

# Bezprzewodowe sieci komputerowe

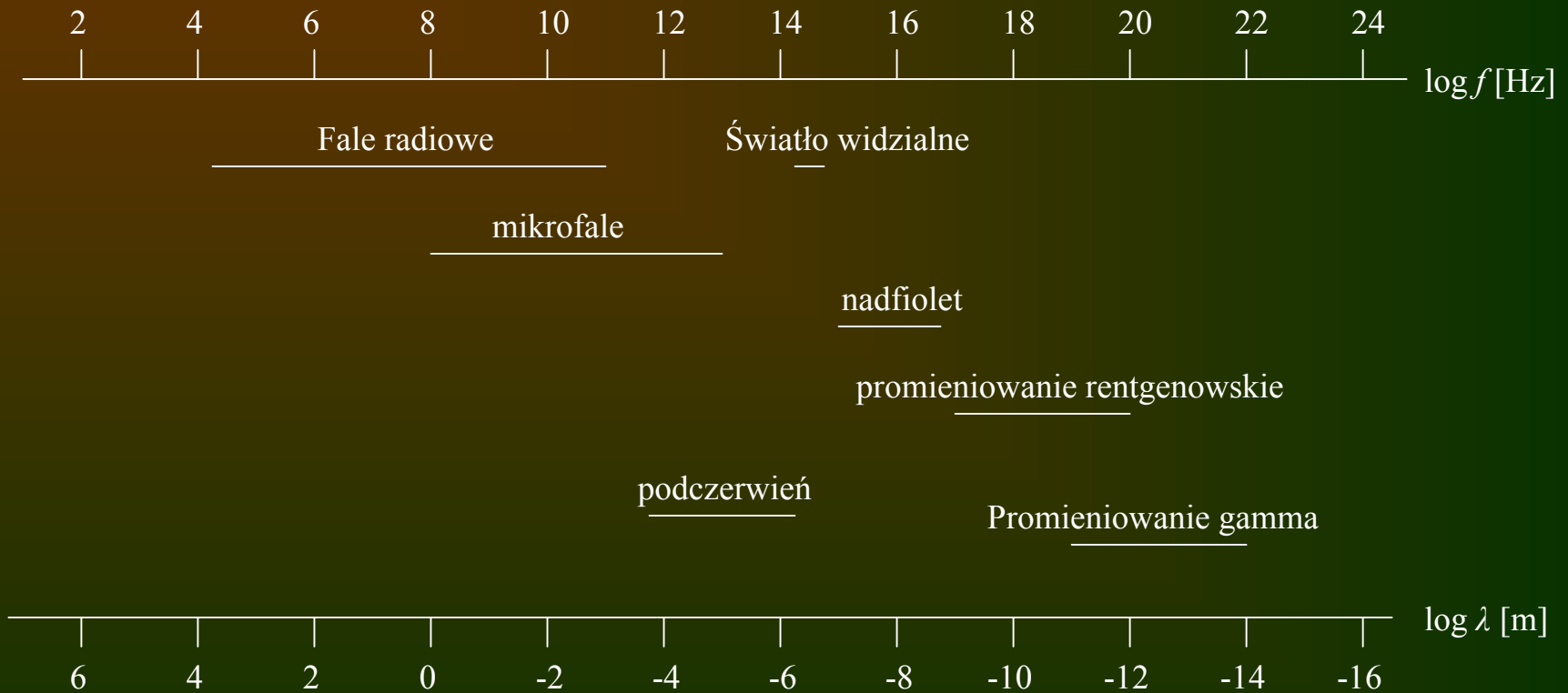
Dr inż. Bartłomiej Zieliński

- Przesłanki stosowania transmisji bezprzewodowej
- Podział fal elektromagnetycznych
- Fale radiowe
- Fale optyczne
- Cyfrowy system transmisji bezprzewodowej
- Dobór parametrów systemu radiowego
- Systemy radiowe z widmem rozproszonym
- Systemy optyczne
- Uwarunkowania prawne, możliwości techniczne

# Przyczyny stosowania sieci bezprzewodowych

- ⇒ brak środków łączności przewodowej na dużym obszarze
- ⇒ duża nieregularność lub mała prędkość transmisji (*Aloha vs. TDMA-FDMA*)
- ⇒ konieczność swobodnego poruszania się stacji
- ⇒ możliwość szybkiego zestawienia sieci
- ⇒ wysoka elastyczność konfiguracji sieci
- ⇒ środowisko narażone na silne zakłócenia elektromagnetyczne
- ⇒ łączenie budynków w centrach dużych aglomeracji
- ⇒ środki łączności rezerwowej (trzęsienia ziemi, powodzie)

# Widmo fal elektromagnetycznych



# Fale radiowe i mikrofae

## Dekadowy podział fal radiowych wg CCIR

Nr pasma	Nazwa	Oznaczenie	Długość	Częstotliwość
4	myriametrowe	VLF	100-10 km	3-30 kHz
5	kilometrowe	LF	10-1 km	30-300 kHz
6	hektometrowe	MF	1000-100 m	300-3000 kHz
7	dekametrowe	HF	100-10 m	3-30 MHz
8	metrowe	VHF	10-1 m	30-300 MHz
9	decymetrowe	UHF	100-10 cm	300-3000 MHz
10	centymetrowe	SHF	10-1 cm	3-30 GHz
11	milimetrowe	EHF	10-1 mm	30-300 GHz
12	decymilimetrowe		1-0.1 mm	300-3000 GHz

