

Tomasz Kacprzak

# **Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne**

## **Analiza ruchu i protokoły komunikacyjne**

---

Zadanie nr 30 – Dostosowanie kierunku Elektronika i Telekomunikacja  
do potrzeb rynku pracy i gospodarki opartej na wiedzy



**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](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



---

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Protokoły komunikacyjne



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

---

*Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne*



# Zalety rozwiązań bezprzewodowych

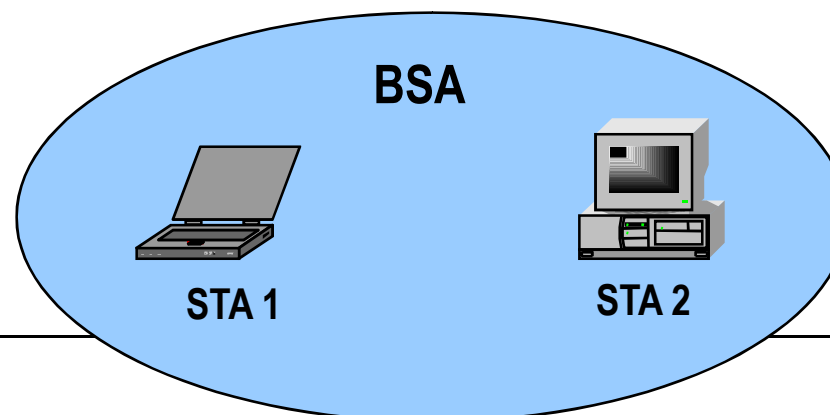
- **Szybkość i prostota instalacji**: brak potrzeby tworzenia nowej infrastruktury
- **Elastyczność**: możliwość adaptacji zmian w strukturze i konfiguracji sieci
- **Mobilność**: dostęp do informacji w czasie rzeczywistym bez ograniczenia swobody przemieszczania się
- **Zasięg**: może być rozszerzony do miejsc, które nie mogą być łatwo „usieciowione” przewodowo
- **Skalowalność**: różnorodność topologii





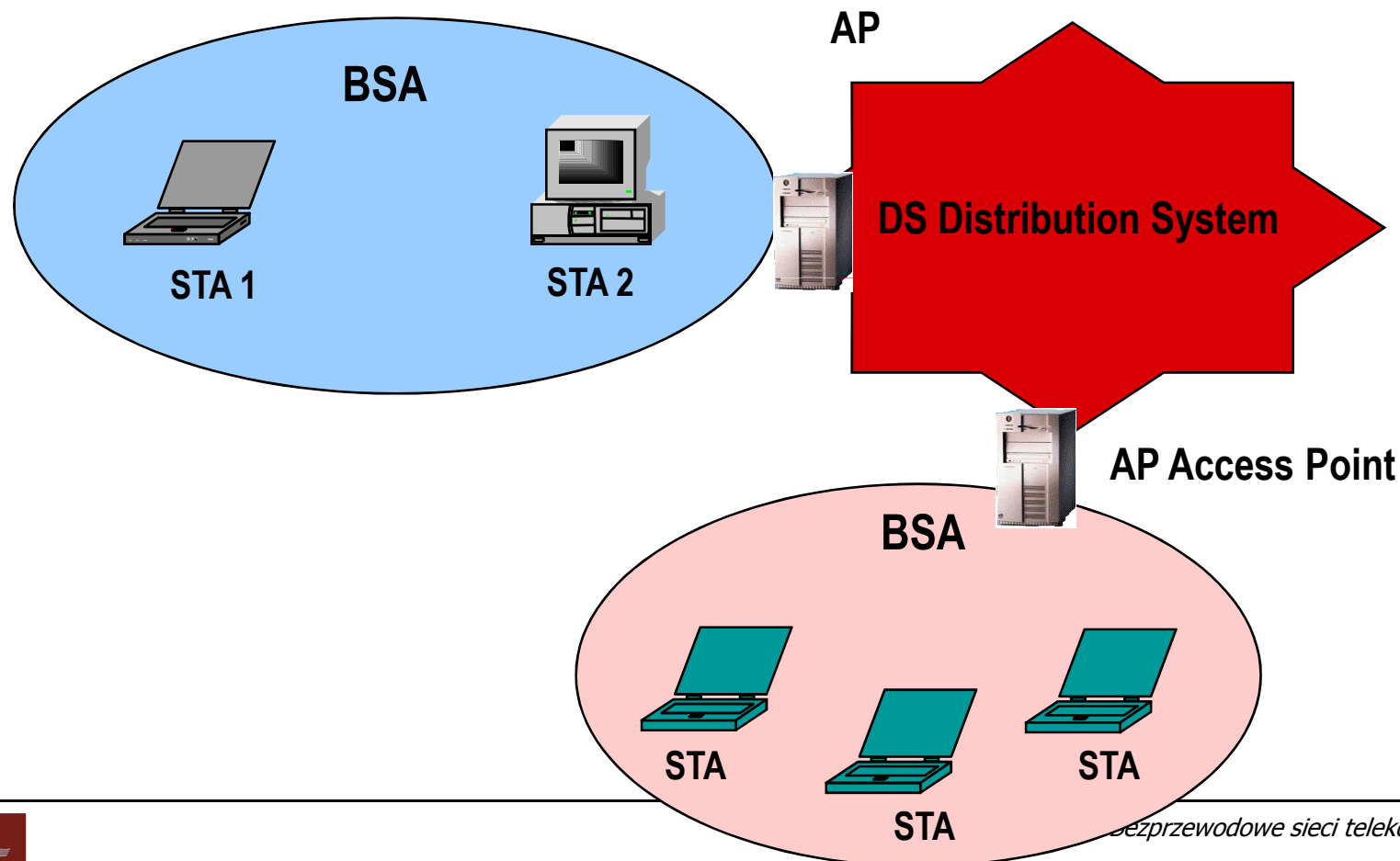
# Architektura sieci bezprzewodowych

- W sieciach bezprzewodowych adresowalną jednostką jest stacja STA
- Ze względu na ograniczenia zasięgów propagacyjnych sieci bezprzewodowe składają się z pojedynczych obszarów
- Podstawową jednostką topografii sieci jest obszar, wewnątrz którego realizowana jest łączność bezprzewodowa BSA (Basic Service Area).
- W sieciach przewodowych adres jest równoważny z jego fizyczną lokacją
- Wszystkie urządzenia nadawczo-odbiorcze wewnątrz jednego BSA słyszą się nawzajem i są razem logicznie skojarzone, BSS (Basic Service Set)



