

# Bezprzewodowe sieci komputerowe

Dr inż. Bartłomiej Zieliński

- Podział systemów i standardów cyfrowej transmisji bezprzewodowej
- Bezprzewodowe sieci lokalne (WLAN)
  - IEEE 802.11, 802.11b, 802.11a, 802.11g
  - HiPeRLAN/1, HiPeRLAN/2
- Bezprzewodowe sieci osobiste (WPAN)
  - IrDA
  - BlueTooth

# Podział systemów transmisji bezprzewodowej

- Systemy telefonii cyfrowej
  - cyfrowa telefonia komórkowa (np. GSM)
  - cyfrowa telefonia bezprzewodowa (np. DECT)
- bezprzewodowe sieci rozległe
  - stacjonarne (np. Aloha, Packet Radio)
  - mobilne (np. CDPD, Mobitex)
  - dyspozytorskie i trunkingowe (np. TETRA)
- bezprzewodowe sieci lokalne
  - standardy IEEE 802.11, HiPeRLAN
- bezprzewodowe sieci osobiste
  - systemy IrDA, BlueTooth, standard IEEE 802.15
- bezprzewodowe sieci miejskie
  - standardy IEEE 802.16, HiperAccess

# Cechy systemów transmisji bezprzewodowej

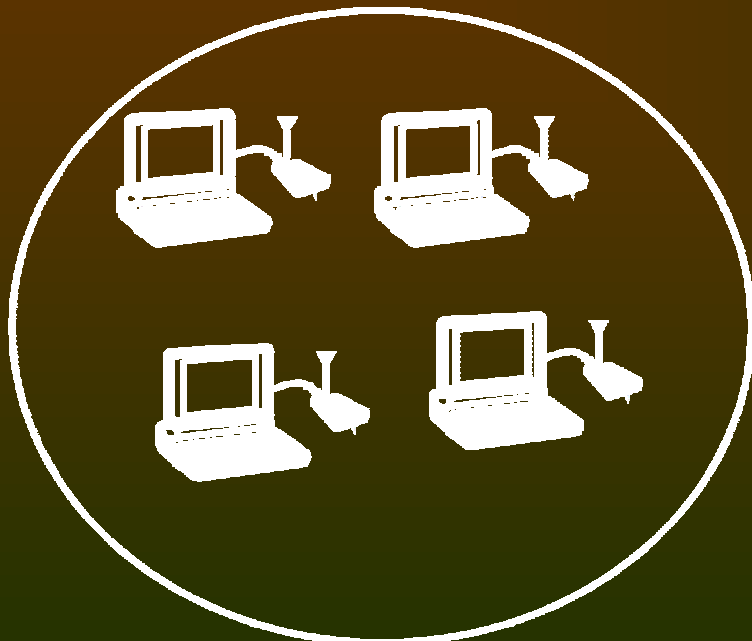
- GSM
  - ⇒ mała prędkość transmisji (9.6 - 170 kb/s), globalny zasięg
- DECT
  - ⇒ prędkość transmisji 24-552 kb/s, zasięg ok. 100m od stacji bazowej
- bezprzewodowe sieci rozległe
  - ⇒ mała prędkość transmisji (9.6-19.2 kb/s), zasięg 50-100 km
- bezprzewodowe sieci lokalne
  - ⇒ duża prędkość transmisji (1-54 Mb/s), mały zasięg (10-100 m)
- bezprzewodowe sieci osobiste
  - ⇒ duża prędkość transmisji (1-16 Mb/s), mały zasięg (do 10 m)
- bezprzewodowe sieci miejskie
  - ⇒ duża prędkość transmisji (50-155 Mb/s), zasięg kilka km