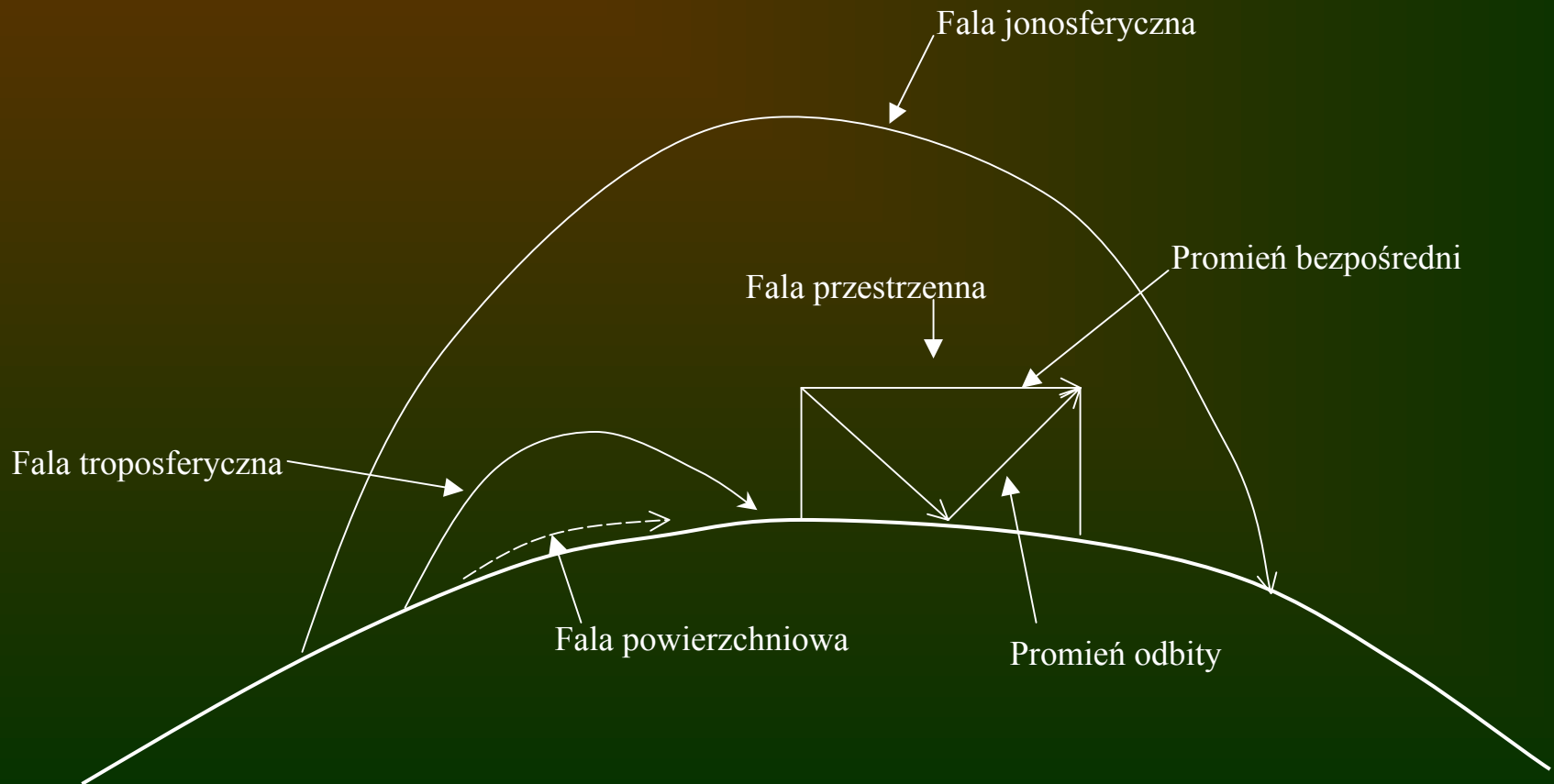
# Fale radiowe i mikrofale

## Tradycyjny podział fal radiowych

Nazwa	Oznaczenie	Długość	Częstotliwość
bardo długie	VLW	$\geq 20$ km	$\leq 15$ kHz
długie	LW	20-3 km	15-100 kHz
średnie	MW	3000-200 m	100-1500 kHz
pośrednie		200-100 m	1.5-3 MHz
krótkie	SW	100-10 m	3-30 MHz
ultrakrótkie	USW	10-1 m	30-300 MHz
mikrofale		$\leq 1$ m	$\geq 300$ MHz

# Fale radiowe i mikrofae

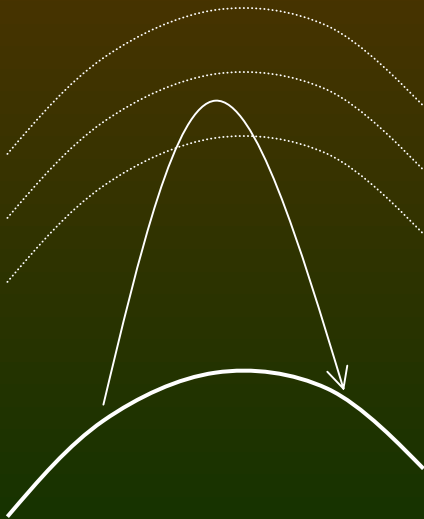
## Propagacja fal radiowych



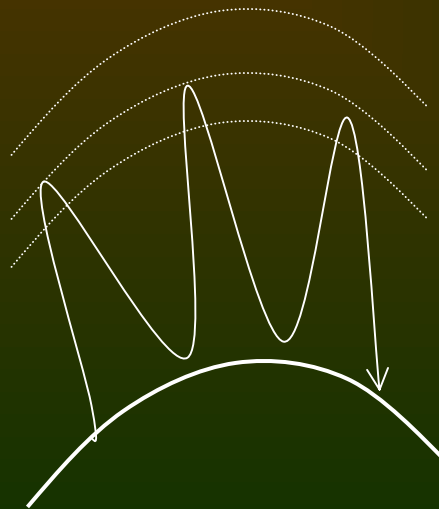
# Fale radiowe i mikrofae

## Propagacja fal krótkich

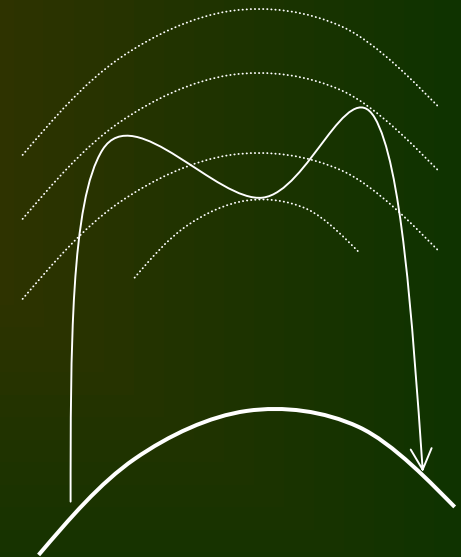
- Fala powierzchniowa bardzo silnie tłumiona
- fala jonosferyczna umożliwia uzyskanie dalekiego zasięgu
- MUF - najwyższa częstotliwość umożliwiająca połączenie
- LUF - najniższa częstotliwość, jaką można użyć do połączenia na danej trasie
- FOT - częstotliwość optymalna ( $FOT=0.85 \times MUF$ )
- bardzo duże i częste zmiany warunków propagacji



