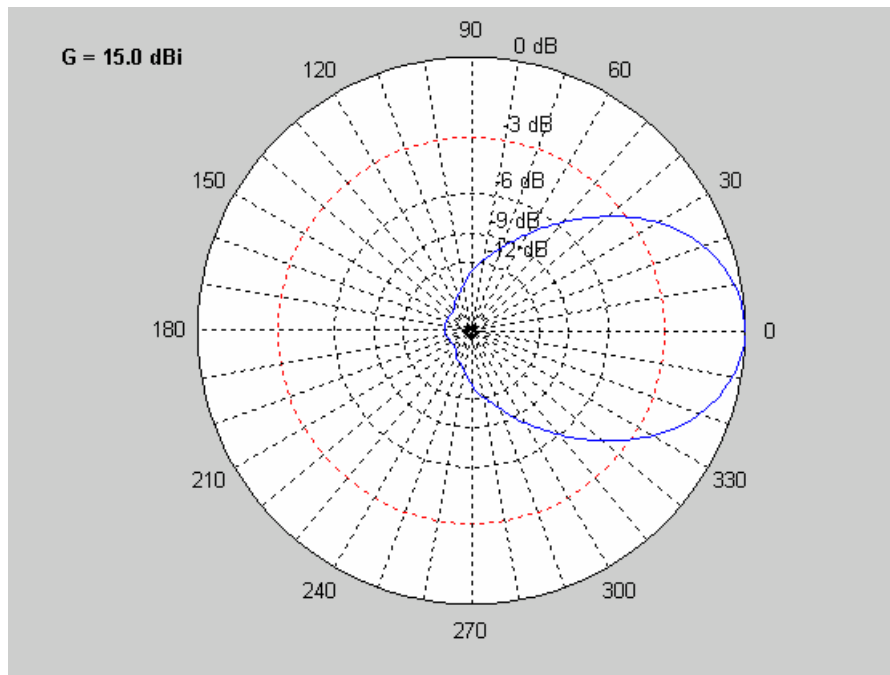
γ – połowa kąta między osiami promieniowania anten;

d – odległość środka elektrycznego anteny od punktu zamocowania układu anten;

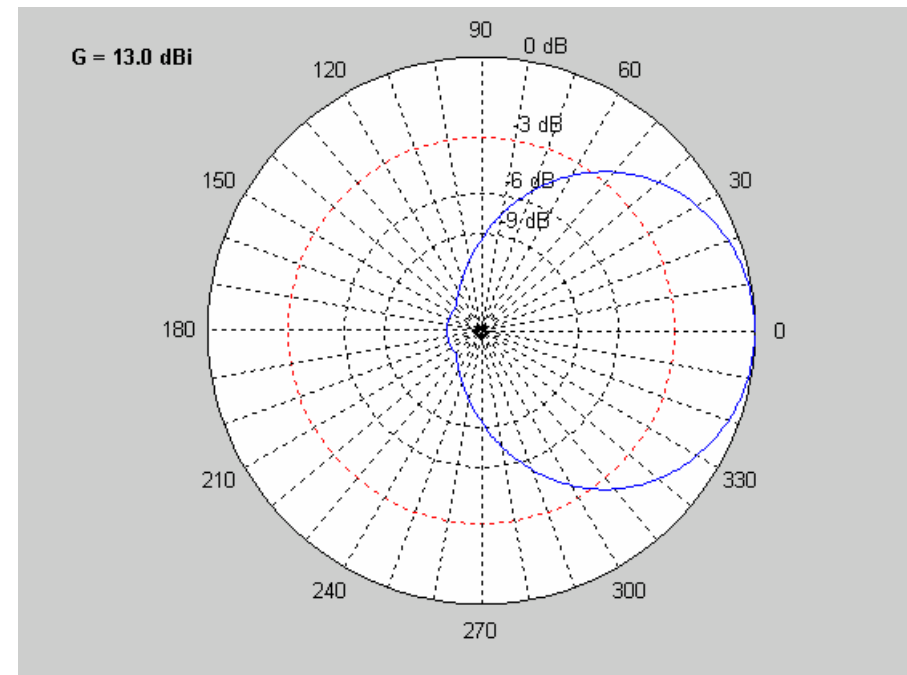
f – częstotliwości 450 i 460 MHz;



Anteny pseudodookółę na wysokich obiektach



K 73 33 21



738 049

Przykładowe anteny kierunkowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Anteny pseudodookółę na wysokich obiektach

Optymalizacja systemu antenowego pod kątem zapewnienia najlepszej równomierności charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie poziomej:

Kryterium Q – podana procentowo część poziomej charakterystyki kierunkowości systemu antenowego, dla której unormowany do 0 dB zysk leży powyżej wartości -3 dB;

G_{avg} – średni zysk systemu antenowego wyrażony w decybelach.





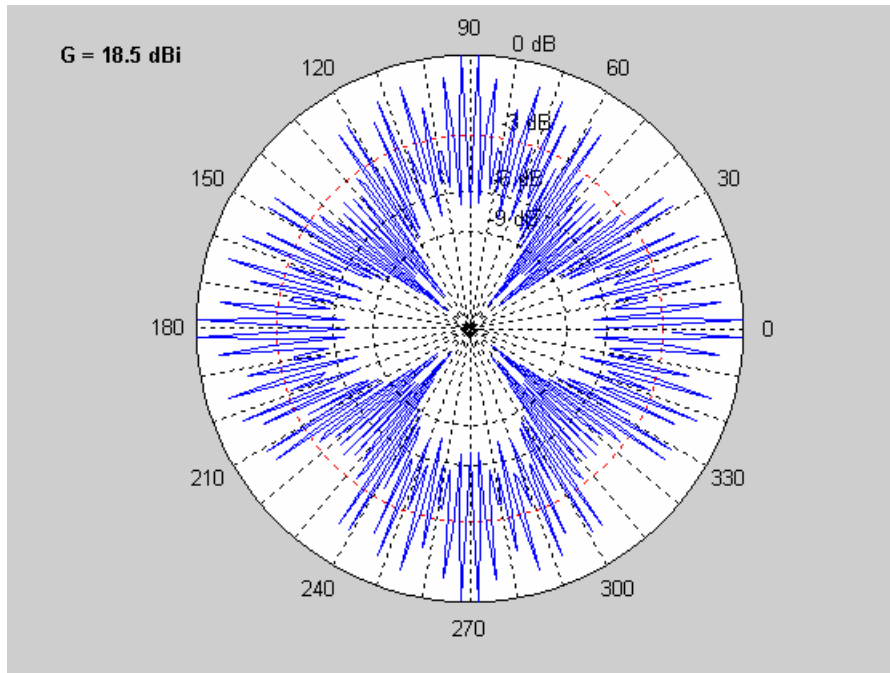
KAPITAŁ LUDZKI
NARODZI SIĘ W NAJLEPSZYM NAUCZNIU