# Standard IEEE 802.11

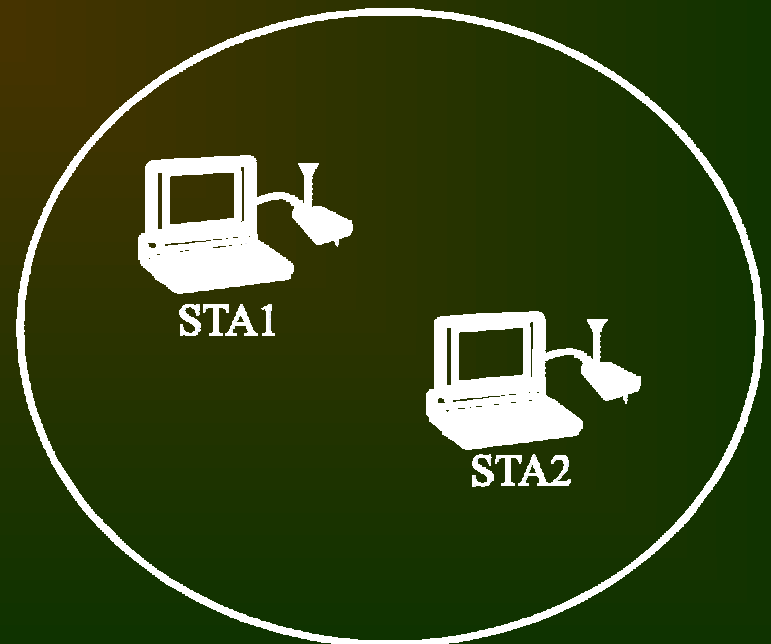
- © IEEE 1997; ISO 8802.11, ETSI ETS 300 328
- możliwość tworzenia sieci tymczasowej i stałej
- różne warianty warstwy fizycznej
- prędkość transmisji 1-55 Mb/s
- zasięg około 10-50 m (w budynkach)
- warstwa liniowa (dostęp do łącza, format ramki)  
niezależna od wariantu warstwy fizycznej
- obsługa ruchu asynchronicznego i synchronicznego  
(uwarunkowanego czasowo)

