

Piotr Korbel

Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne

Bilans mocy łącza radiowego

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
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Plan wykładu

- Bilans energetyczny łącza radiowego
- Szum termiczny a czułość odbiornika
- Zakłócenia wspólnokanałowe
- Zakłócenia sąsiedniokanałowe
- Przykład obliczeniowy

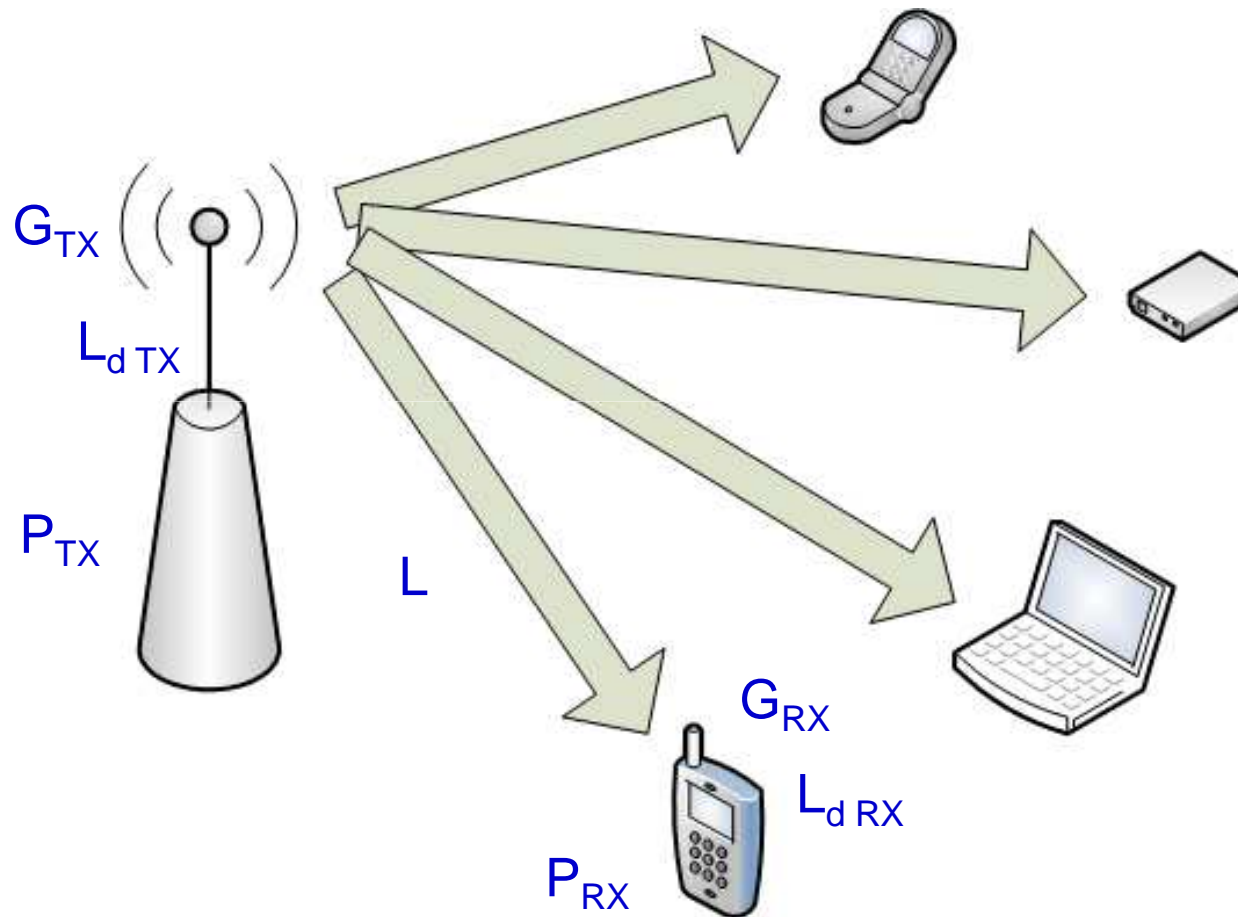


Politechnika wódzka
Instytut Elektroniki

Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne



Bilans mocy łącza radiowego





Bilans mocy łącza radiowego

Bilans energetyczny dla łącza radiowego można zapisać w postaci:

$$P_{RX} = P_{TX} - L - L_d + G_{TX} + G_{RX}$$

gdzie:

- P_{TX} – moc nadajnika łącza w dB (dBm, dBW);
- L – straty rozproszeniowe w dB;
- L_d – straty dodatkowe w dB;
- G_{TX}, G_{RX} – zyski energetyczne anten w dB (dBi);
- P_{RX} – moc odebrana w dB (dBm, dBW)

$$\text{EIRP} = P_{TX \text{ dB}} + G_{TX \text{ dBi}} - L_{d \text{ TX dB}}$$





Bilans mocy łącza radiowego

Na straty energii w łączu radiowym wpływa też długość kabla łączącego punkty dostępowe (karty WLAN, modemy GPRS, nadajniki/odbiorniki) z anteną poprzez tłumienność właściwą kabla wyrażaną w dB/m oraz ilość i tłumienie zastosowanych złącz konektorowych lub splitterów. Straty te zwane dodatkowymi można zapisać następująco:

$$L_d = d_{TX} \cdot t_{wTX} + d_{RX} \cdot t_{wRX} + t_{kTX} + t_{kRX}$$

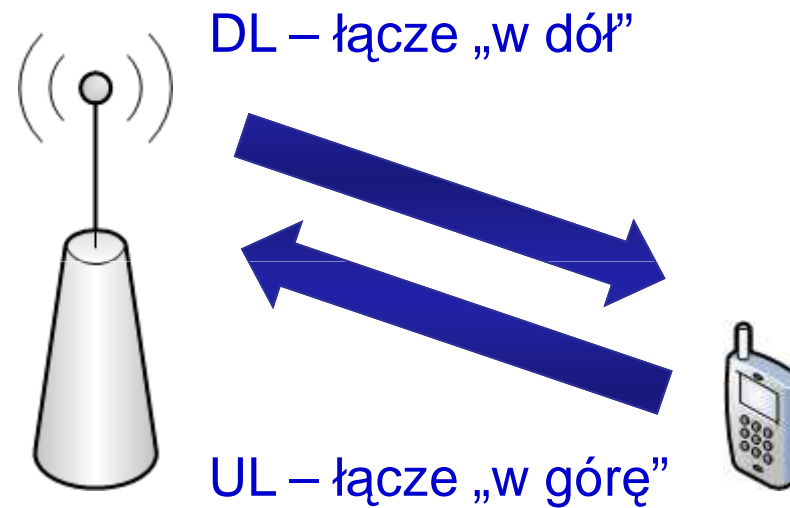
gdzie:

- d_{TX} , d_{RX} – długości kabla do anteny TX i RX w m;
- t_{wTX} , t_{wRX} – tłumienie właściwe kabla TX i RX w dB/m;
- t_{kTX} , t_{kRX} – tłumienie złącz konektorowych (może ich być więcej niż dwa), splitterów, mikserów, itp. w dB;
- L_d – straty dodatkowe w dB.





Bilans mocy łącza radiowego



O zasięgu łączności dwukierunkowej decyduje „słabsze” z łączy



Szum termiczny

- Gęstość widmowa mocy szumu

$$N_0 = kT$$

- N_0 – widmowa gęstość mocy szumu termicznego [W/Hz]
- k – stała Boltzmana (1,3805 J/K lub -228,6 dBW)
- T – temperatura pracy urządzenia [K] – zwykle przyjmuje się temperaturę otoczenia $T_0 = 290$ K (17 °C)

$$N_{0,290K} = -204 \text{ dBW} / \text{Hz} = -174 \text{ dBm} / \text{Hz}$$





Szum termiczny

- **Moc szumu**
 - B – szerokość pasma [Hz]
 - N_0 – widmowa gęstość mocy szumu termicznego [W/Hz]

$$P_N = N_0 \cdot B$$

$$P_{N,dBW} = N_{0,dBW} + 10\log(B_{Hz})$$

- **GSM – szerokość kanału 200 kHz**

$$P_{N,dBW} = -174dBm / Hz + 10\log(200000Hz) = -121dBm$$

- **UMTS – szerokość kanału 3,84 MHz**

$$P_{N,dBW} = -174dBm / Hz + 10\log(3840000Hz) = -108dBm$$





Szum termiczny

- Liczba szumowa odbiornika (Noise Figure)

$$F = \frac{SNR_{(input)}}{SNR_{(output)}}$$

$$NF = 10 \log(F)$$

- Wartość progowa mocy wejściowej urządzenia
 - G – wzmacnienie urządzenia (dotyczy elementów aktywnych)