UNIA EUROPEJSKA
ROZWOJ I WYKORZYSTANIE
REGIONALNEJ SPÓŁNOTY



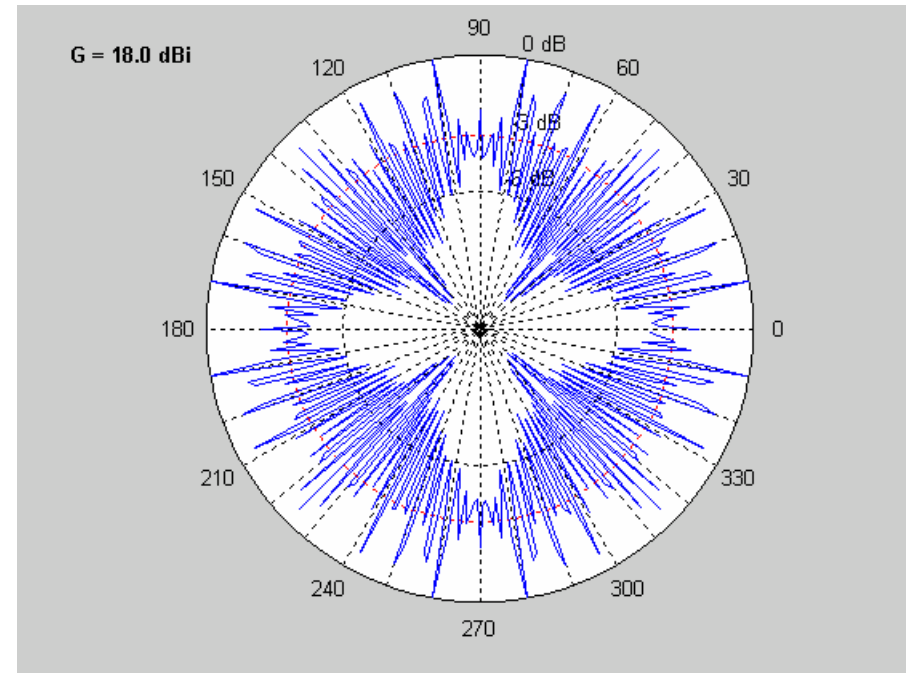
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Anteny pseudodookółę na wysokich obiektach



$$f = 450 \text{ MHz}$$

$$Q = 22.2\%; G_{avg} = 14.0 \text{ dBi}$$



$$f = 460 \text{ MHz}$$

$$Q = 44.4\%; G_{avg} = 14.0 \text{ dBi}$$

Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie poziomej dla układu z czterema równomiernie rozmieszczonymi antenami K 73 33 21

