

Techniki wielodostępu



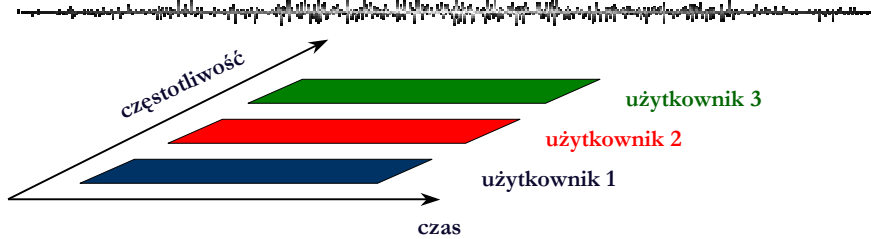
© Paweł Kulakowski

Plan wykładu



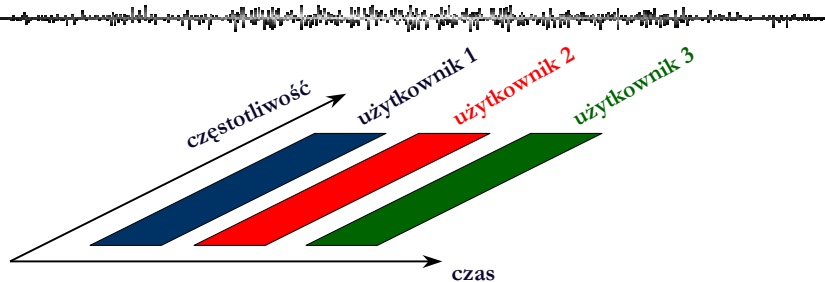
- FDMA
- TDMA
- transmisja pakietowa w sieciach LAN
- *frequency hopping*
- CDMA i odbiornik *Rake*
- SDMA
- OFDM

Wielodostęp w dziedzinie częstotliwości FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)



- najprostsza technika wielodostępu, transmisja prowadzona jest cały czas w tym samym paśmie częstotliwości,
- trudności związane ze stabilnością częstotliwości nośnej,
- konieczność separacji użytkowników w dziedzinie częstotliwości:
 - filtry o stromych zboczach (kosztowne),
 - okresy ochronne (spadek współczynnika wykorzystania pasma),
- kanały wąskopasmowe: zaniki wielodrogowe, brak *frequency diversity*,
- zastosowanie raczej do systemów szerokopasmowych

Wielodostęp w dziedzinie czasu TDMA (*Time Division Multiple Access*)

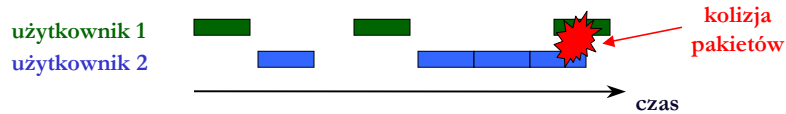


- każdy użytkownik ma do dyspozycji szeroki kanał częstotliwościowy, ale tylko w ciągu krótkiej szczeliny czasowej
- okresy ochronne oddzielające poszczególnych użytkowników
- interferencje ISI => konieczność stosowania korekcji adaptacyjnej
- trudności związane z synchronizacją użytkowników znajdujących się w różnych odległościach od stacji bazowej
- konieczność estymacji szerokiego kanału częstotliwościowego

Transmisja pakietowa w sieciach LAN

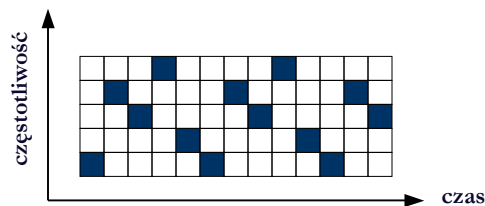
1. Protokoły opierające się na rywalizacji o kanał transmisyjny i nasłuchiwaniu, kiedy medium jest wolne:

- ALOHA
- Slotted ALOHA
- CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*)
-> nie stosowany w transmisji radiowej
- CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*)
-> m.in. IEEE 802.11