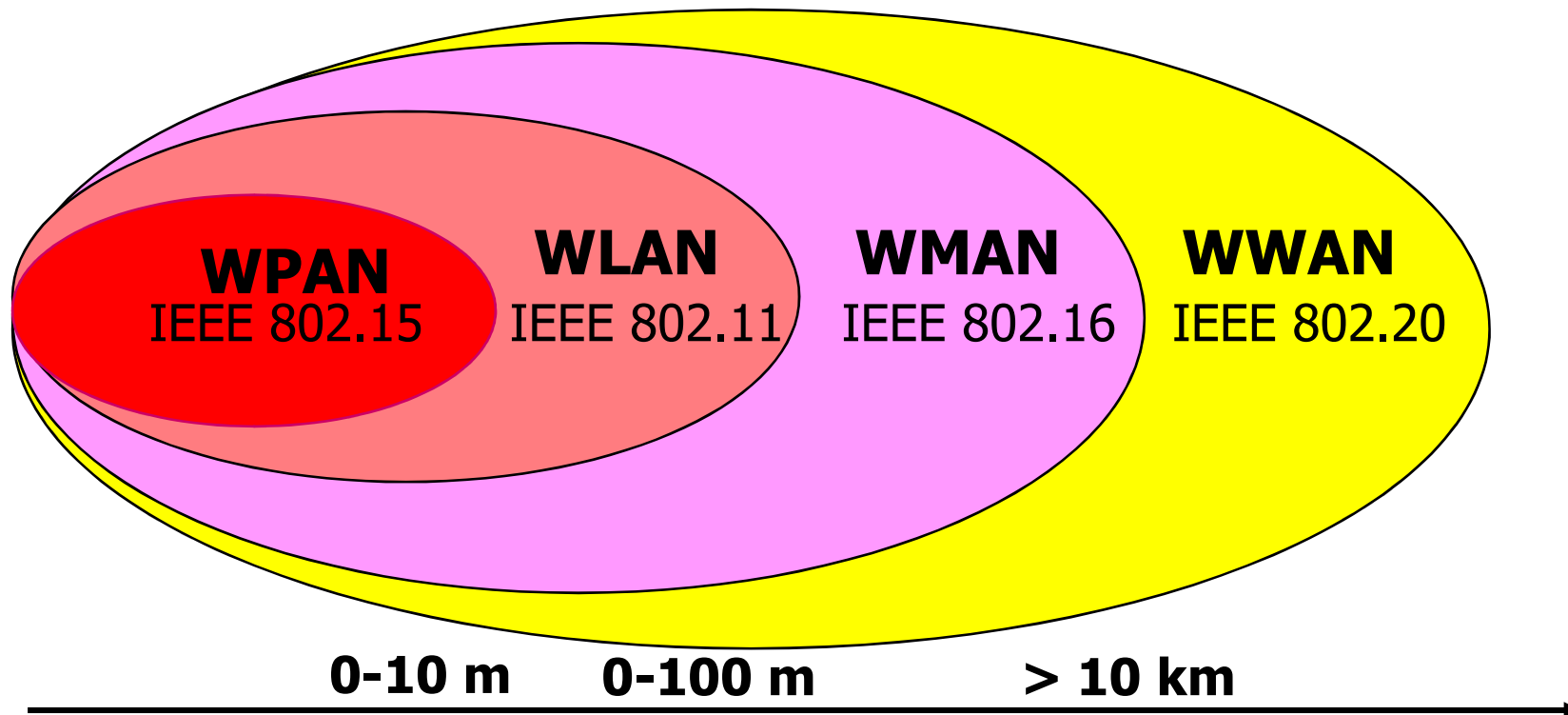


## Przyłączenie do infrastruktury sieciowej przewodowej odbywa się za pomocą komputera - punktu dostępowego, pełniącego rolę routera