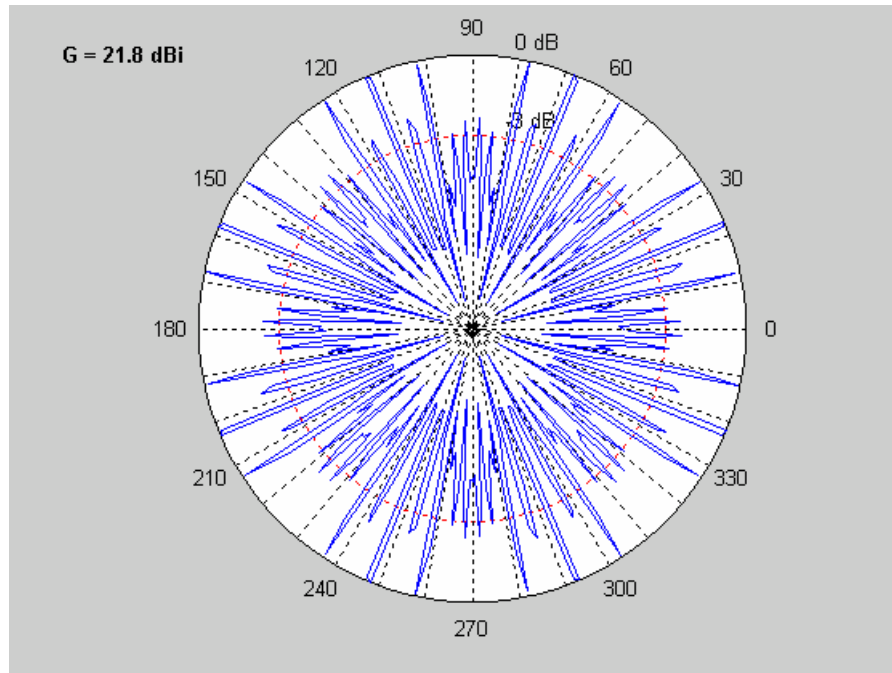


Politechnika Łódzka
Łódź, Polska

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe

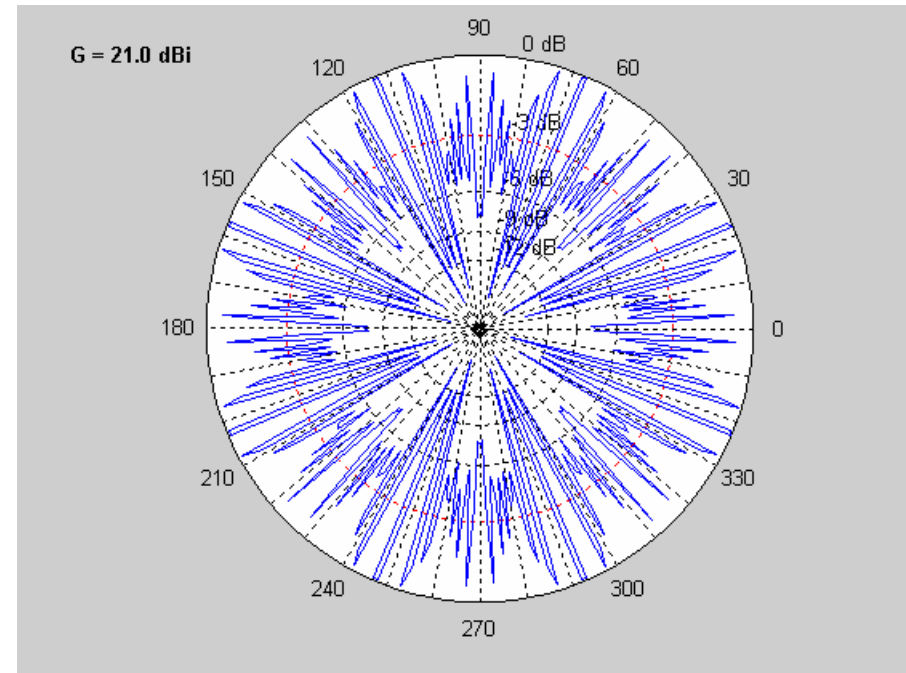


Anteny pseudodookóło na wysokich obiektach



$f = 450 \text{ MHz}$

$Q = 31.1\%$; $G_{avg} = 16.8 \text{ dBi}$



$f = 460 \text{ MHz}$

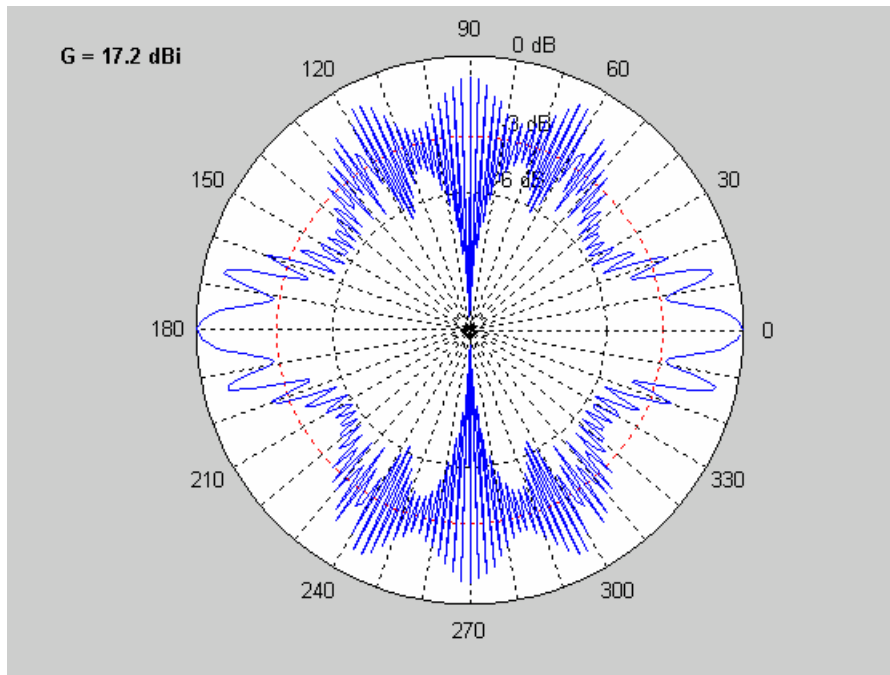
$Q = 35.6\%$; $G_{avg} = 16.9 \text{ dBi}$

Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie poziomej dla układu z ośmioma równomiernie rozmieszczonymi antenami K 73 33 21



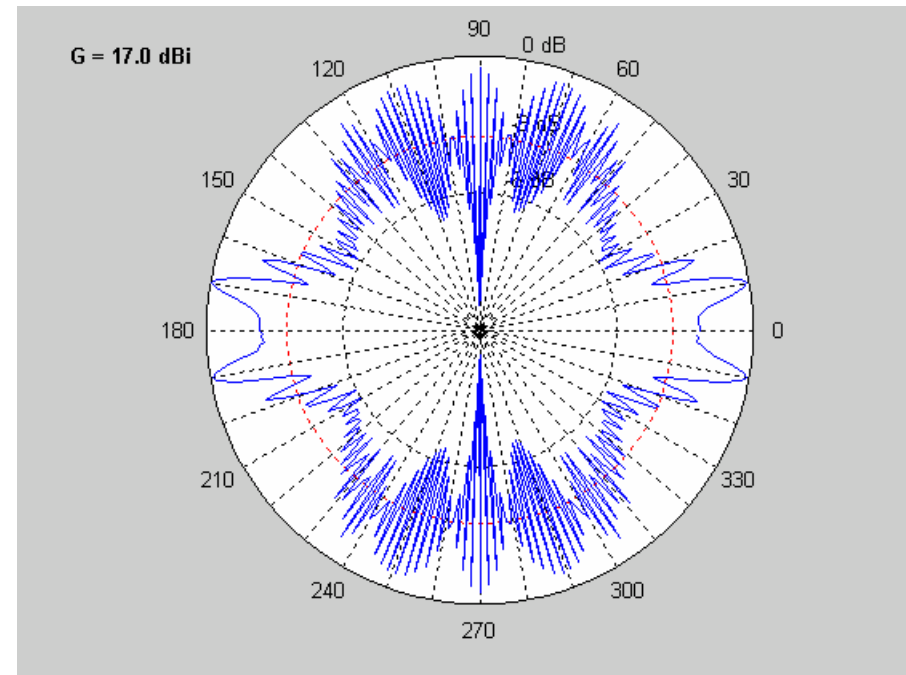


Anteny pseudodookółę na wysokich obiektach



$$d = 0.4 \text{ m}; 2\gamma = 86^\circ; f = 450 \text{ MHz}$$

$$Q = 45.8\%; G_{avg} = 13.9 \text{ dBi}$$



$$d = 0.4 \text{ m}; 2\gamma = 86^\circ; f = 460 \text{ MHz}$$

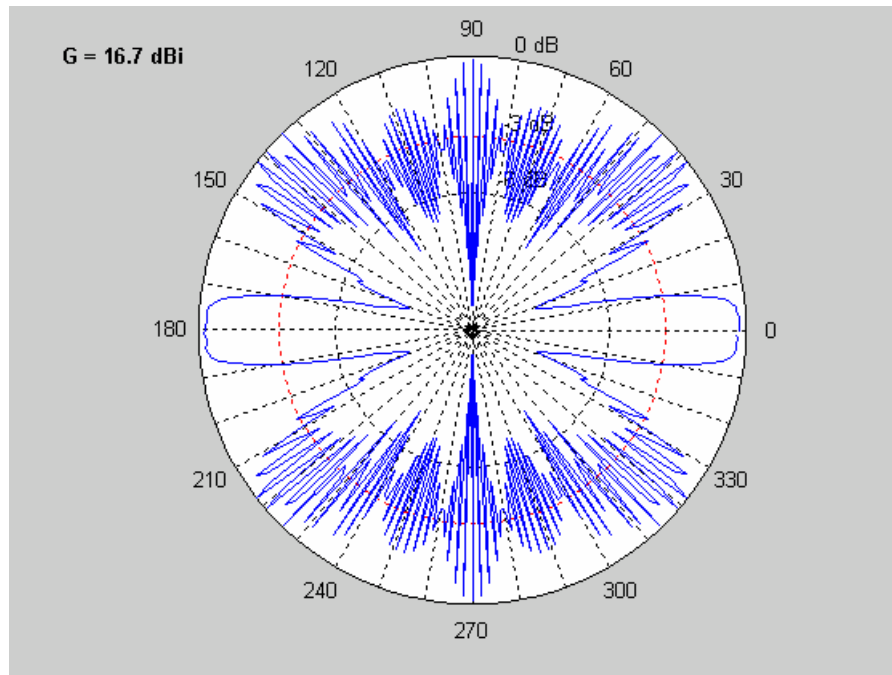
$$Q = 45.3\%; G_{avg} = 13.9 \text{ dBi}$$

Zoptymalizowane charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie poziomej dla układu z czterema nierównomiernie rozmieszczonymi antenami K 73 33 21