$$P_t = P_{N,dBW} + NF + G_{dB}$$

- Wartość progowa mocy wejściowej odbiornika

$$P_t = P_{N,dBW} + NF$$





Czułość odbiornika

- **Stosunek mocy nośnej do mocy szumu (C/N)**
 - P_R – moc odebrana
 - P_t – wartość progowa mocy wejściowej odbiornika

$$\frac{C}{N} = P_{R,dBW} - P_{t,dBW}$$

- **Czułość odbiornika**
 - C/N – wymagany poziom stosunku mocy nośnej do mocy szumu

$$RX_{sens} = P_t + C / N$$





Czułość odbiornika

- **GSM – szerokość kanału 200 kHz**
 - założenie: $NF = 4 \text{ dB}$
 - wymagany C/N dla usług głosowych: 9 dB

$$RX_{sens,GSM} = P_N + NF + \frac{C}{N} = -121\text{dBm} + 4\text{dB} + 9\text{dB} = -108\text{dBm}$$





Miara jakości łączy cyfrowych

- Łączy cyfrowe – inna miara jakości: E_b/N_0
 - E_b – energia przypadająca na 1 bit informacji
 - P_R – moc na wejściu odbiornika
 - R – bitowa szybkość przesyłania informacji
 - NF – liczba szumowa odbiornika
 - N_0 – widmowa gęstość mocy szumu termicznego