Transmisja jednoskokowa



Transmisja wieloskokowa

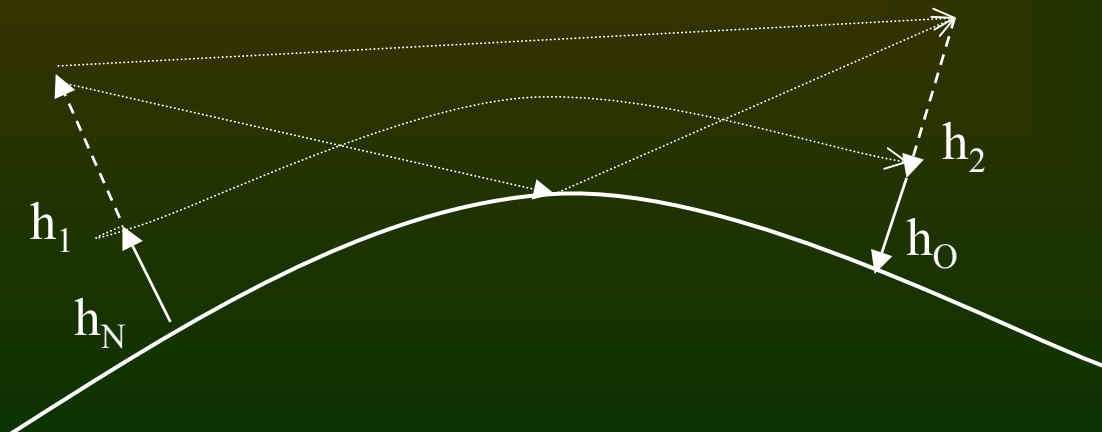


Transmisja typu M

# Fale radiowe i mikrofałe

## Propagacja fal ultrakrótkich i mikrofał

- Właściwości zbliżone do fal widzialnych
- dominująca fala przyziemna
- zjawiska występujące podczas propagacji:
  - refrakcja i rozpraszanie w troposferze
  - dyfrakcja wokół przeszkód terenowych
  - odbicie od śladów meteorów
  - odbicie, załamanie, rozproszenie → cień radiowy, zaniki, dyspersja
  - zjawisko Dopplera





# Fale optyczne

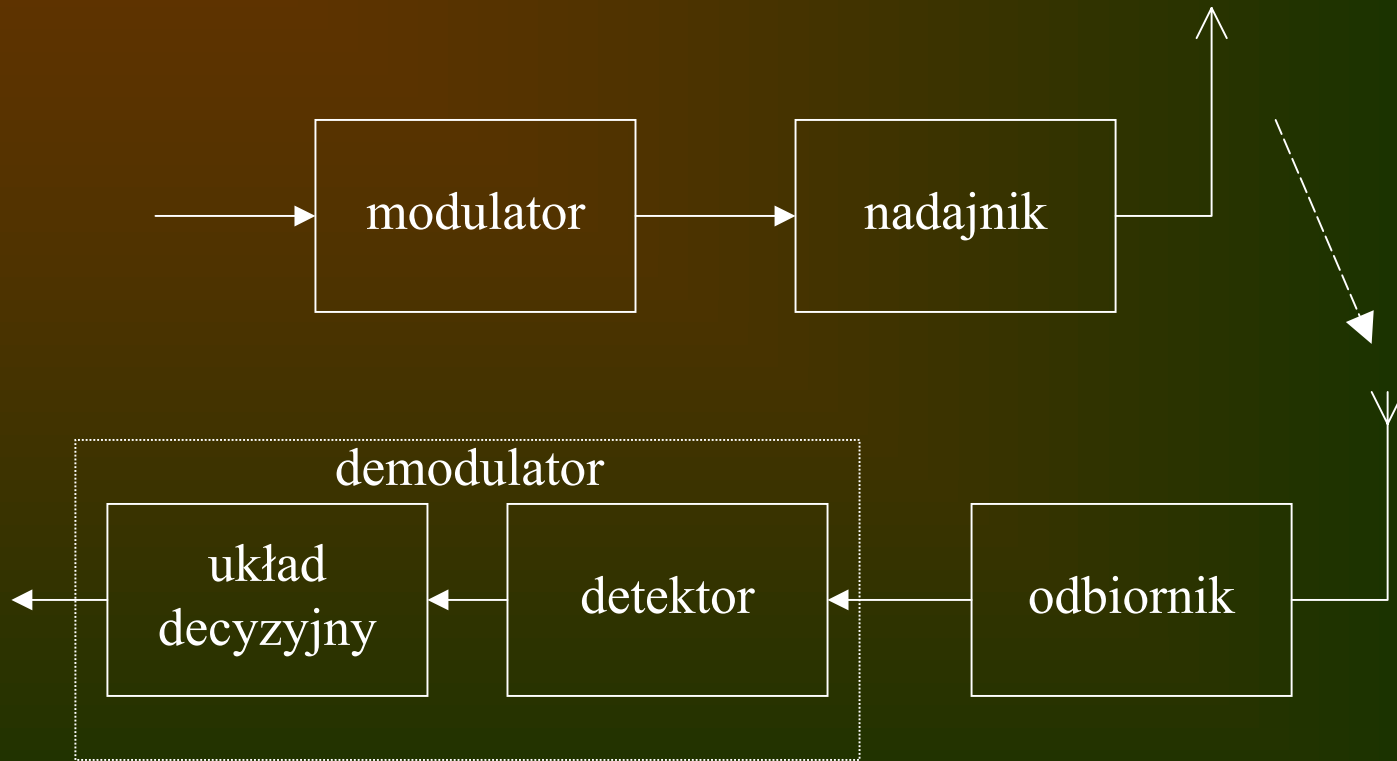
## Propagacja fal z zakresu podczerwieni