# Standardy i zasięgi



# Właściwości sieci bezprzewodowych

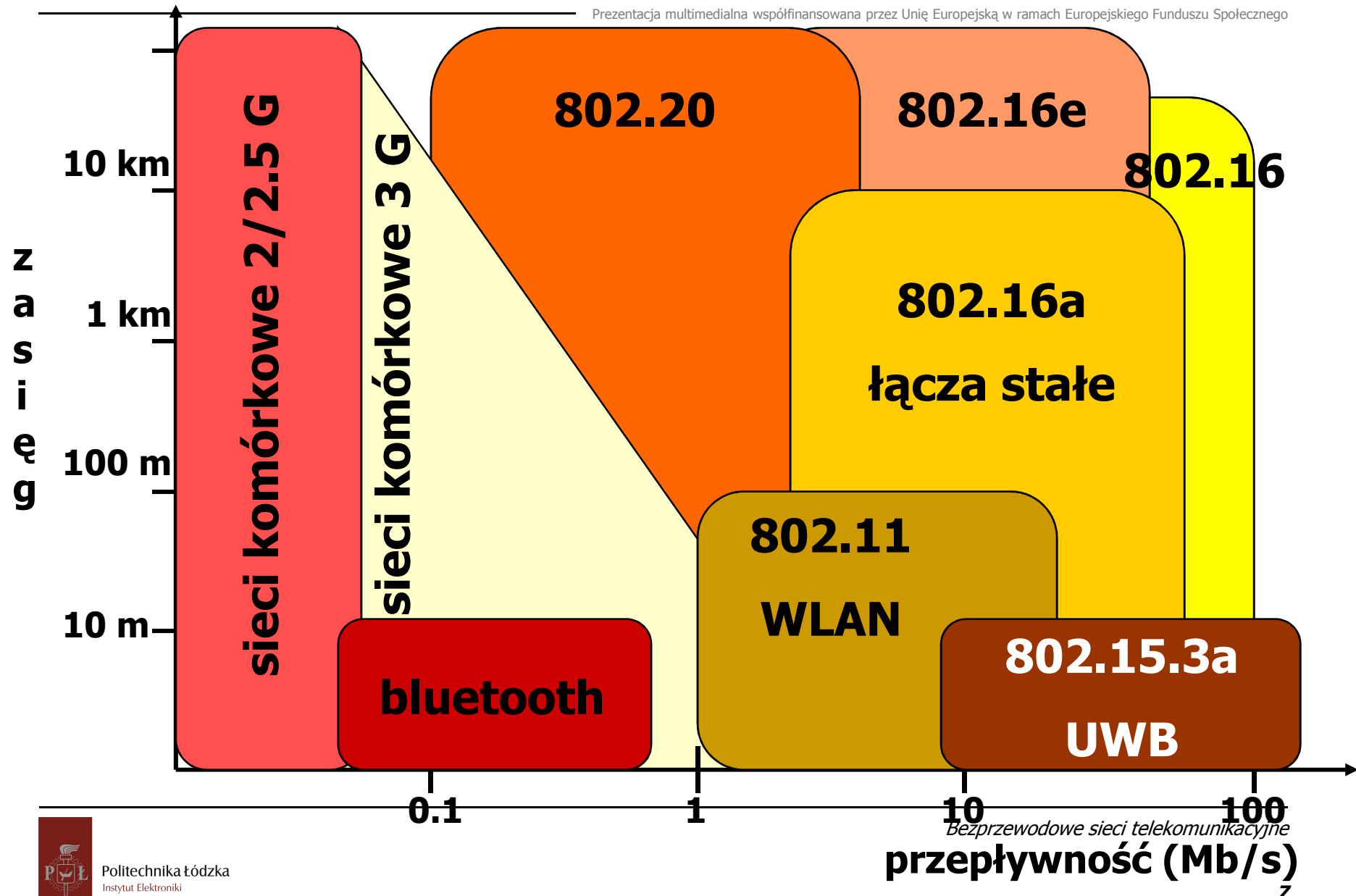


KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

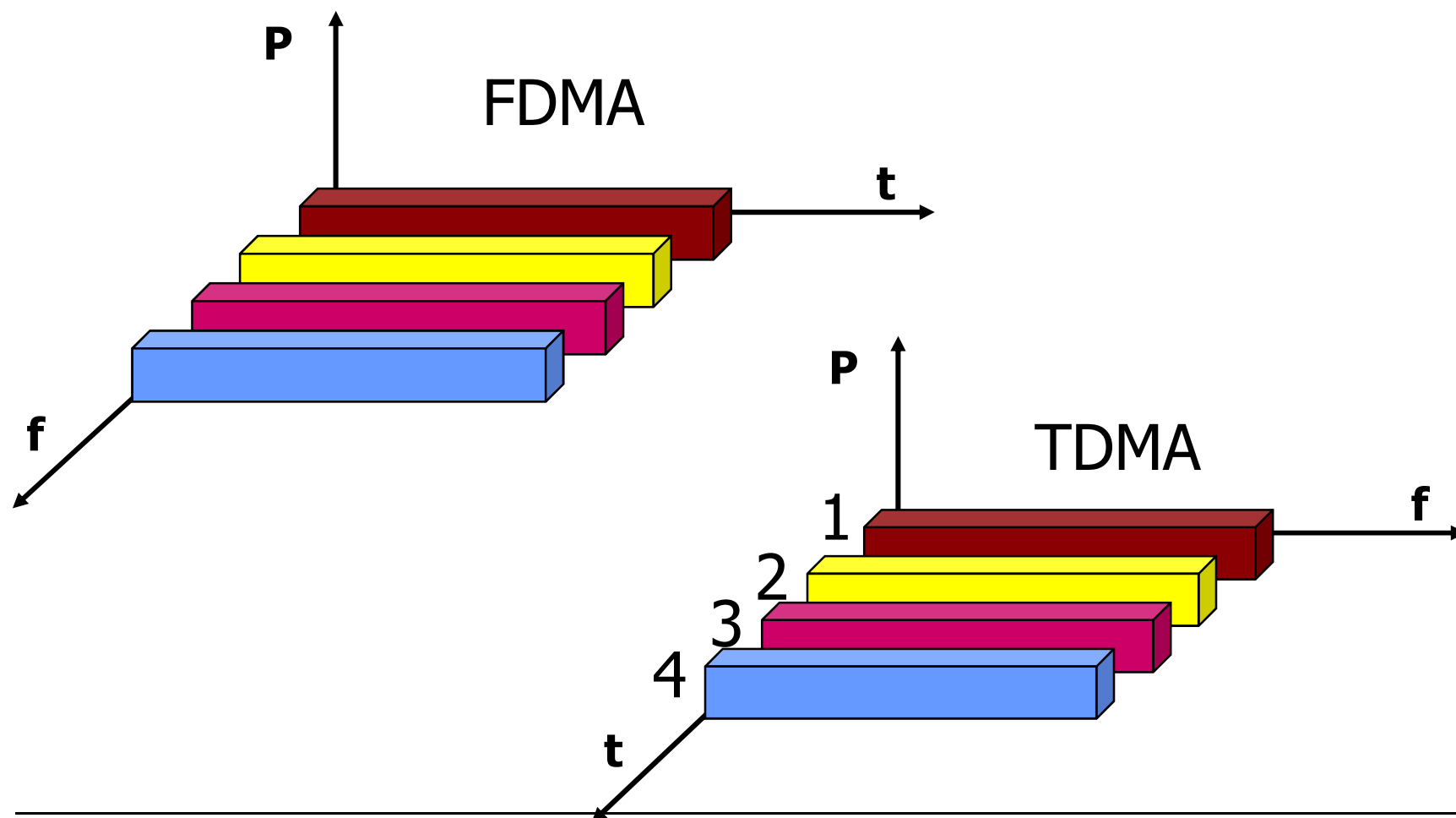


## Dostęp do wspólnego nośnika (medium)

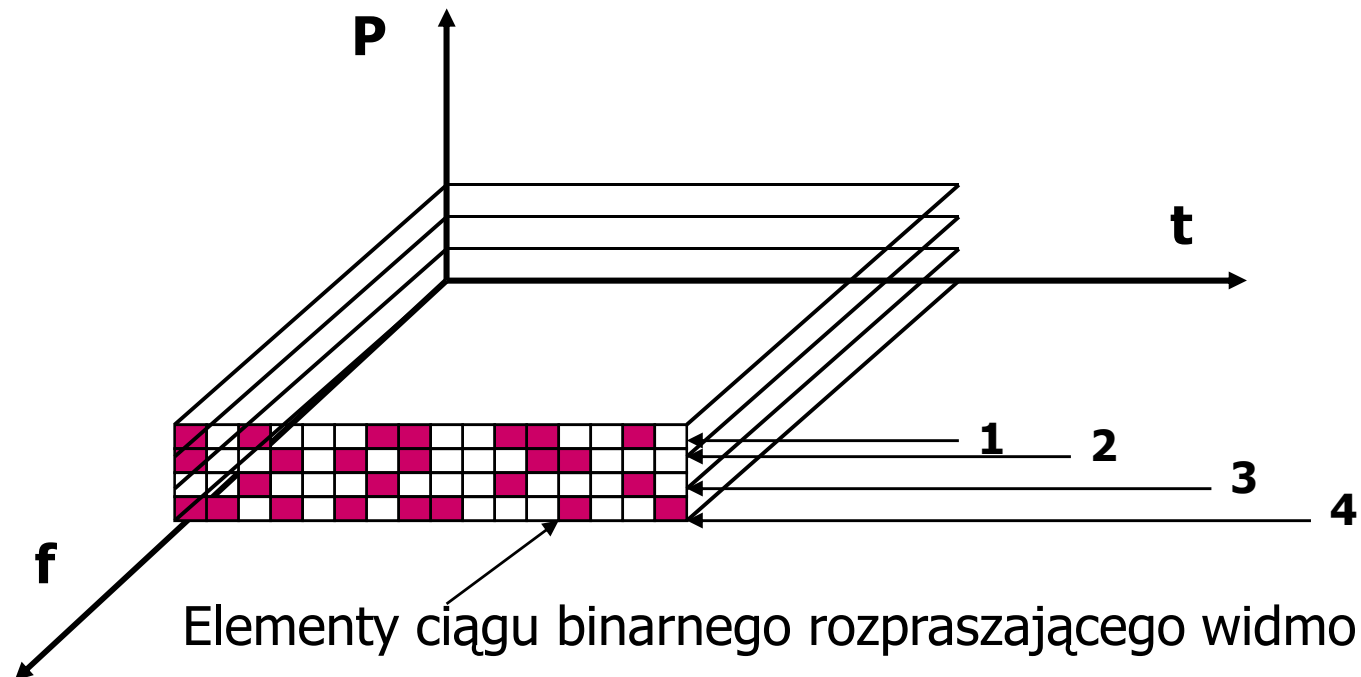
- **Niezależne wykorzystanie przez wielu użytkowników tego samego pasma częstotliwości przydzielonego dla systemu**
- **Rozwiązania klasyczne:**