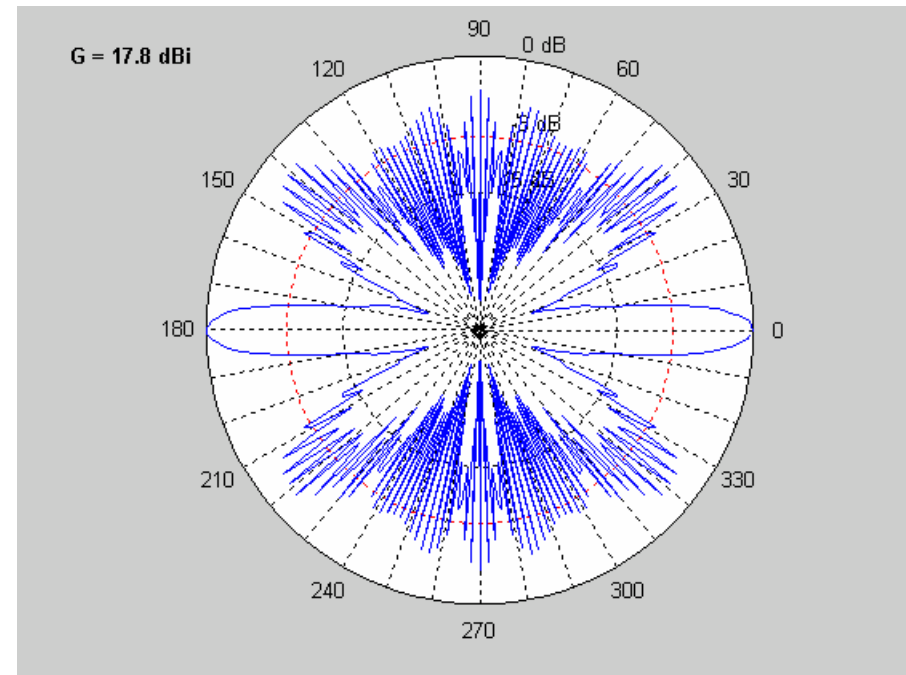


Anteny pseudodookóło na wysokich obiektach



$$d = 0.69 \text{ m}; 2\gamma = 98^\circ; f = 450 \text{ MHz}$$

$$Q = 47.8\%; G_{avg} = 13.2 \text{ dBi}$$



$$d = 0.69 \text{ m}; 2\gamma = 98^\circ; f = 460 \text{ MHz}$$

$$Q = 38.6\%; G_{avg} = 13.1 \text{ dBi}$$

Zoptymalizowane charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie poziomej dla układu z czterema nierównomiernie rozmieszczonymi antenami 738 049





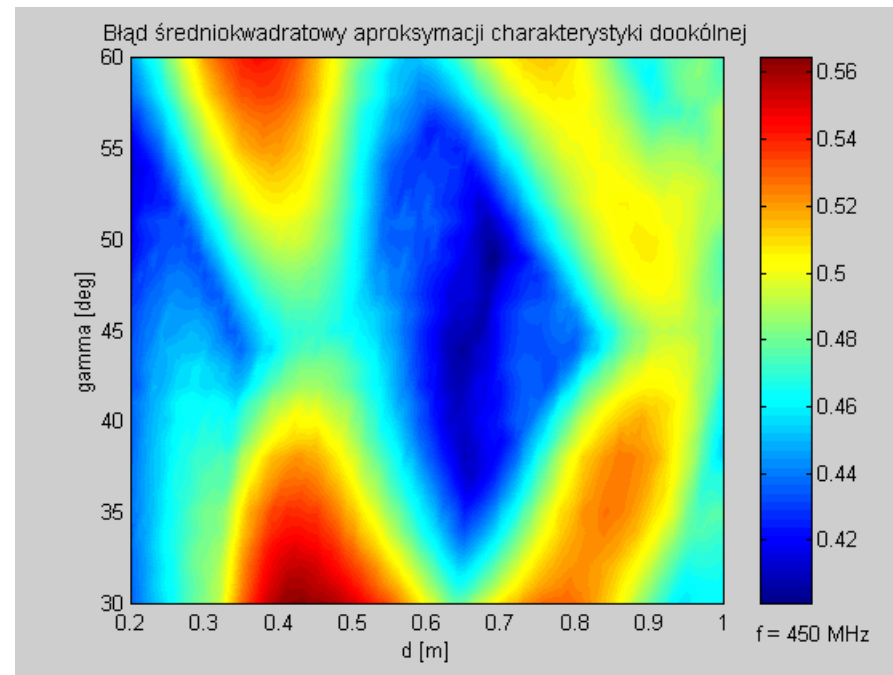
KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Anteny pseudodookółę na wysokich obiektach



Wpływ kąta γ i odległości d na wartość kryterium jakości Q dla jednego z układów anten



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

TETRA – Terrestrial Trunked Radio

ETSI rozpoczyna pracę nad nowym standardem trunkingu cyfrowego w 1989 r (dawna nazwa Trans European Trunked Radio):

- 1991 r. - osiągnięto porozumienie w sprawie wyboru techniki TDMA (ang. *Time Division Multiple Access*) z 4 szczelinami czasowymi w pasmie szerokości 25 kHz;
- 1995 r. - ukończono prace standaryzacyjne dla fazy pierwszej
- 1996 r. – zaalokowano wspólne pasma częstotliwości w UE (CEPT/NATO)
- 1997 r. – ukończono prace standaryzacyjne dla fazy drugiej
- 1997 r. – uruchomiono pierwsze systemy w standardzie TETRA
- 2000 r. – rozpoczęto prace nad wersją drugą (TETRA Release 2)



TETRA MoU Association <http://www.tetramou.com/>



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

TETRA – pasma częstotliwości

870 to 876 MHz (UL), 915 to 921 MHz (DL)
380 to 390 MHz (UL), 390 to 400 MHz (DL)
410 to 420 MHz (UL), 420 to 430 MHz (DL)
450 to 460 MHz (UL), 460 to 470 MHz (DL)

- DL – Downlink (kanały „w dół”)
- UL – Uplink (kanały „w górę”)



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



Wybrane parametry systemu TETRA 1

- Standard ETSI TETRA V+D: ETS 300 392
- Odstęp sąsiedniokanałowy 25 kHz
- Typowa moc nadawania po stronie stacji bazowej 25 W ERP na kanał
- Typowa moc nadawania terminala 1 W, 3 W, 10 W
- Czułość statyczna odbiornika terminala (BER = 1.2%; 4.8 kb/s; N = 4) - 113 dBm
- Czułość statyczna odbiornika stacji bazowej (BER = 1.2%; 4.8 kb/s; N = 4) -115 dBm
- Czułość dynamiczna odbiornika terminala (TU50; BER = 1.2%; 4.8 kb/s; N = 4) -104 dBm
- Czułość dynamiczna stacji bazowej (TU50; BER = 1.2%; 4.8 kb/s; N = 4) -106 dBm
 - TU50 (ang. Typical Urban at 50 km/h)





KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wybrane parametry systemu TETRA 1

- Transmisja głosu : Semi-duplex, duplex
- Metoda wielodostępu TDMA
- Modulacja $\pi/4$ -DQPSK
- Szybkość modulacji 36 kb/s
- Maksymalna szybkość transmisji danych (bez zabezpieczenia) 28.8 kbit/s
- Kodowanie mowy A-CELP; 4,567 kb/s
- Zasięg w terenie słabo zurbanizowanym: ok. 14 km
- Zasięg w terenie zurbanizowanym ok. 4,5 km



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wybrane parametry systemu **TETRAPOL**

- Odstęp sąsiedniokanałowy 25 kHz
- Typowa moc nadawania po stronie stacji bazowej 25 W ERP na kanał
- Typowa moc nadawania terminala 1 W, 2 W, 10 W
- Czułość statyczna odbiornika terminala (BER = 1.5%) -119 dBm
- Czułość statyczna odbiornika stacji bazowej (BER = 1.5%) -121 dBm
- Czułość dynamiczna odbiornika terminala (TU50; BER = 1.5%) -111dBm
- Czułość dynamiczna stacji bazowej (TU50; BER = 1.5%) -113 dBm
 - TU50 (ang. Typical Urban at 50 km/h)



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL INVESTMENT

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION
REGIONAL DEVELOPMENT



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wybrane parametry systemu **TETRAPOL**