- Tłumienność trasy ma większe znaczenie niż moc nadajnika
- łączność bezpośrednia lub dyfuzyjna
- propagacja wielodrogowa (interferencja międzysymbolowa, brak zaników)
- konieczność filtrowania światła zastanego
- propagacja uzależniona od warunków atmosferycznych

## Propagacja światła laserowego

- Bardzo mała rozbieżność wiązki świetlnej - duży zysk energetyczny
- łączność wyłącznie dwupunktowa
- silna zależność od warunków atmosferycznych
- tłumienie zależy od długości fali
- pochłanianie przez parę wodną, dwutlenek węgla, mgłę, chmury, dym, pył
- rozpraszanie światła

# Struktura systemu transmisyjnego



# Dobór parametrów systemu radiowego

Typ	Modulacja	Szybkość [b/s/Hz]
AM	OOK – kluczkowanie amplitudy	0,8
	QAM – 4-wartościowa modulacja amplitudy	1,7
FM	FSK – kluczkowanie z przesuwem częstotliwości	0,8
	MSK – szybkie kluczkowanie z przesuwem częstotliwości	1,9
PM	BPSK – kluczkowanie z przesuwem fazy	0,8
	QPSK – 4-wartościowe kluczkowanie z przesuwem fazy	1,9
	8- $\phi$ PSK – 8-wartościowe PSK	2,6
	16- $\phi$ PSK – 16-wartościowe PSK	2,9
AM/PM	16- $\phi$ APK – 16-wartościowe kluczkowanie z przesuwem amplitudy i fazy	3,1

# Dobór mocy nadajnika

Bezinterferencyjny zasięg użytkowy

$$P_O = \frac{P_N G_N G_O}{L(d_u)}$$

- Dla  $f < 100$  MHz  $L(d_u) = \frac{d_u^4}{h_1^2 h_2^2}$
- dla  $f > 100$  MHz

$$L(d_u)[\text{dB}] = 88 + 40 \log d_u [\text{km}] - 20 \log(h_N [\text{m}] h_O [\text{m}]) + 20 \log f [\text{MHz}]$$

$$L(d_u)[\text{dB}] = 100 + 40 \log d_u [\text{km}] - 20 \log(h_N [\text{m}] h_O [\text{m}]) + 10 \log f [\text{MHz}]$$

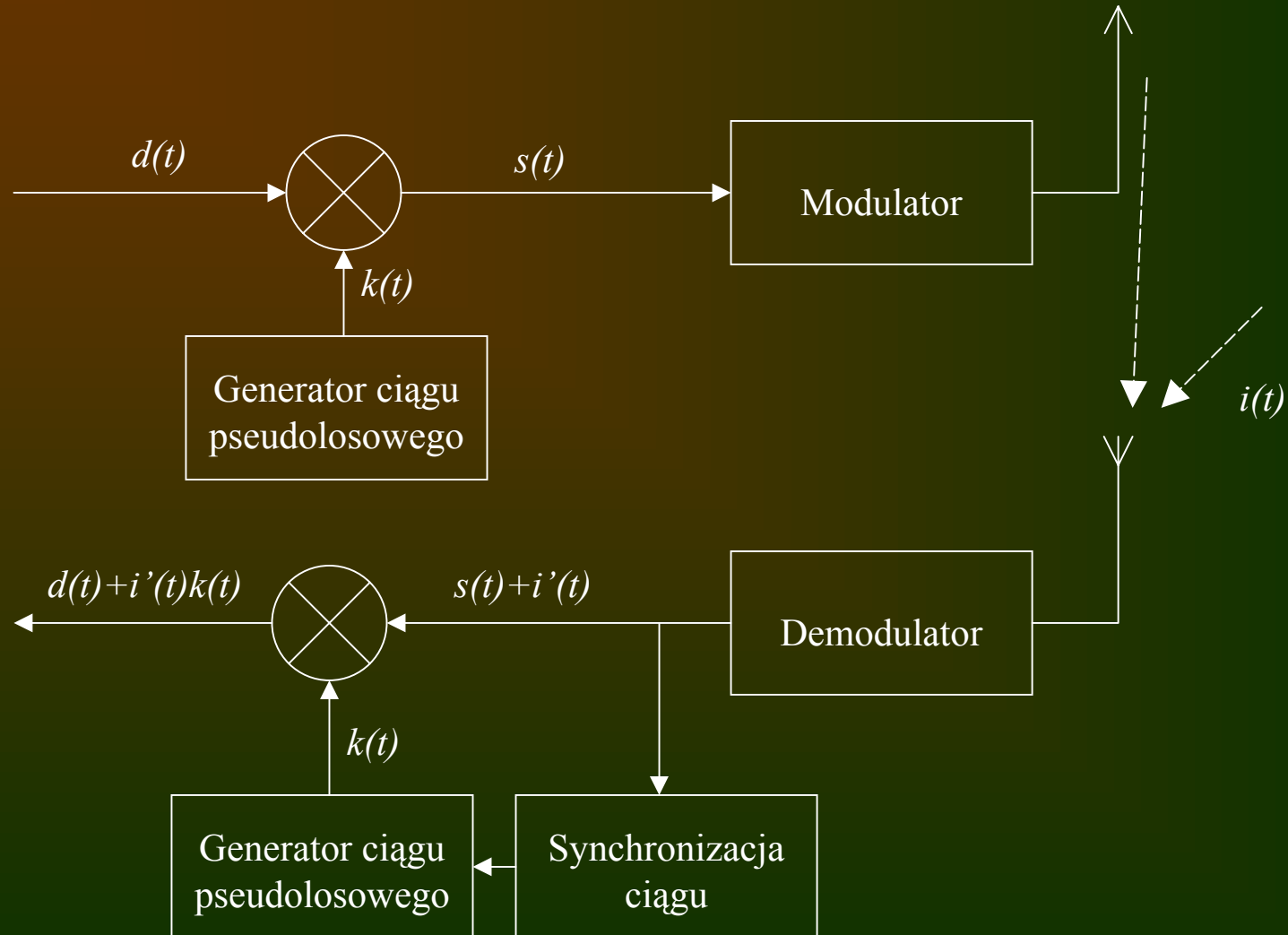
- zasięg ograniczony interferencją
- zasięg zakłóceńowy