2. Protokoły bazujące na rezerwacji zasobów radiowych: *Packet Reservation Multiple Access (PRMA)*, *polling systems*, m.in. IEEE 802.11e

Frequency hopping



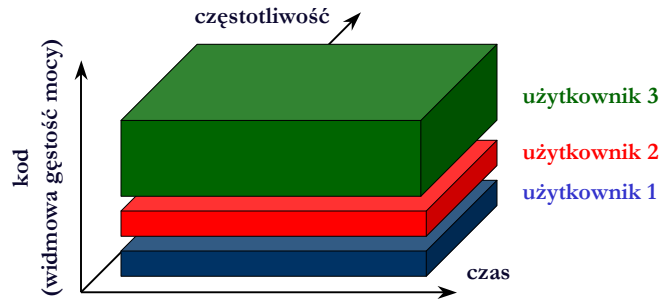
Hedy Lamarr

Zastosowania wojskowe:

- utrudnienie namierzenia nadajnika
- zabezpieczenie przed zakłócaniem transmisji

Unikanie zaników wielodrogowych – wykorzystanie *frequency diversity*

Wielodostęp kodowy CDMA (Code Division Multiple Access)

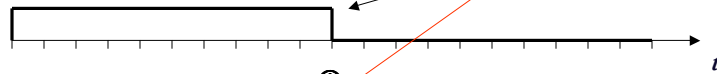


Ciągi bitowe różnych użytkowników są przemnażane (suma modulo 2) przez odmienne ciągi kodowe.

Rozpraszanie sygnału CDMA

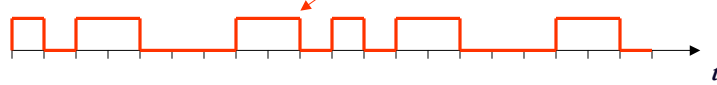


Dane użytkownika:

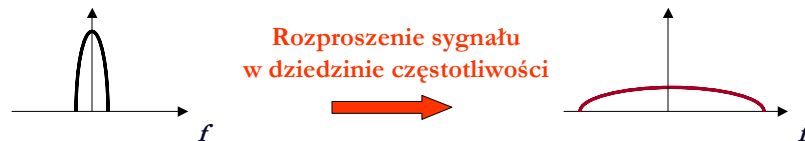
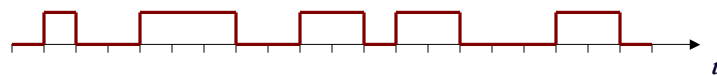


Zysk rozpraszania
(Spreading factor) = 10

Ciąg rozpraszający:



Transmitowany ciąg bitów:

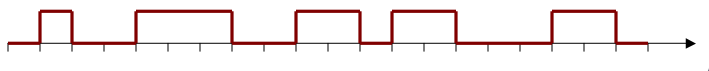


Odbiór sygnału CDMA

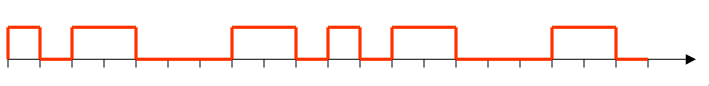


Poprawny odbiór sygnału :

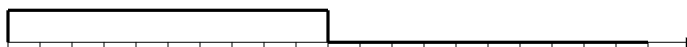
Odebrany ciąg symboli:



Właściwy ciąg rozpraszający:



Dane użytkownika:



\oplus

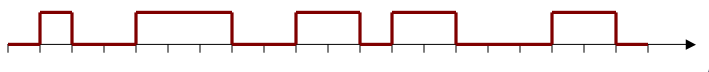
=

Odbiór sygnału CDMA

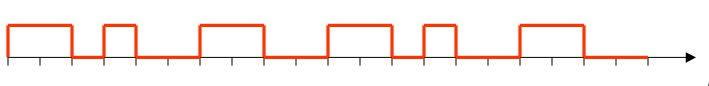


Odbiór z błędnym ciągiem rozpraszającym :

Odebrany ciąg symboli:



Błędny ciąg rozpraszający:



Odebrane dane:



\oplus

=

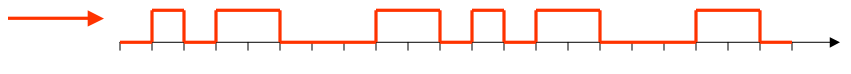
Odbiór sygnału CDMA

Odbiór z błędną synchronizacją:

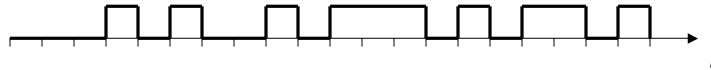
Odebrany ciąg symboli:



Przesunięty ciąg rozpraszający:

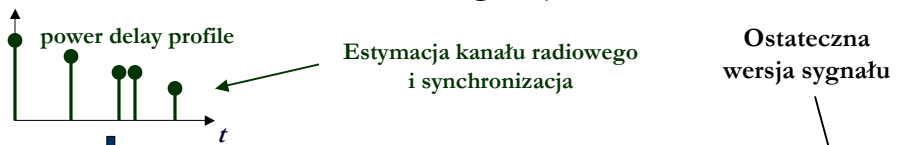


Odebrane dane:



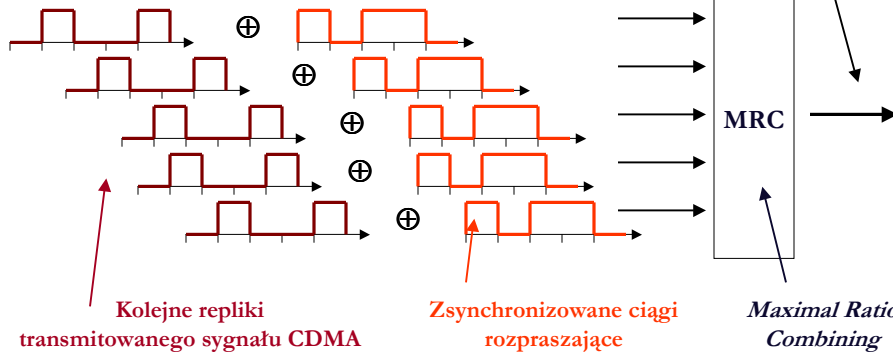
Odbiornik RAKE

– niwelacja niekorzystnych efektów propagacji



Estymacja kanału radiowego i synchronizacja

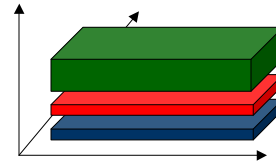
Ostateczna wersja sygnału



Wielodostęp kodowy CDMA



- ukrycie transmisji
 - widmowa gęstość mocy sygnału może być mniejsza od widmowej gęstości mocy szumu
- zabezpieczenie przed niepożądanym odbiorem sygnału
 - konieczność znajomości ciągu rozpraszającego
- konieczność dokładnej synchronizacji nadajnik-odbiornik
- problemy z ortogonalnością ciągów rozpraszających
- wymagane mechanizmy sterowanie mocą (*near-far problem*)
- elastyczna pojemność sieci z wielodostępem CDMA
 - brak sztywnego limitu użytkowników
 - *breathing cells*
- transmisja strumieni bitowych o różnych przepływnościach