- Transmisja głosu : Semi-duplex, duplex
- Metoda wielodostępu FDMA
- Modulacja GMSK, BT = 0.25
- Szybkość modulacji 8 kbit/s
- Maksymalna szybkość transmisji danych (bez zabezpieczenia) 7,2 kb/s
- Kodowanie mowy RP-CELP; 6 kb/s
- Zasięg w terenie słabo zurbanizowanym: ok. 20 km
- Zasięg w terenie zurbanizowanym ok. 6 km



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



TETRA

1 ramka = 4 szczeliny czasowe



Kanały
„w dół”



Kanały
„w górę”



Czas



TDD/FDD (time and frequency division duplex)



KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL INVESTMENT

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION
REGIONAL DEVELOPMENT



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

TETRA

Szybkość transmisji [kb/s]				
Liczba szczelin	1	2	3	4
Bez zabezpieczenia	7.2	14.4	21.6	28.8
Niski poziom zabezpieczenia	4.8	9.6	14.4	19.2
Wysoki poziom zabezpieczenia	2.4	4.8	7.2	9.6

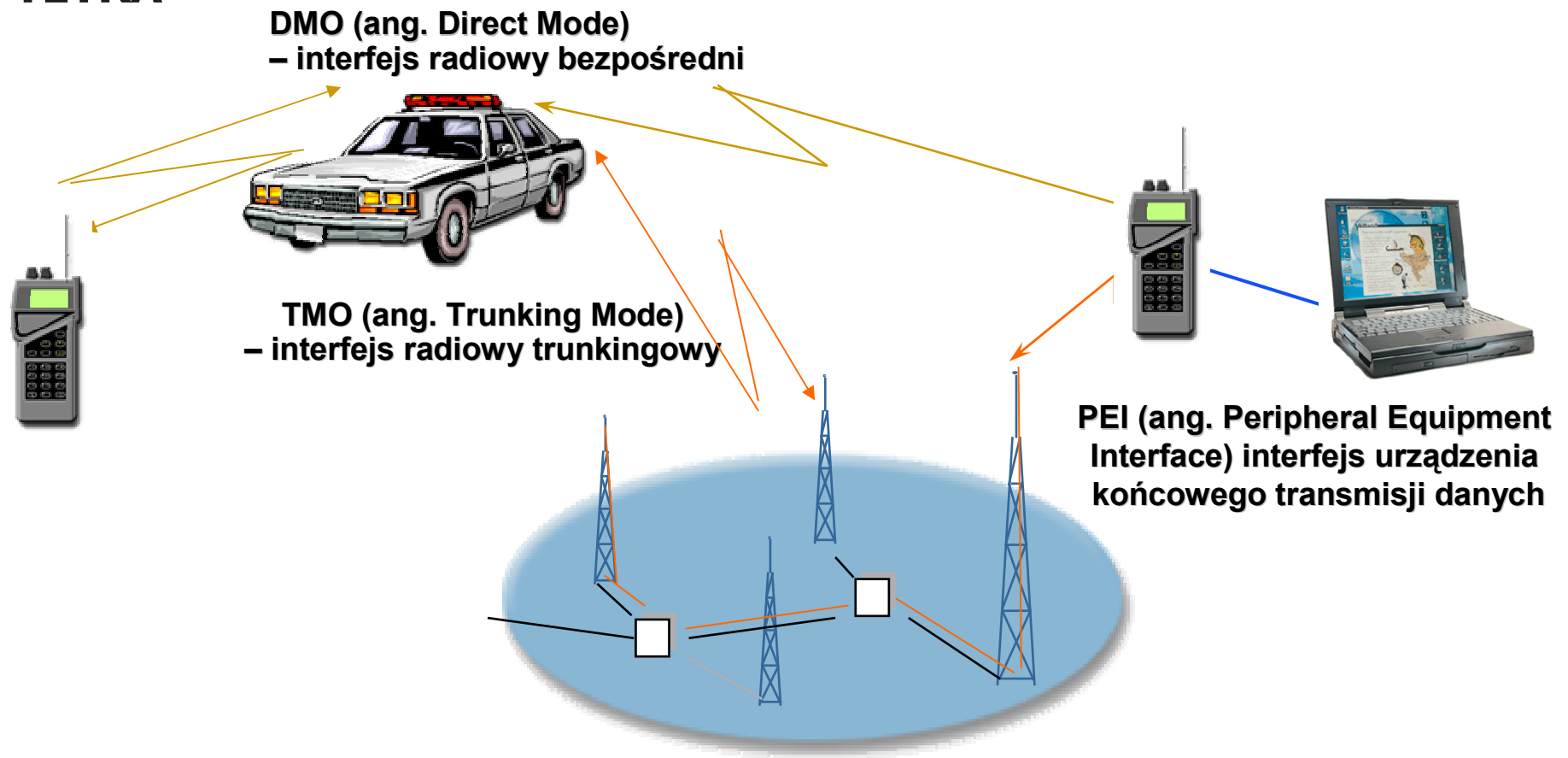
Szybkości transmisji dostępne w TETRA 1



Politechnika Łódzka
Łódź, ul. Żeligowskiego 1

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe

TETRA



Różne rodzaje interfejsów radiowych w systemie TETRA



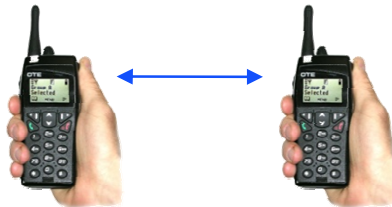
KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL INVESTMENT

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION
REGIONAL DEVELOPMENT



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

TETRA



1. Połączenie indywidualne



2. Połączenie grupowe



3. Połączenie podwójne



4. Tryb bezpośredni zarządzany

Tryby połączeń bezpośrednich (1)