# Systemy z widmem rozproszonym

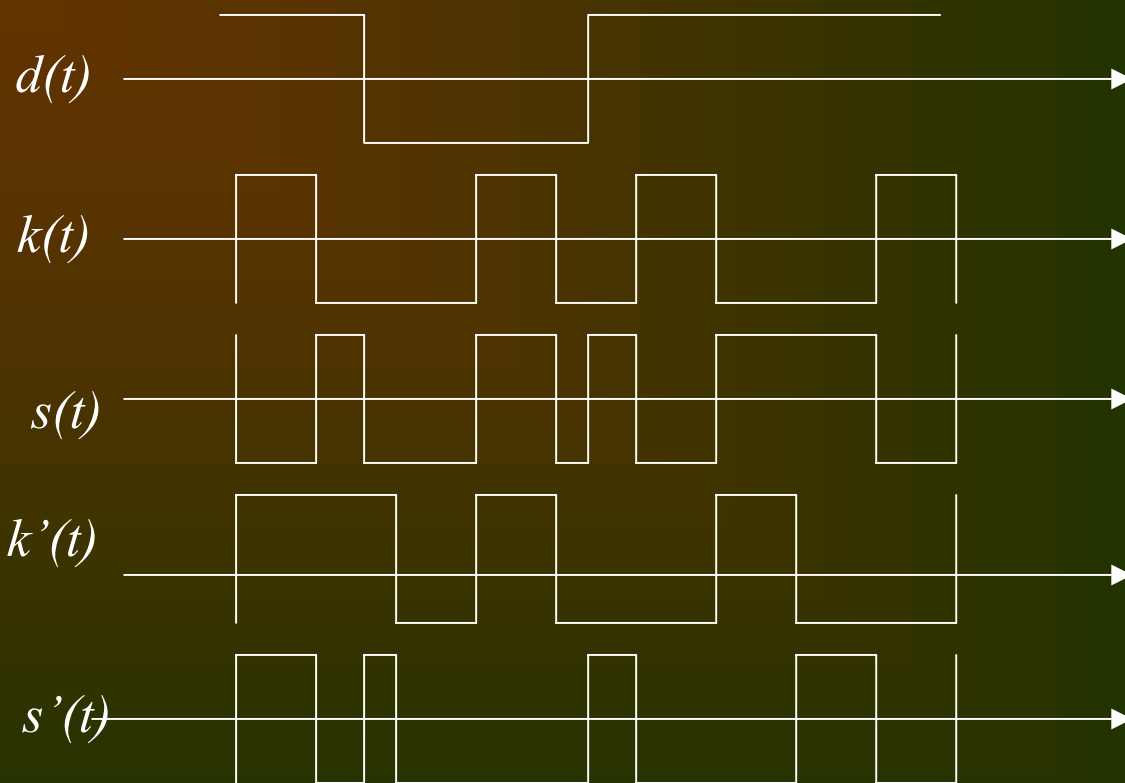
- Zalety:
  - utrudnione wykrywanie i rozpoznawanie sygnałów oraz przechwytywanie informacji
  - wysoka odporność na zakłócenia
  - praca we wspólnym kanale przy niskich mocach nadajników
  - dynamicznie określana pojemność systemu (na podstawie pożądanej wartości odstepu sygnału od szumu)
  - nowe sposoby wielodostępu (CDMA)
- Metody:
  - kluczowanie bezpośrednio (DSSS)
  - przeskoki częstotliwości (FHSS)
  - przeskoki w czasie (THSS)
  - liniowa modulacja częstotliwości (LFM)