  - **podział częstotliwości, FDMA (Frequency Division Multiple Access)**
  - **podział czasu, TDMA (Time Division Multiple Access)**
- **Niezależne użytkowanie tego samego pasma częstotliwości jest możliwe dzięki spełnieniu postulatu ortogonalności w dziedzinie częstotliwości lub w dziedzinie czasu.**







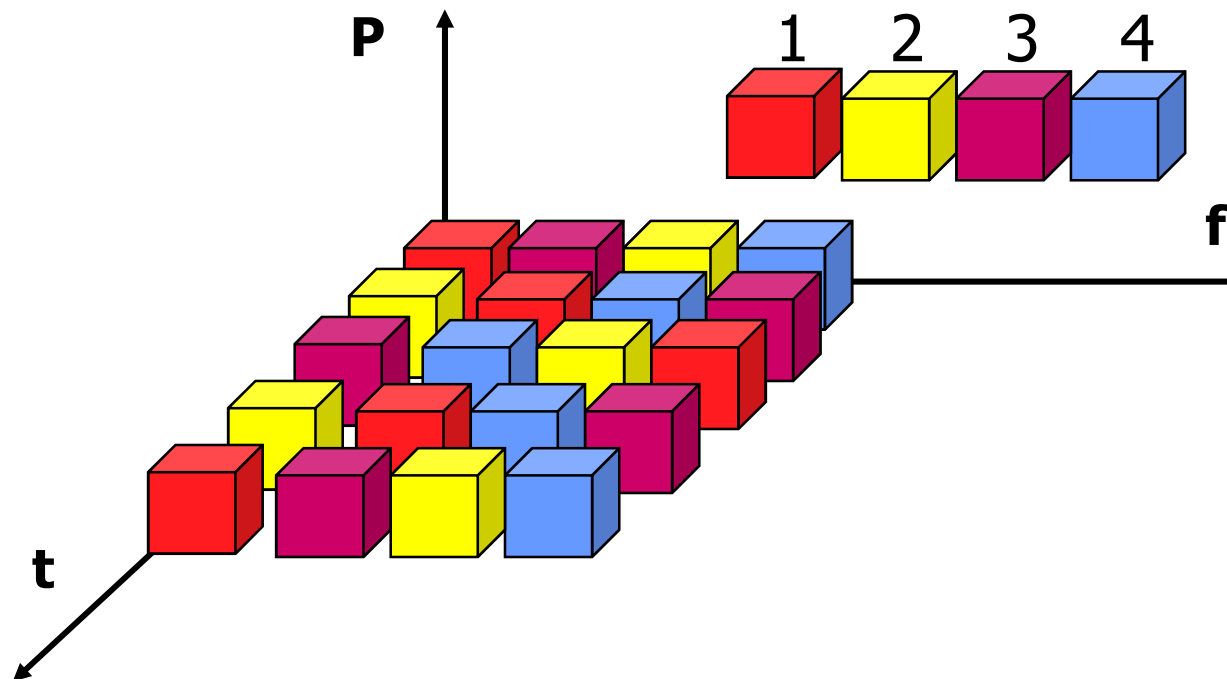
## System z podziałem kodowo-czasowym DS CDMA ortogonalność w dziedzinie czasu