# Konfiguracje sieci

## Sieć tymczasowa (*ad-hoc*)



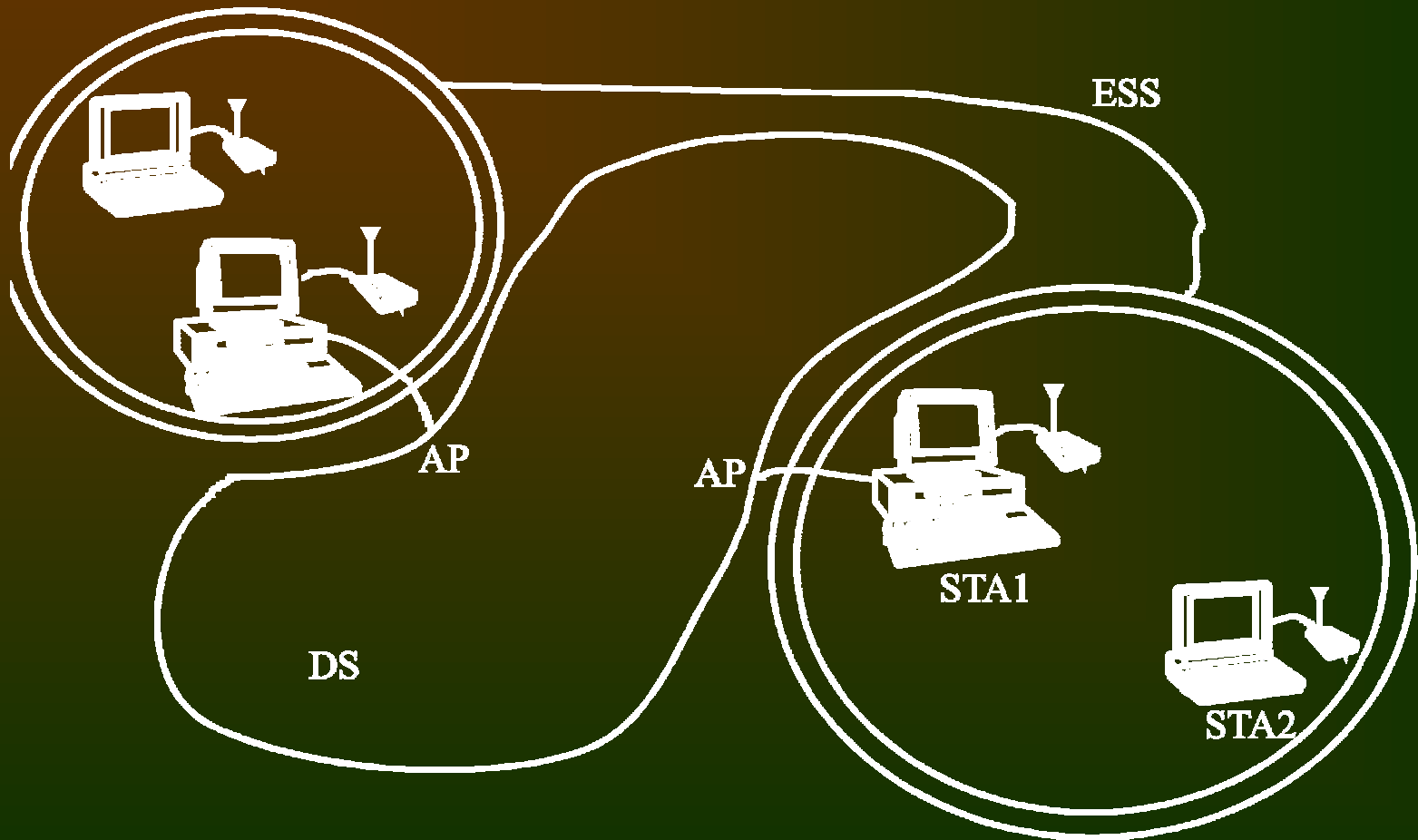
**BSS1**



**BSS2**

# Konfiguracje sieci

## Sieć stała (*infrastructure*)



# Warstwa fizyczna

- Podwarstwy:
  - PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*) - usługi dla warstwy liniowej
  - PMD (*Physical Medium Dependent*) - modulacja, kodowanie
- warianty:
  - 802.11 (pasmo ISM 2.4-2.4835 GHz):
    - fale radiowe DSSS
    - fale radiowe FHSS
    - podczerwień rozproszona
  - 802.11b (pasmo ISM 2.4-2.4835 GHz):
    - fale radiowe HR-DSSS
  - 802.11a (pasmo UNII ok. 5 GHz):
    - fale radiowe OFDM
  - 802.11g (pasmo ISM 2.4-2.4835 GHz):
    - fale radiowe OFDM

# Warstwa fizyczna

- 802.11 (pasmo ISM 2.4-2.4835 GHz):
  - prędkości transmisji 1 Mb/s (opcjonalnie 2 Mb/s)
  - fale radiowe DSSS
    - 12 kanałów po 5 MHz
    - 11-bitowy ciąg rozpraszający (11 Mb/s)
    - stała prędkość modulacji 1 Mbd
  - fale radiowe FHSS
    - 79 kanałów po 1 MHz
    - 78 sekwencji przeskoków
    - stała prędkość modulacji 1 Mbd
  - podczerwień rozproszona
    - modulacja 16-PPM (1 Mb/s), 4-PPM (2 Mb/s)
    - zasięg około 10m



# Warstwa fizyczna

- 802.11b (pasmo ISM 2.4-2.4835 GHz):
  - prędkości transmisji 1, 2, 5.5, 11 Mb/s
  - fale radiowe HR-DSSS
    - 11-bitowy ciąg rozpraszający (11 Mb/s)
    - stała prędkość modulacji 1 Mbd dla prędkości 1-2 Mb/s (1 lub 2 b/bd, zgodność z 802.11)
    - stała prędkość modulacji 1.375 Mbd dla 5.5-11 Mb/s (4 lub 8 b/bd)
- 802.11a (pasmo UNII 5.15-5.30, 5.725-5.835 GHz)
  - trzy domeny o różnych ograniczeniach mocy
  - w każdej domenie wyróżnione kanały 20 MHz
  - kanał podzielony na 52 podkanały (48 dane + 4 ECC)
  - modulacja OFDM
    - prędkości transmisji 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mb/s
    - różne metody kodowania zależne od prędkości transmisji