# Kluczowanie bezpośrednie

## *Direct Sequence Spread Spectrum*

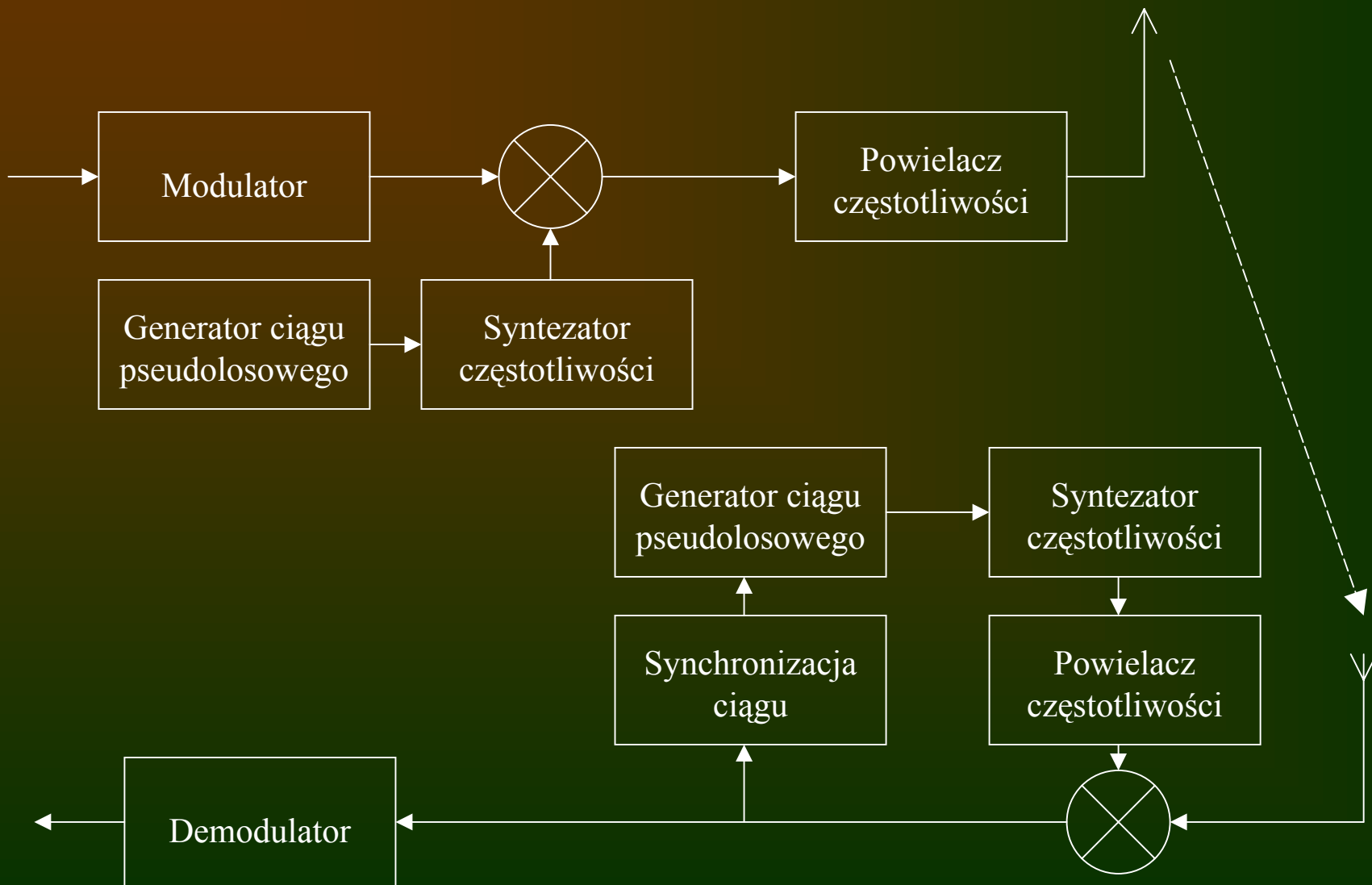


# Kluczowanie bezpośrednie



# Przeskoki częstotliwości

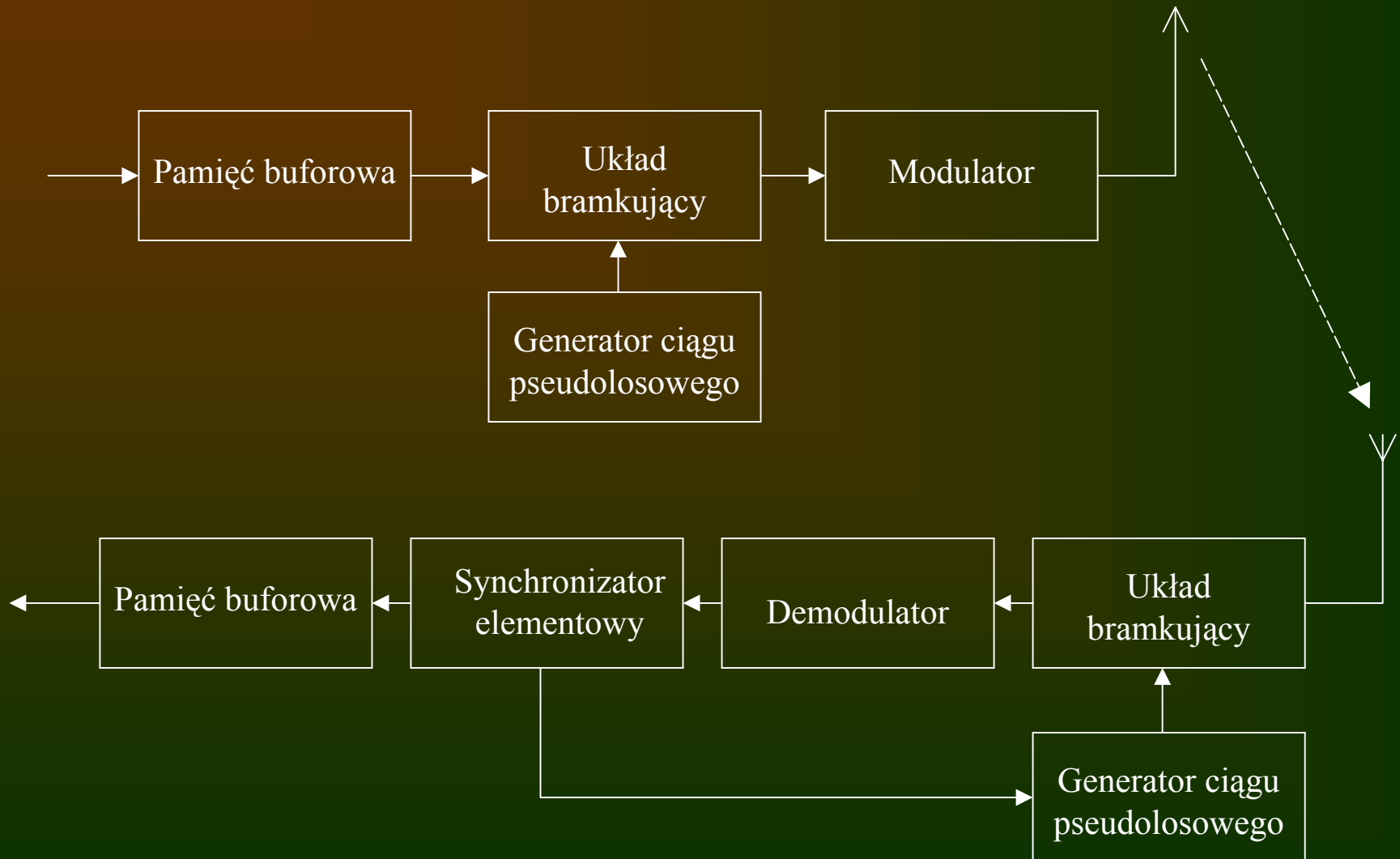
## *Frequency Hopping Spread Spectrum*





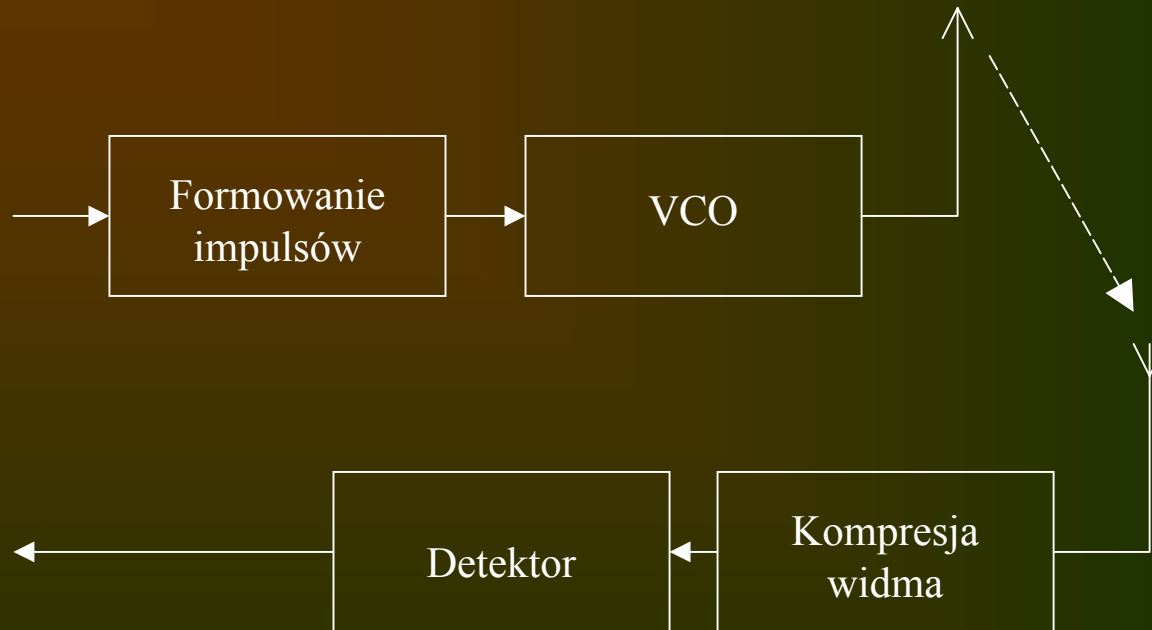
# Przeskoki w czasie

## *Time Hopping Spread Spectrum*

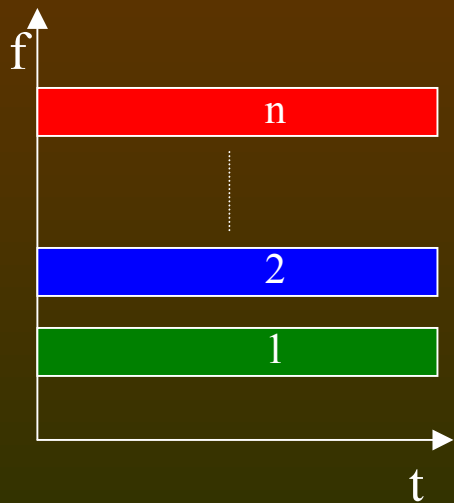


# Liniowa modulacja częstotliwości

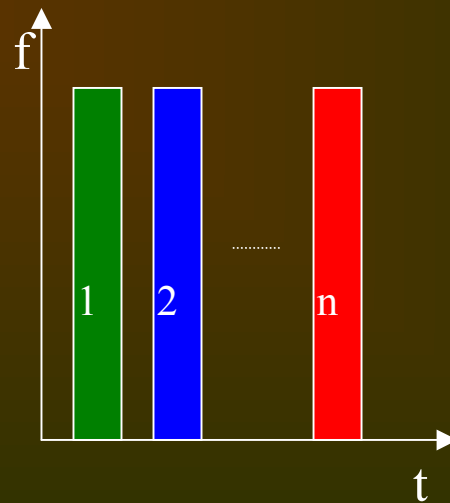
*Linear Frequency Modulation (“chirp”)*