Różne ciągi binarne o ustalonej długości spełniające warunek ortogonalności w dziedzinie czasu są przyporządkowane innemu użytkownikowi. Ciągi te są wykorzystywane do przesyłania każdego z osobna sygnału elementarnego przenoszącego informację.



## System z podziałem kodowo-częstotliwościowym FH CDMA ortogonalność w dziedzinie częstotliwości



Różne ciągi binarne o ustalonej długości są przyporządkowane poszczególnym użytkownikom w celu wybierania w danym przedziale czasu odpowiedniej nośnej - skakanie po częstotliwościach. Ciągi nośnych muszą być ortogonalne w dziedzinie częstotliwości.



# System z podziałem kodowo-czasowym DS CDMA

- Jest oparty na stosowaniu po stronie nadawczej obok modulacji wielkiej częstotliwości nowej operacji realizującej rozpraszanie widma ciągu sygnałów elementarnych i komplementarnej do niej operacji skupiania tego widma po stronie odbiorczej.
- Rozpraszanie widma polega na liniowej modulacji każdego z osobna sygnału elementarnego (bitu) ciągu  $x(t)$  o szybkości  $R_b = 1/T_b$  oraz szerokopasmowego ciągu przypadkowego PP  $p(t)$  (chipu) o szybkości  $R_c = 1/T_c$ , przy czym  $T_c \ll T_b$ .