$$E_b = \frac{P_R}{R}$$

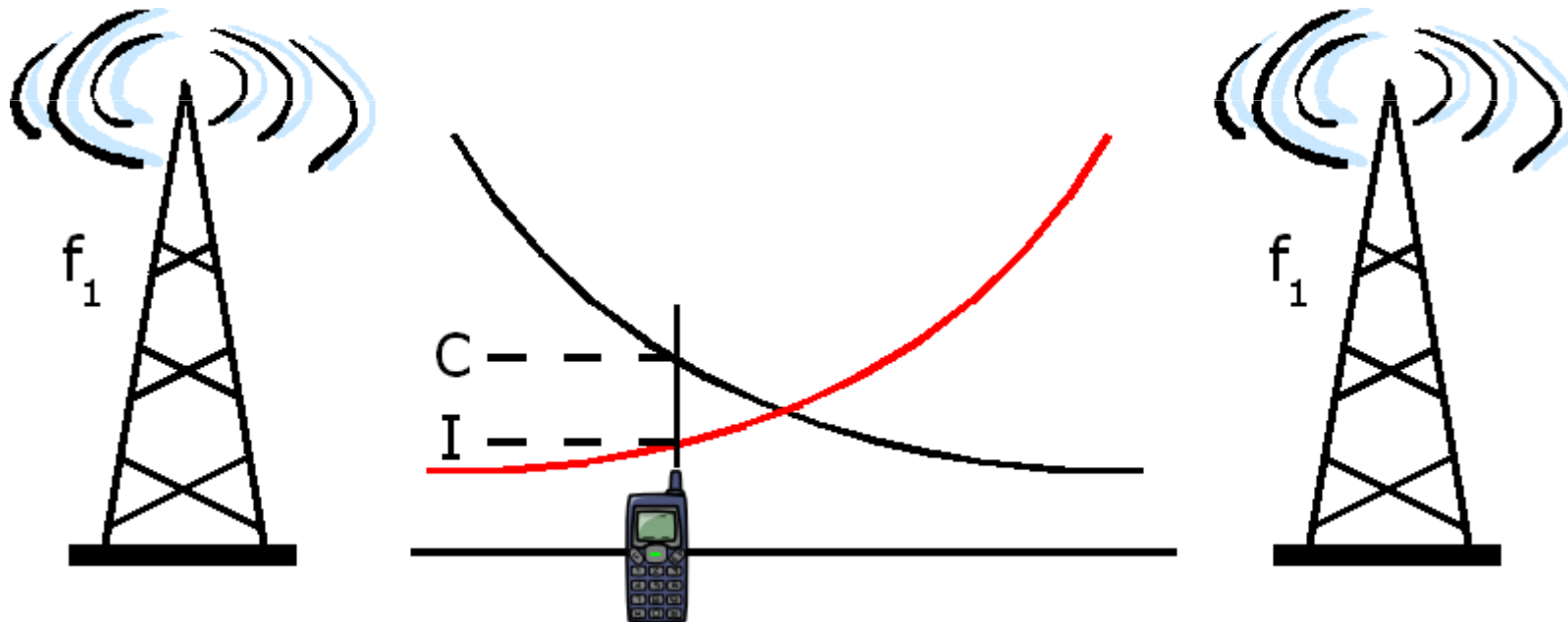
$$E_b = P_{R,dBW} - 10\log(R)$$

$$\frac{E_b}{N_0} = P_R - 10\log(R) - N_0 - NF$$



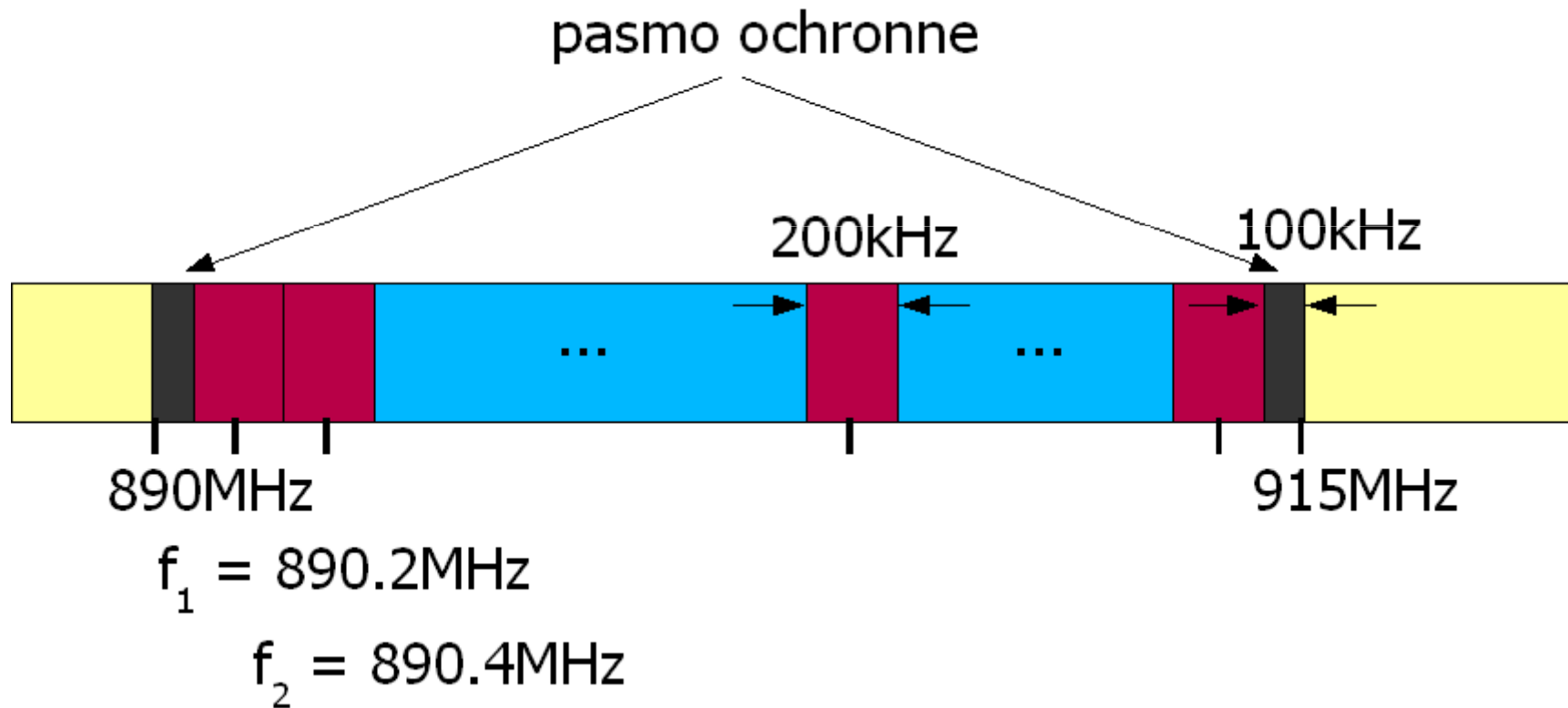