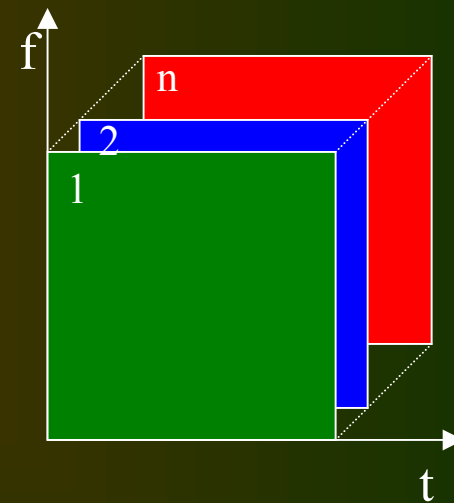
# Wielodostęp kodowy (CDMA)



FDMA



TDMA



CDMA

# Systemy optyczne

- Nadajniki podczerwieni:
  - diody LED
  - diody laserowe
- odbiorniki podczerwieni:
  - fotodiody PIN < 100 Mb/s
  - fotodiody lawinowe (APD) > 1 Gb/s
- metody modulacji:
  - modulacja intensywności strumienia świetlnego (IM)
  - modulacja amplitudy impulsów (PAM)
  - modulacja położenia impulsów (PPM)
  - modulacja szerokości impulsów (PWM)
  - modulacja częstotliwości impulsów (PFM)