# DS CDMA - nadajnik

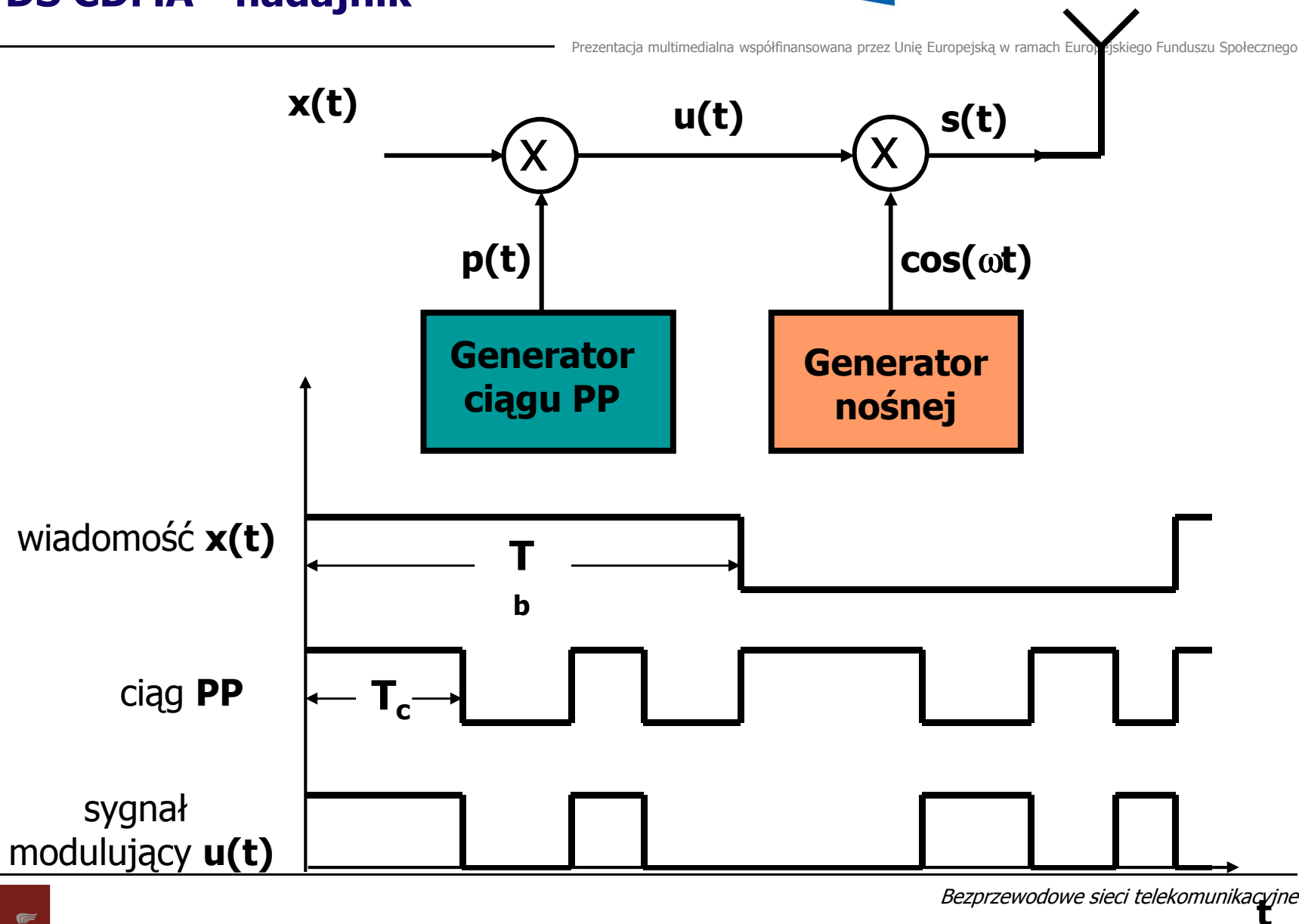


KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



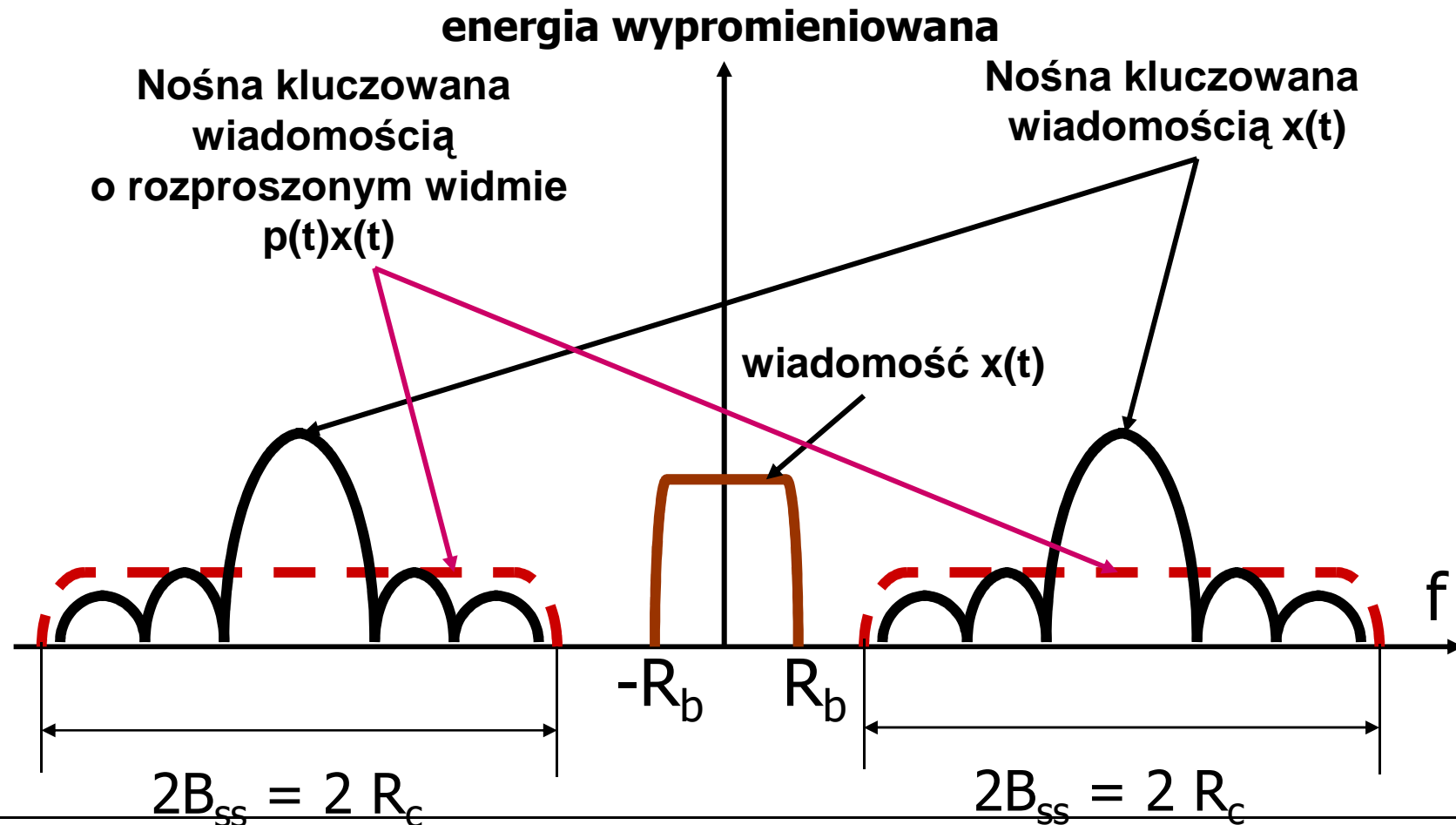
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne

# Gęstość mocy sygnału użytecznego bez rozpraszania i z rozpraszaniem widma



*Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne*



## DS CDMA - odbiornik

- W odbiorniku jest przeprowadzana operacja odwrotna, tzn. skupiania widma sygnału pożądanego użytkownika.
- Sygnały pozostałych użytkowników nie podlegają skupieniu wskutek ich ortogonalności z sygnałem pożądanym.
- W przypadku kanału bezszumnego na wyjściu demodulatora otrzymuje się sygnał:

$$r(t) = x(t) p(t) \cos(\omega_0 t) \quad 2 \cos(\omega_0 t) = x(t) p(t) + x(t) p(t) \cos(2\omega_0 t)$$

- Na wyjściu filtra dolnoprzepustowego FDP:  $z(t) = x(t) p(t)$
- Jeżeli lokalny ciąg PP jest synchroniczny z ciągiem PP zawartym w sygnale odebranym, to na wyjściu filtra dopasowanego otrzymuje się sygnał  $x^*(t)$  z dokładnością do współczynnika proporcjonalności:

$$x^*(t) = x(t) p^2(t)$$



# DS CDMA - odbiornik

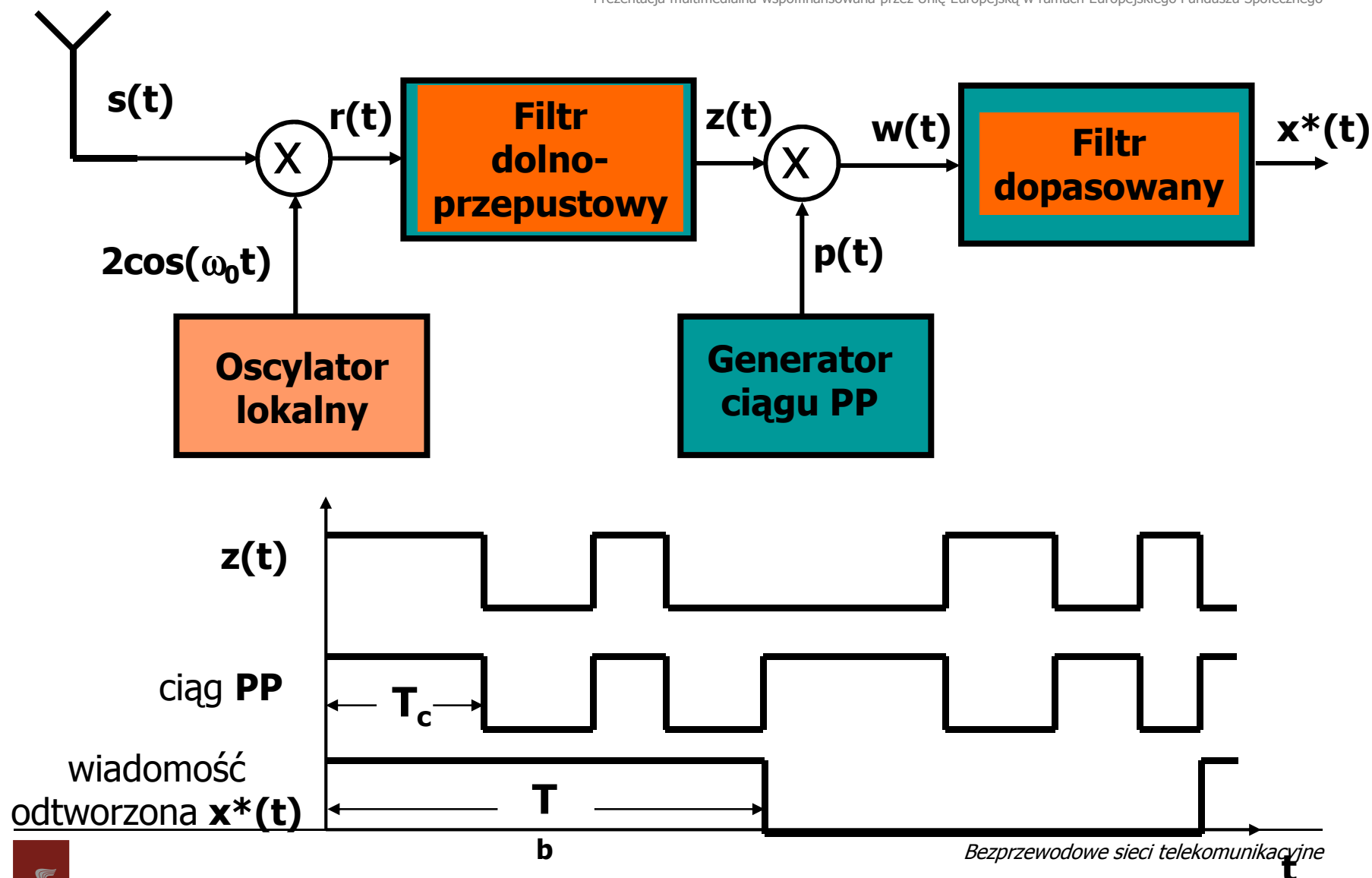


KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne



# Odporność na zakłócenia

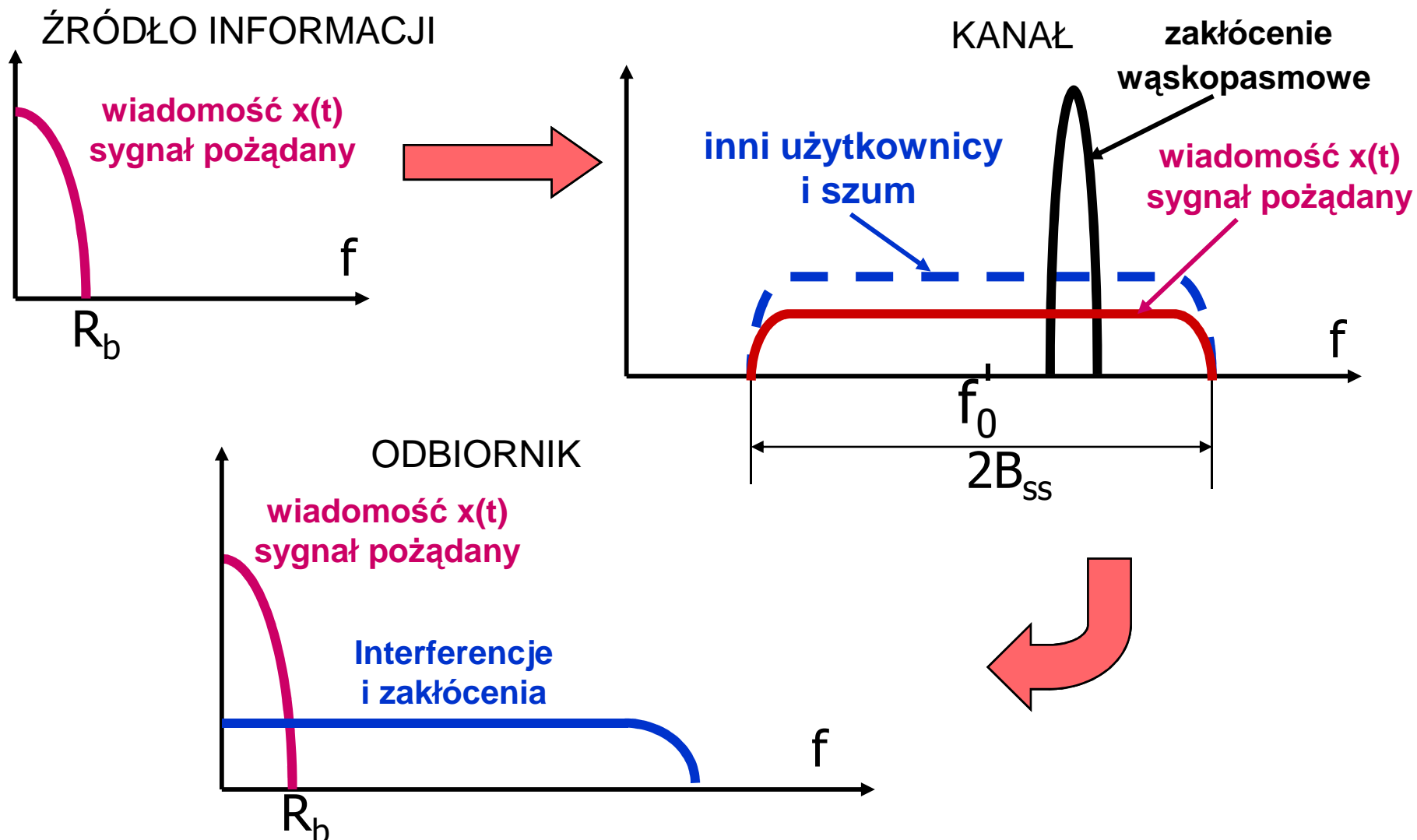


KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



---

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Sieci ad-hoc i sensorowe



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

---

*Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne*



## Cechy charakterystyczne

1. **Dynamiczna topologia – w wyniku ruchu węzły zmieniają pozycje szybko i przypadkowo**
2. **Kanały bezprzewodowe mają znacznie mniejszą pojemność transmisyjną niż kanały przewodowe**
3. **Najczęściej węzły są zasilane bateryjnie – protokoły komunikacyjne muszą być projektowane pod kątem minimalizacji poboru energii**
4. **Protokoły komunikacyjne wykorzystują najczęściej transmisję wieloskokową poprzez węzły pośrednie**
5. **Sieci bezprzewodowe ad-hoc i sensorowe są znacznie bardziej niż inne podatne na naruszenie bezpieczeństwa i poufności transmisji (np. podsłuchy, ataki z zewnątrz, itp.).**





# Komunikacja pomiędzy węzłami

1. **Od sieci wymaga się, aby zawsze zapewniona była komunikacja radiowa każdego węzła z każdym innym węzłem niezależnie od zmian topologii sieci**
2. **Z tego powodu metody trasowania transmisji pakietów w sieci, czyli metody tzw. rutingu muszą spełniać funkcje:**
  - **wykrywania zmian topologii sieci**
  - **utrzymanie w sprawności grafu komunikacyjnego**
  - **Szeregowanie pakietów do transmisji w przypadku wystąpienia natłoku**
  - **Optymalizowania drogi transmisji wiadomości.**





# Komunikacja pomiędzy węzłami

## Wykrywania zmian topologii sieci

**Protokół routingu musi zapewnić dostatecznie silny i trwały zasięg pomiędzy węzłami i musi istnieć co najmniej jedna ścieżka transmisyjna w każdej relacji węzeł – węzeł.**

**Dwie metody realizacji:**

- **Architektura płaska; wszystkie węzły są równoważne, komunikacja typu od końca do końca (peer-to-peer)**
- **Architektura hierarchiczna; niektóre węzły pełnią rolę koordynatorów z wyższymi warstwami sieci.**





# Komunikacja pomiędzy węzłami

## Podtrzymanie grafu komunikacyjnego

**Zmiany topologii sieci mogą wystąpić wskutek:**

- **Uszkodzenia węzła, np. w agresywnym środowisku**