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

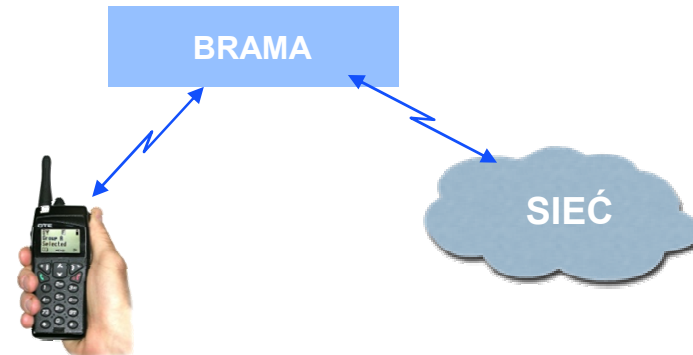
TETRA



5. Tryb bezpośredni z przemiennikiem



7 Tryb z bramą i przemiennikiem



6. Tryb bezpośredni z bramą

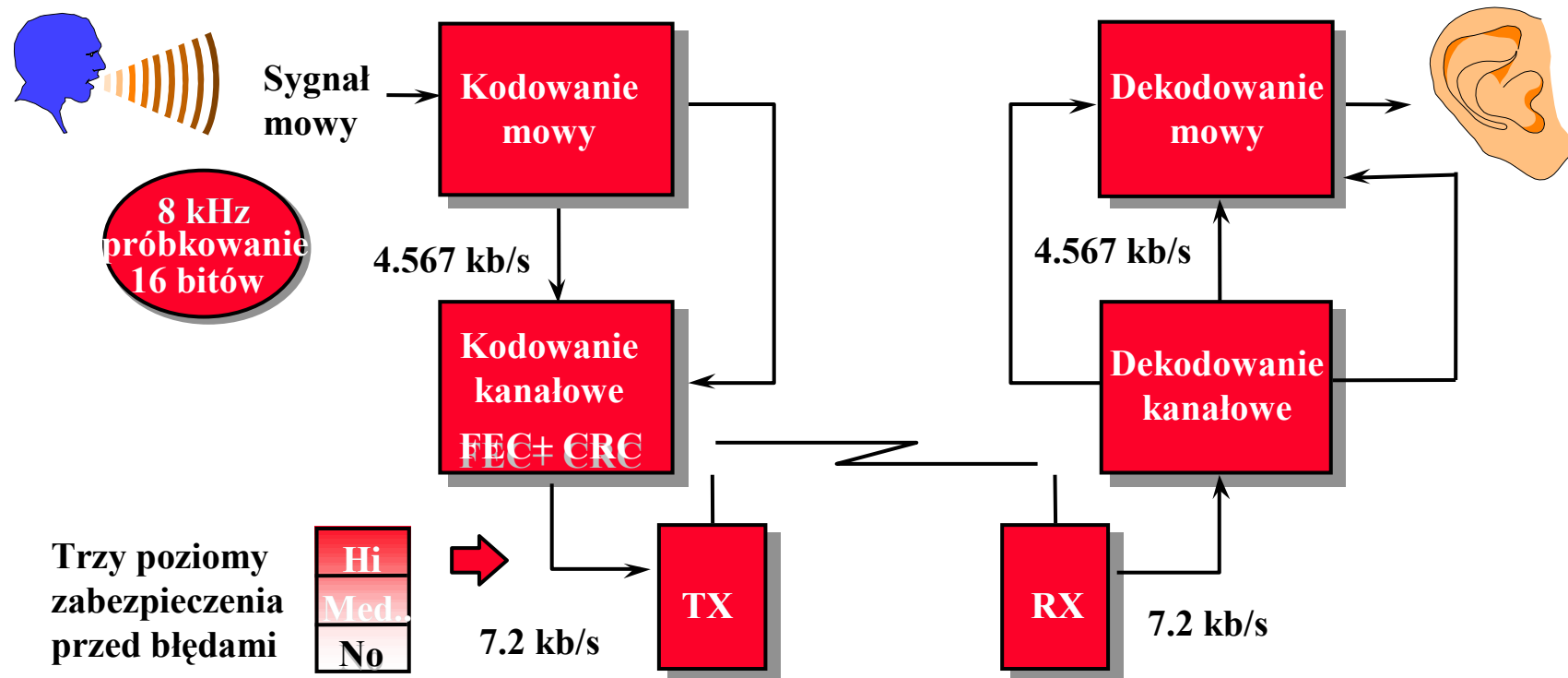


8. Tryb zarządzany z bramą i przemiennikiem

Tryby połączeń bezpośrednich (2)