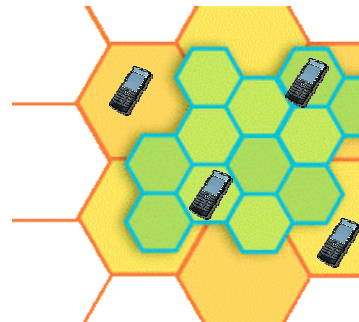


Wielodostęp przestrzenny SDMA

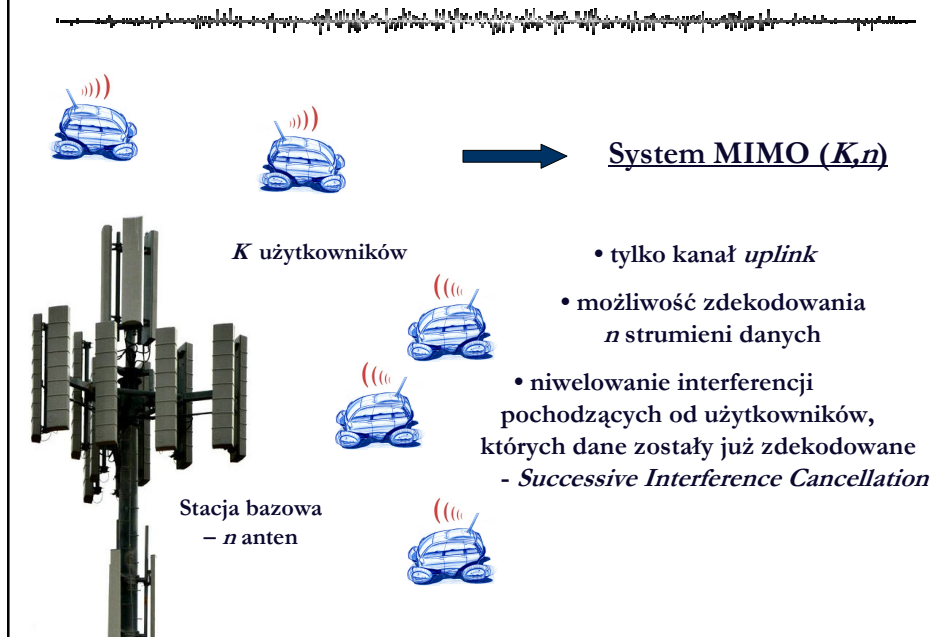
(*Space Division Multiple Access*)



Podział sieci na komórki i jednoczesny dostęp wielu użytkowników przy wykorzystaniu tych samych zasobów częstotliwościowych :



Wielodostęp przestrzenny SDMA II

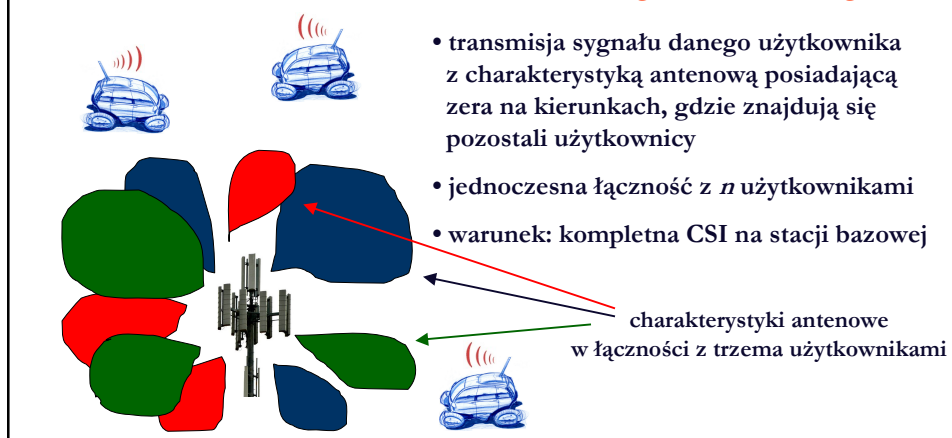


Wielodostęp przestrzenny SDMA III

Zgodnie z teorią budowy anten:

Charakterystykę anteny o n elementach można zaprojektować w taki sposób, aby miała $n-1$ zer na dowolnie wybranych kierunkach.

Technika *orthogonal beamforming*:



Multiuser diversity



Multiuser diversity :

- utrzymywanie łączności z użytkownikiem o największej wartości SNR w kanale radiowym

Fair scheduling (queueing) :

- utrzymywanie łączności z użytkownikiem, którego SNR jest największy w porównaniu z osiąganą przez niego średnią

Stacja bazowa z n antenami :

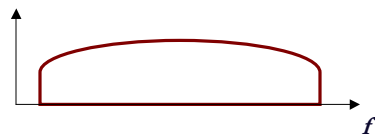
- łączność z n użytkownikami o najlepszych wartościach SNR