- **Zerwania łączności radiowej pomiędzy węzłami w wyniku zakłóceń lub dynamicznych zmian warunków propagacyjnych.**

**Protokół routingu musi być wyposażony w możliwość rekonfiguracji sieci. Preferowane są algorytmy rozproszone, obejmujące zasięgiem niewielki fragment sieci.**





# Komunikacja pomiędzy węzłami

## Szeregowanie transmisji i przydział kanałów

**W działającej sieci nowe połączenie może wpływać na istniejące transmisje poprzez emisję i propagację sygnałów (zakłócenia).**

**Potrzebne są narzędzia efektywnego zarządzania transmisjami i przydziałem kanałów w celu zminimalizowania interferencji wspólnego- i międzykanałowych.**





# Komunikacja pomiędzy węzłami

## Metody routingu powinny być:

- Adaptacyjne
- Rozproszone geograficznie w sieci
- Oszczędnie wykorzystujące dostępne pasmo transmisyjne
- Efektywnie wykorzystujące energię zasilania bateryjnego
- Optymalizujące kryteria, np.
  - maksimum przepustowości od końca do końca
  - minimum opóźnień od końca do końca
  - minimum skoków poprzez węzły pośrednie
  - minimum informacji sterujących (overhead).

**Ponadto routing powinien być stabilny, szybki i pozbawiony możliwości zapętlenia.**







# Komunikacja pomiędzy węzłami

## Trzy grupy metod rutingu

- **Tablicowe (proactive), tablice rutingu są uaktualniane na bieżąco, niezależnie od potrzeby transmisji w danej chwili**
- **Pasywne, (on-demand); droga transmisji wiadomości jest ustalana w chwili wystąpienia potrzeby transmisji**
- **Hybrydowe; wykorzystują zalety obu powyższych metod.**





# Komunikacja pomiędzy węzłami

## Trzy grupy metod rutingu

- **Tablicowe (proactive), tablice rutingu są uaktualniane na bieżąco, niezależnie od potrzeby transmisji w danej chwili**
- **Pasywne, (on-demand); droga transmisji wiadomości jest ustalana w chwili wystąpienia potrzeby transmisji**
- **Hybrydowe; wykorzystują zalety obu powyższych metod.**



Tomasz Kacprzak

# **Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne**

## **Analiza ruchu i protokoły komunikacyjne**

---

Zadanie nr 30 – Dostosowanie kierunku Elektronika i Telekomunikacja  
do potrzeb rynku pracy i gospodarki opartej na wiedzy



**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](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)