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe

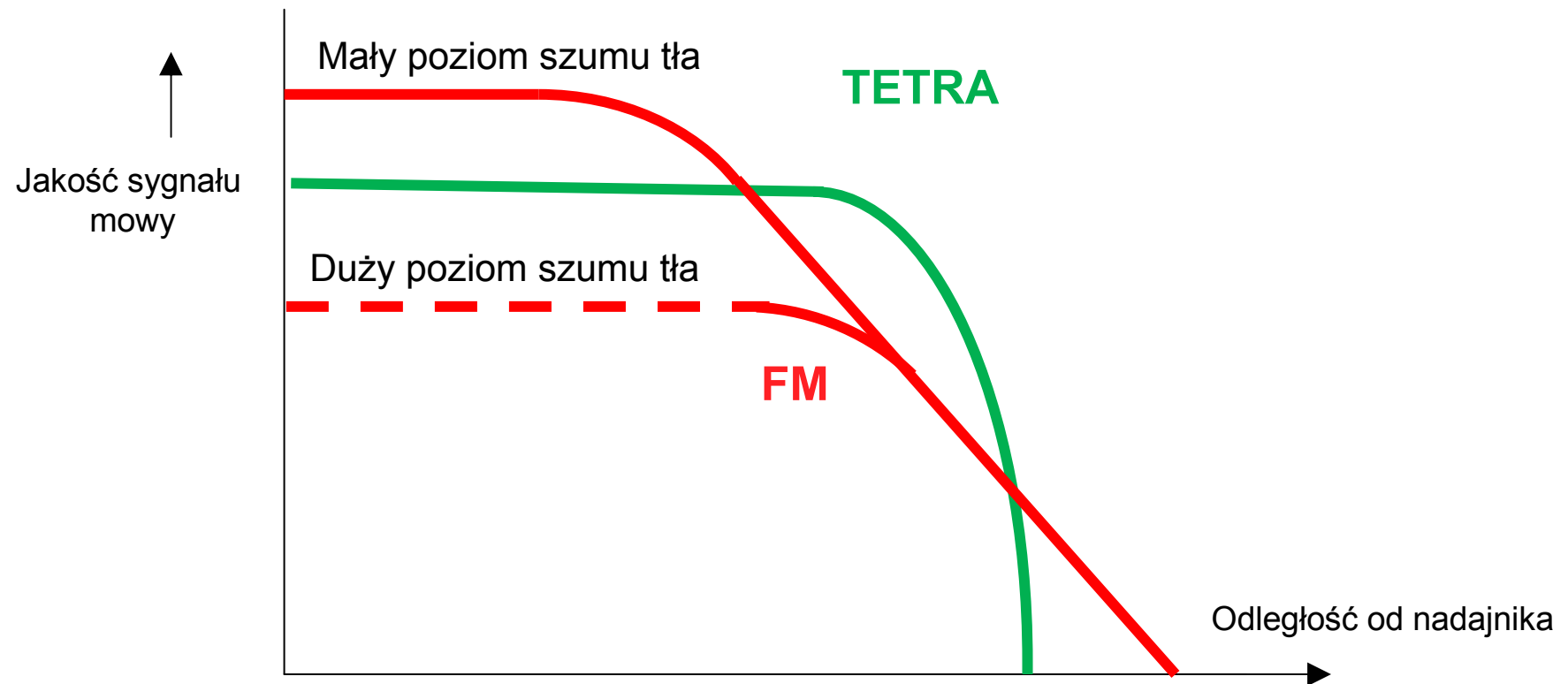
TETRA



Transmisja sygnału mowy



TETRA

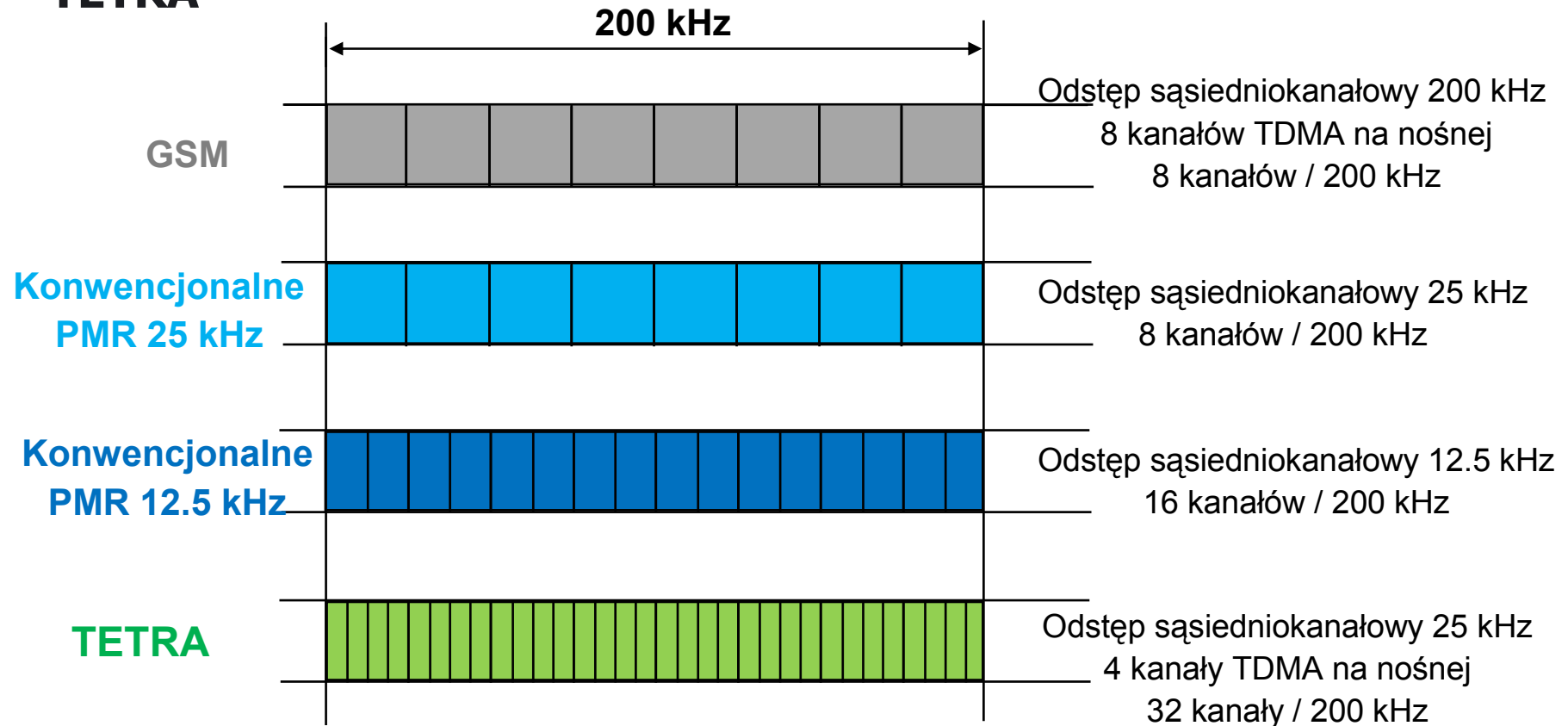


*Charakter zależności jakości sygnału mowy od odległości do nadajnika
dla transmisji cyfrowej i analogowej*





TETRA



Szerokość pasma na kanał w różnych systemach





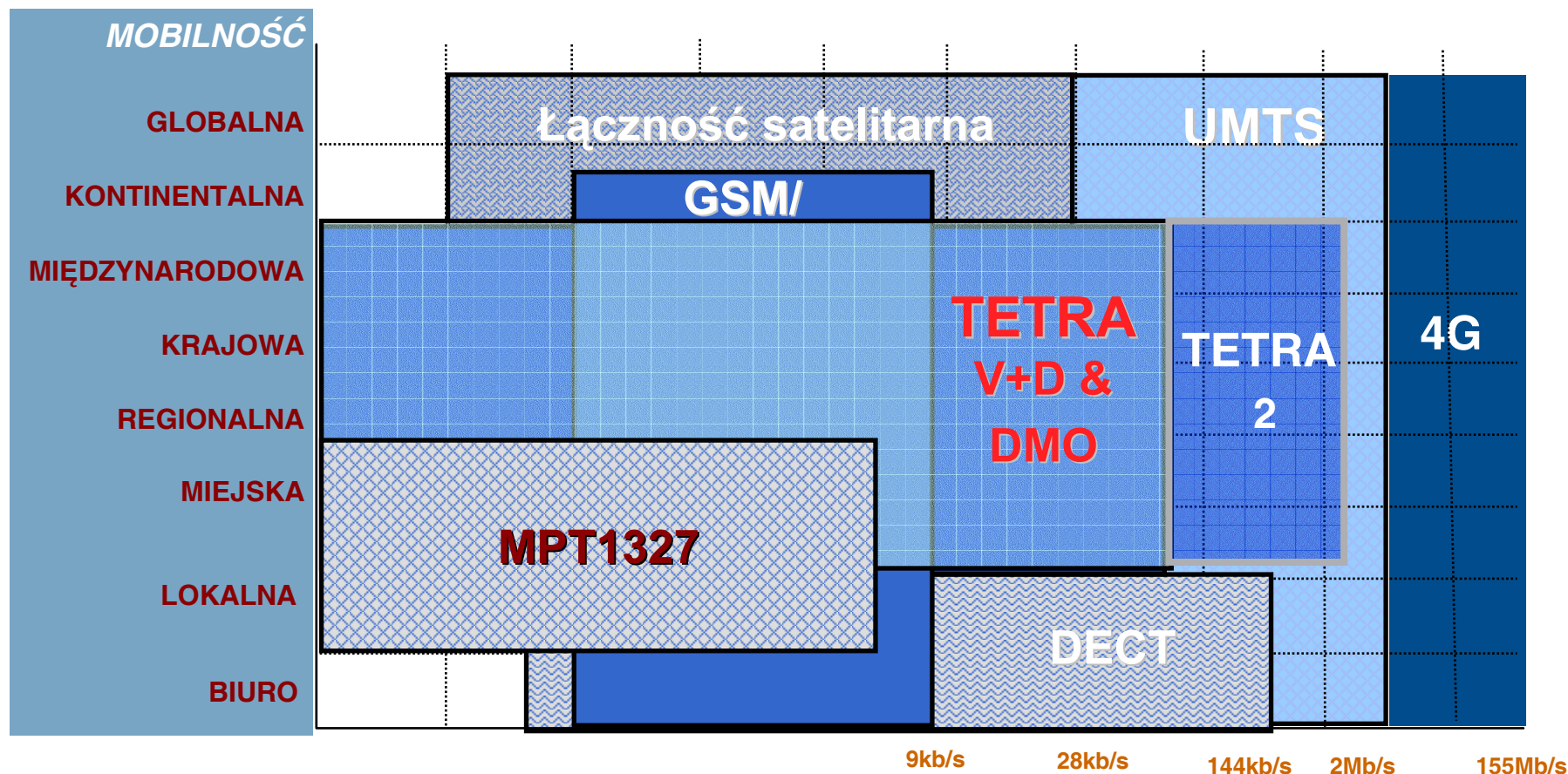
KAPITAŁ LUDZKI
HUMAN CAPITAL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEAN UNION