OFDM

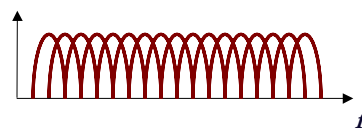
(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)



standardowa transmisja
szerokopasmowa



OFDM



OFDM

- rozwiązanie zaproponowane przez R.W. Changa w roku 1966
- jednoczesna transmisja na bardzo dużej liczbie (nawet 8000) nośnych
- szerokopasmowy kanał radiowy z zanikami selektywnymi jest dzielony na kanały wąskopasmowe o płaskich charakterystykach częstotliwościowych
- dobre własności widmowe: duża gęstość widmowa mocy w paśmie użytkowym i niski poziom mocy poza tym pasmem
- *frequency diversity*
- technika przeznaczona raczej do szybkiej transmisji danych jednego użytkownika niż jako metoda wielodostępu
- zastosowania: standardy DVB, DAB, DRM, IEEE 802.11

OFDM – teoria

Strona nadawcza systemu :

0010
1101
1100
1001
0110
1010
0111
0001

KODOWANIE

KONWERSJA SZEREGOWO-RÓWNOLEGŁA

$e^{-j2\pi f_0 t}$

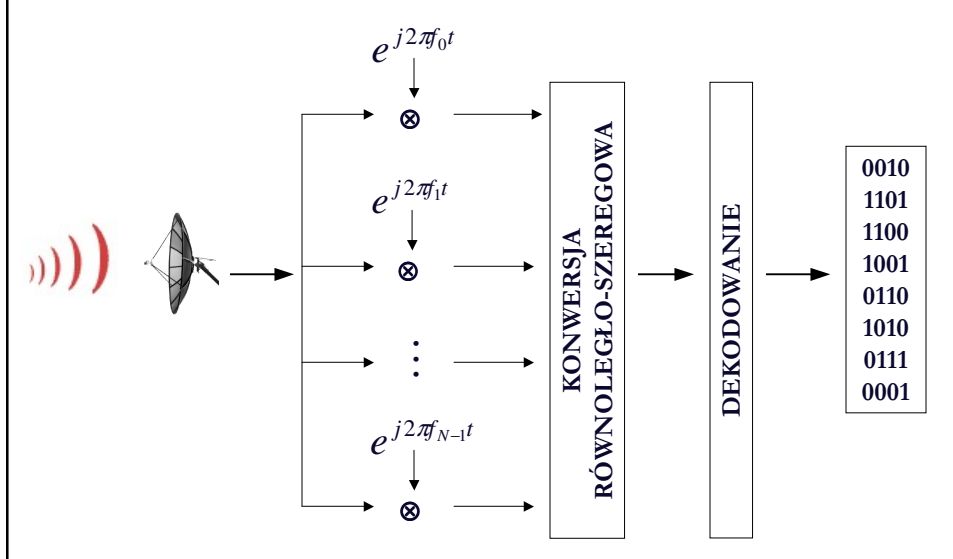