Zakłócenia wspólnokanałowe

- C/I – Carrier to Interference



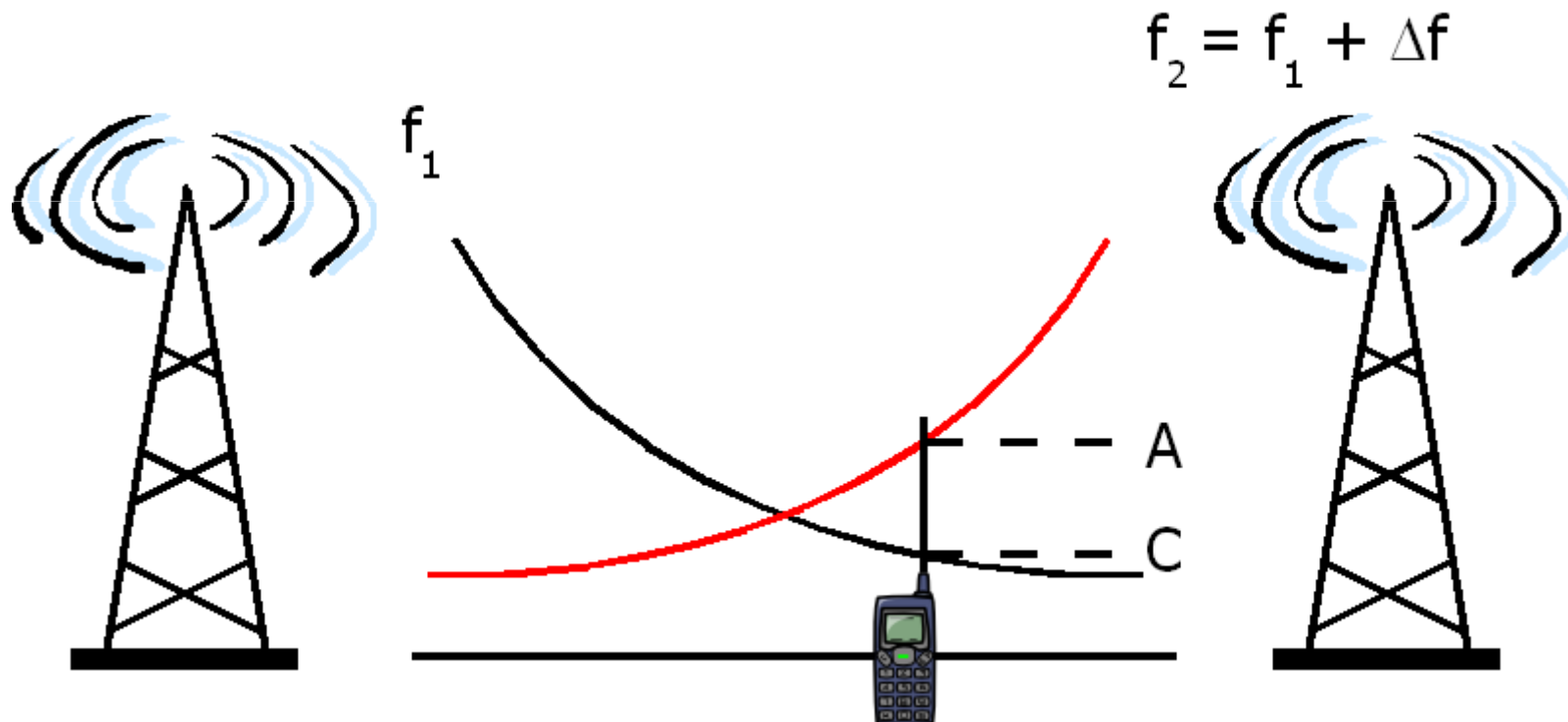
Zakłócenia sąsiedniokanałowe

- Przykład organizacji kanałów w systemie radiowym – GSM, łączy „w górę”