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

TETRA



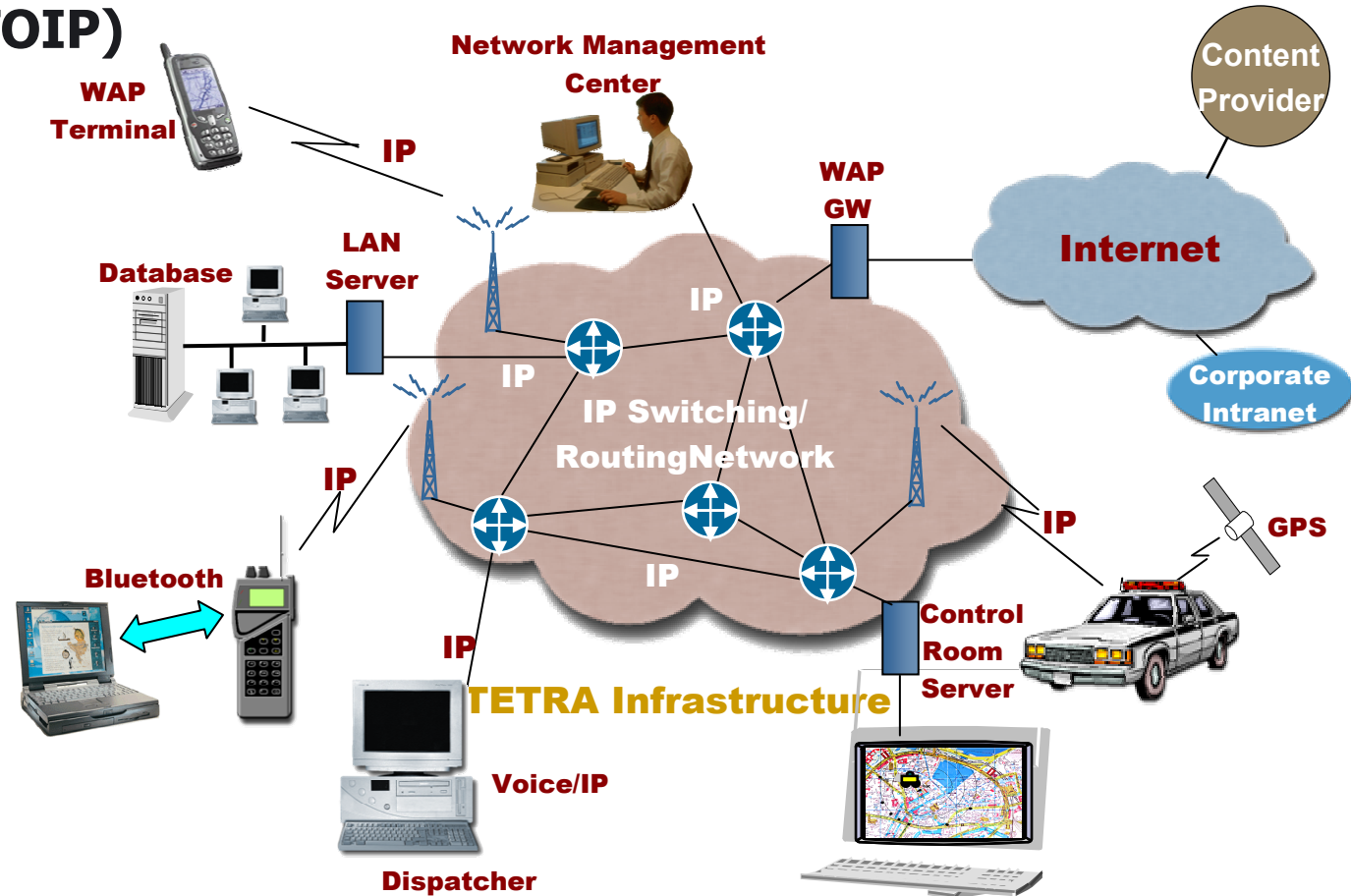
Na podstawie B. Oliver , „Standardisation for Emergency Communications
ETSI Project TETRA”



Politechnika Łódzka
Łódź University of Technology

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania : Systemy trunkingowe

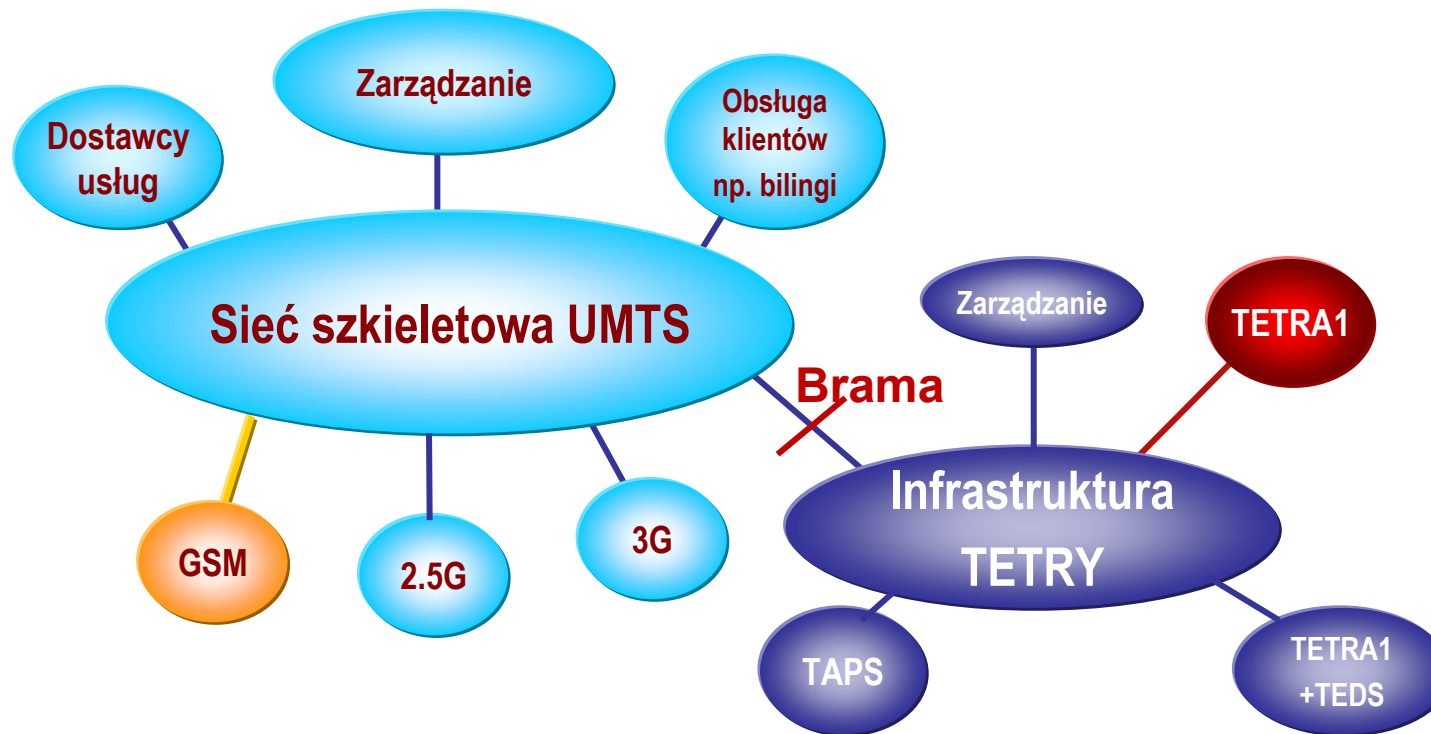
TETRA na IP (TOIP)



Na podstawie: M. Nouri, „TETRA architecture and interfaces”



Integracja TETRY i systemów 3G



Na podstawie: M. Nouri TETRA Enhanced Data Service (TEDS)