$e^{-j2\pi f_1 t}$

\vdots

$e^{-j2\pi f_{N-1} t}$

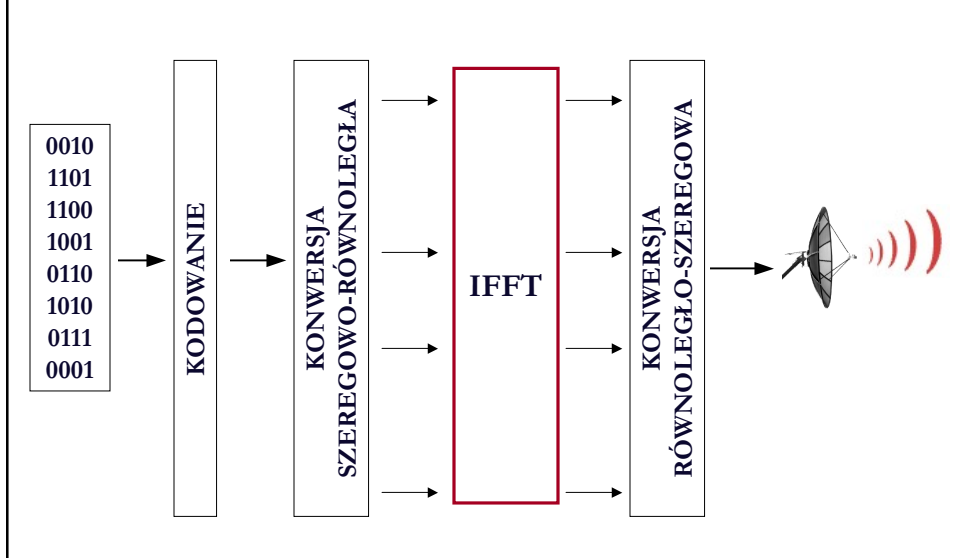
OFDM – teoria

Strona odbiorcza systemu :



OFDM – praktyka

Strona nadawcza systemu :



Dlaczego IFFT ?

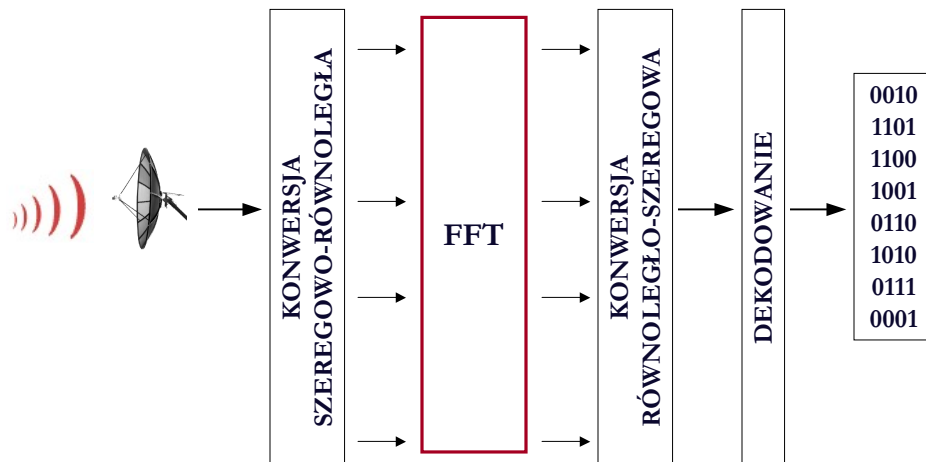


1. sygnały przed blokiem IFFT są traktowane tak jakby były to wartości widma tego sygnału.
2. IFFT jest operacją :
 - a. szybką (FAST Fourier Transform),
 - b. cyfrową – można uniknąć dużej liczby oscylatorów.

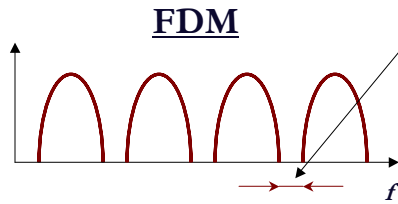
OFDM – praktyka



Strona odbiorcza systemu :

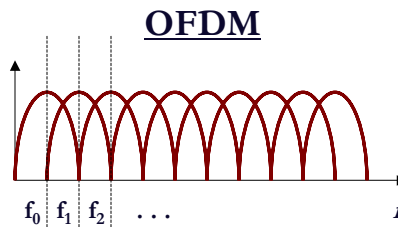


Ortogonalność nośnych w systemie OFDM



odstęp ochronny
między kolejnymi
pasmami częstotliwości

**Częstotliwości nośne
w systemie OFDM
są względem siebie ortogonalne!**



częstotliwości nośne : $f_n = n \cdot f_0$

dla $k \neq l$:

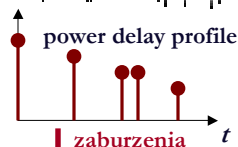
$$\int_0^T e^{j2\pi f_k t} \cdot e^{-j2\pi f_l t} dt = 0$$

lub :