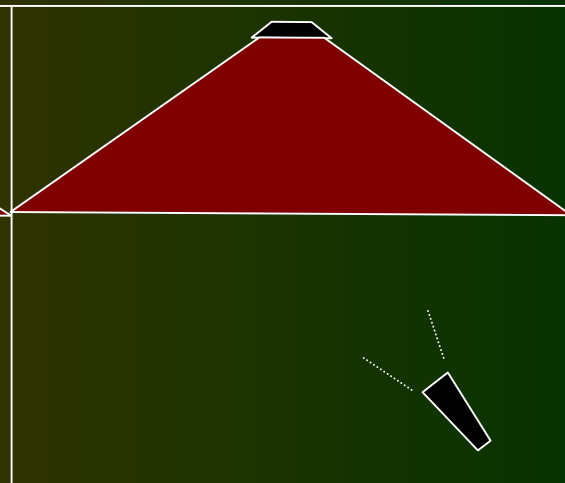
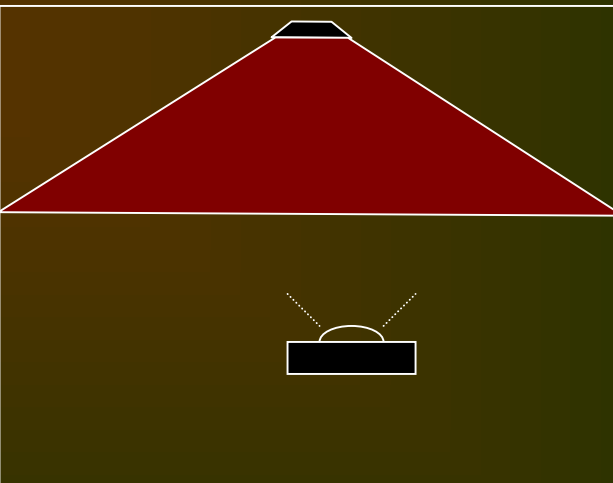
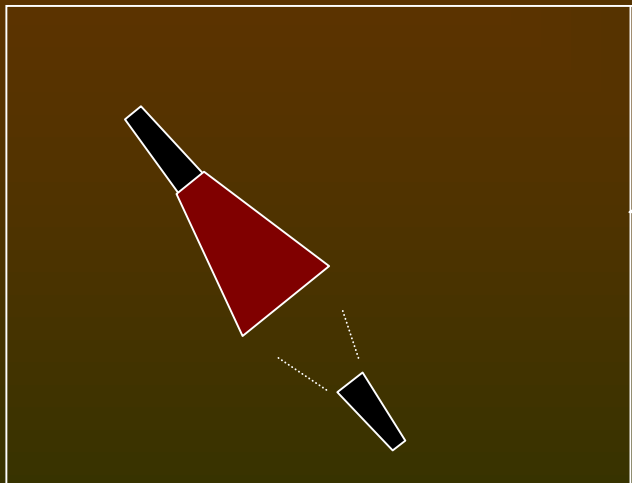
# Rodzaje łączy optycznych

Łącze kierunkowe

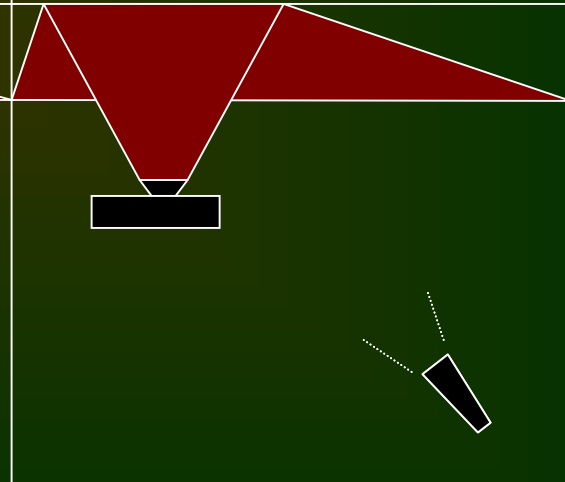
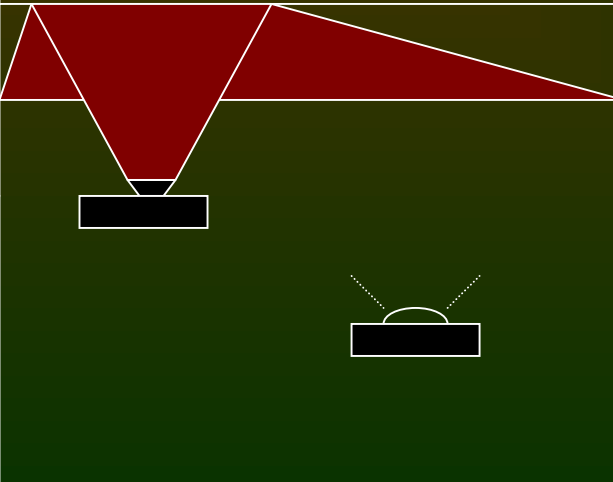
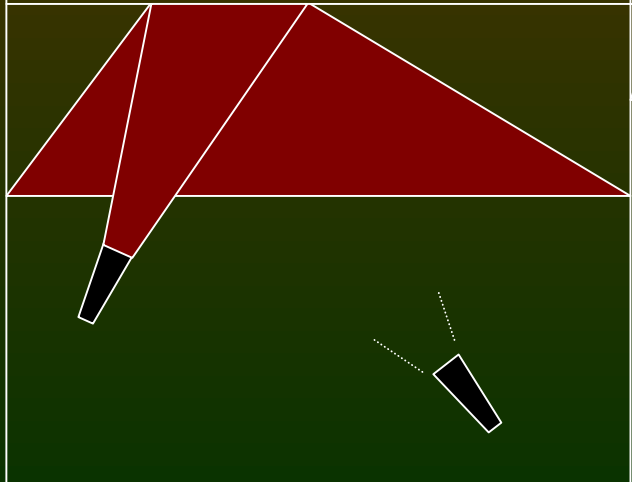
Łącze szerokokątne

Łącze hybrydowe

Łącze z widzialnością



Łącze dyfuzyjne



# Uwarunkowania prawne

- Fale radiowe:
  - transmisja wąskopasmowa:
    - częstotliwości około 300 i 334 MHz
    - szerokość pasma 25 kHz
    - moc nadajnika do 10 W
    - konieczność uzyskania zgody PAR
  - bez konieczności uzyskania zgody:
    - częstotliwość poniżej 800 MHz
    - moc nadajnika nie większa niż 20 mW
  - dla sieci lokalnych:
    - 2.4-2.4835 MHz, max. 100 mW, widmo rozproszone
    - 5.15-5.35 GHz, max. 200 mW
    - 5.47-5.725 GHz, max. 1 W
    - 17.1-17.3 GHz, max 100 mW
- fale optyczne:
  - nie wymagają zezwoleń ani przydziału pasma

# Orientacyjne możliwości techniczne

	fale radiowe		podczerwień		laser
	wąskopasmowe	widmo rozproszone	rozproszona	skupiona	
prędkość	≤ 40 kb/s	11 Mb/s	1-16 Mb/s	4-155 Mb/s	4-622 Mb/s
zasięg	20 km	500 m	20 m	500 m	1-4 km
mobilność	tak	tak	tak	nie	nie
niezbędna widoczność	nie	nie	nie	tak	tak
odporność na zakłócenia	mała	duża	bardzo duża	bardzo duża	bardzo duża
bezpieczeństwo informacji	małe	duże	średnie	duże	duże
wy wymagana zgoda	tak	tak	nie	nie	nie
koszt	średni	średni	średni	duży	duży