Zakłócenia sąsiedniokanałowe

- C/A – Carrier to Adjacent



Zakłócenia sąsiedniokanałowe

- Maski spektralne
 - GSM (GMSK)
 - ETSI TS 100 910 V8.20.0

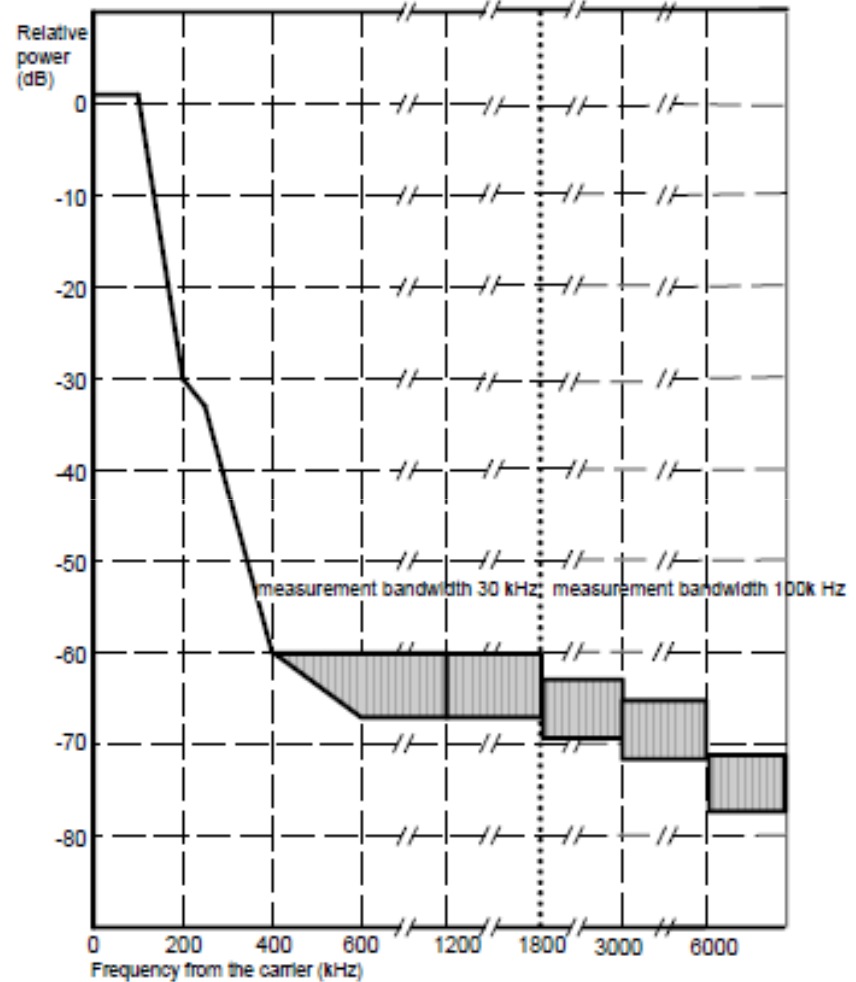
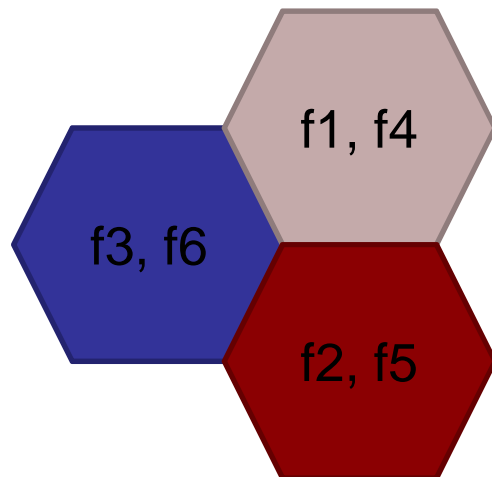


Figure A.1a: GSM 400, GSM 900 and GSM 850 MS spectrum due to GMSK modulation



Przykład obliczeń

- Łącze „w dół” – stacja działająca we wnętrzu budynku (pikokomórka)
- **BS – nadajnik**
 - Moc P_{TX} 40 dBm
 - Straty w kablu L_{dTX} 35 dB
 - Zysk anteny G_{TX} 2 dBi
 - **EIRP** 7 dBm
- **MS – odbiornik**
 - Zysk anteny G_{RX} 0 dBi
 - Liczba szumowa NF 8 dB
 - Poziom szumów termicznych -121 dBm
 - **Moc progowa odbiornika** -113 dBm
 - Poziom zakłóceń -120 dBm
 - Wymagany C/(I+N) 9 dB
 - **Czułość odbiornika** -103,2 dBm





Przykład obliczeń

- Łącze „w dół” – stacja działająca we wnętrzu budynku (pikokomórka)
- **BS – nadajnik**
 - EIRP 7 dBm
- **MS – odbiornik**
 - Czułość odbiornika -103,2 dBm
- **Kanał radiowy**
 - Zaniki wolne 10 dB
 - Propagacja wielodrogowa 6 dB
 - Wpływ otoczenia (człowiek) 3 dB
 - Margines łączny 19 dB
 - Minimalny poziom mocy -84,2 dBm
 - Dopuszczalne straty 91,2 dB
 - Zasięg 35 m



Piotr Korbel

Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne

Bilans mocy łącza radiowego

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