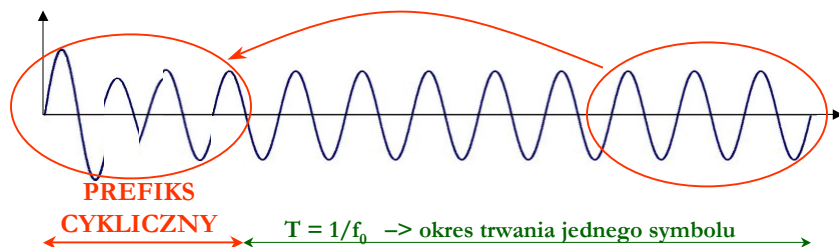
$$\int_0^T \sin(2\pi f_k t + \varphi_k) \cdot \sin(2\pi f_l t + \varphi_l) dt = 0$$

$T = 1/f_0 \rightarrow$ okres trwania jednego symbolu

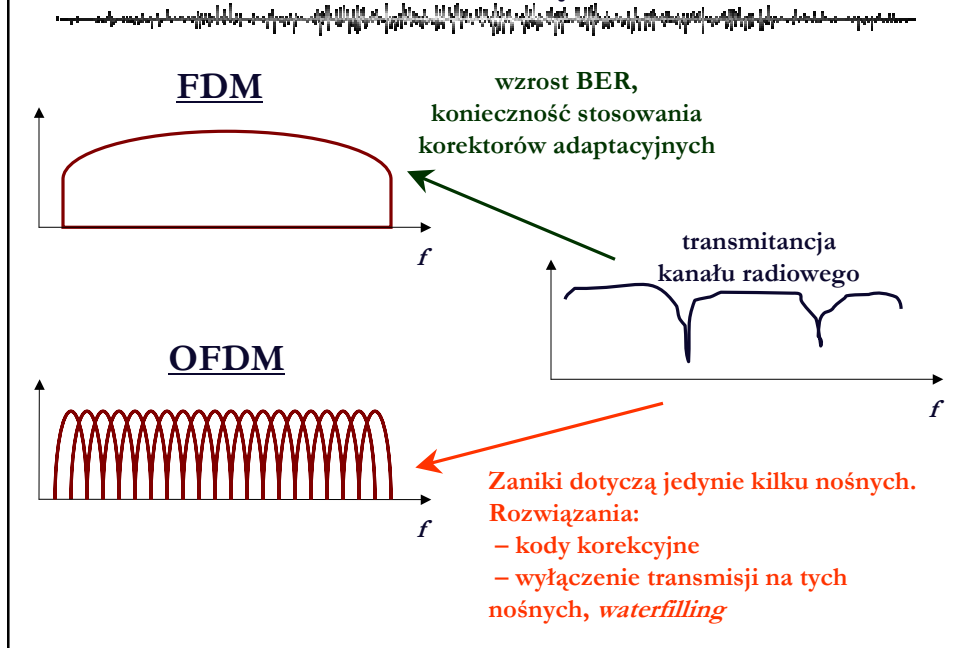
Wpływ propagacji wielodrogowej



Transmisja pojedynczej nośnej OFDM :



Zaniki selektywne



Waterfilling (waterpouring)

-> moc nadajnika P zostaje **nierównomiernie** rozdysponowana między N nośnych systemu OFDM :

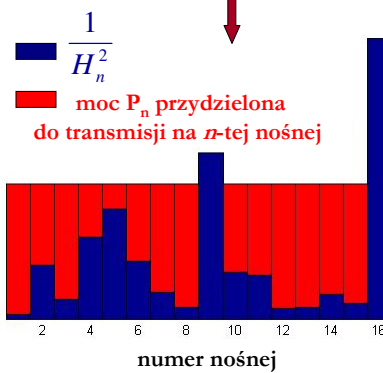
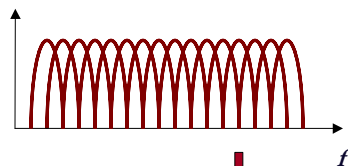
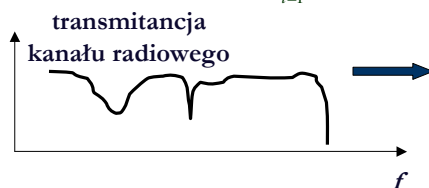
$$P_n = \left(\mu - \frac{1}{H_n^2} \right)^+$$

H_n - wzmacnienie n -tego kanału częstotliwościowego,

$(\cdot)^+$ - dodatnia część z wyrażenia (\cdot) ,

μ - stała normalizacyjna, dobrana tak aby spełnić warunek :

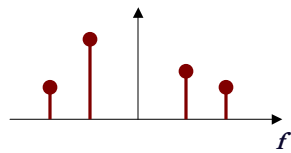
$$\sum_{i=1}^N P_i = P$$



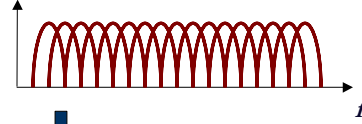
Efekt Dopplera



Doppler spectrum



OFDM



Efekty:

1. Niepożądana modulacja częstotliwościowa poszczególnych nośnych
2. Zmiana częstotliwości nośnych
=> utrata ortogonalności nośnych
=> *inter carrier interference* ICI
(zwłaszcza przy długim czasie trwania pojedynczego symbolu)

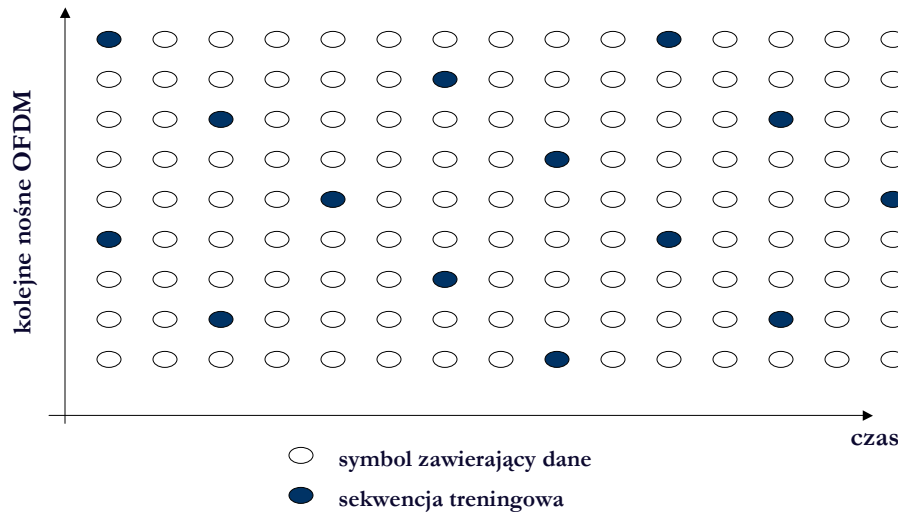


Konieczna jest bardzo dokładna
estymacja charakterystyki kanału radiowego.

Estymacja kanału radiowego w systemie OFDM

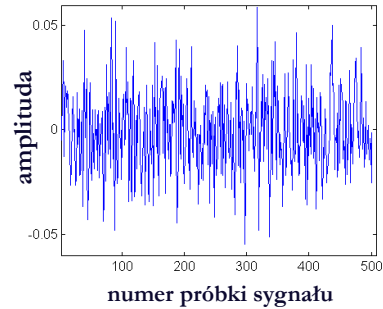


Przykład transmisji danych i symboli treningowych:

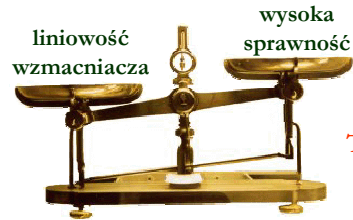


Peak to Average Power Ratio (PAPR, PAR)

Sygnał OFDM :
-> suma sygnałów nadawanych
na kolejnych nośnych
-> duże wartości PAPR



Problem :



Techniki niwelujące wysokie wartości PAPR :

- wybór określonych ciągów kodowych
- dopasowanie fazowe
- korekcja funkcjami multiplikatywnymi lub addytywnymi

Brak dobrych rozwiązań problemu PAPR

Dziękuję za uwagę