# Warstwa liniowa

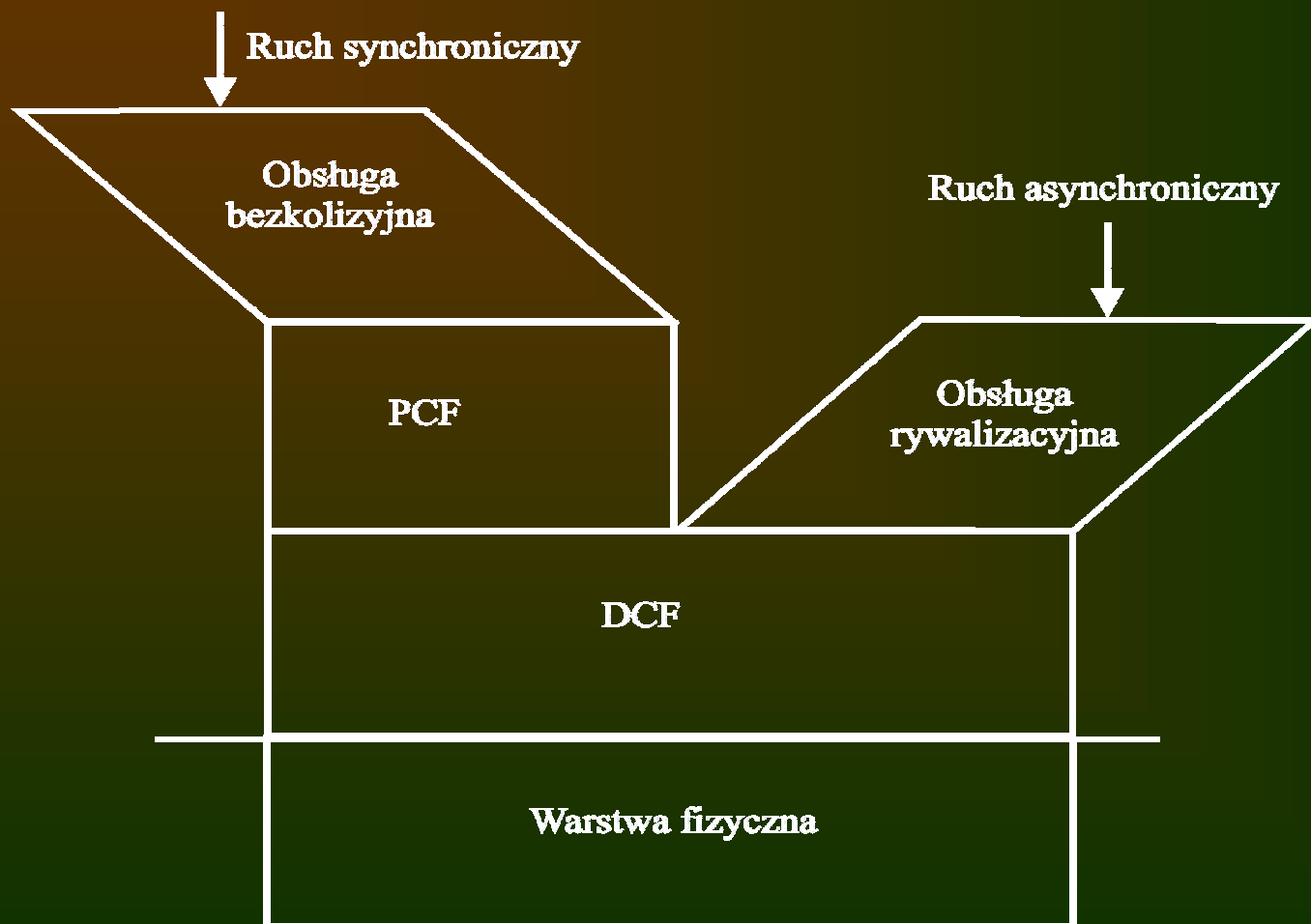
## Format ramki

Ster.	Czas/ID	Adres 1	Adres 2	Adres 3	Nr	Adres 4	Dane	CRC
2 B	2 B	6 B	6 B	6 B	2 B	6 B	0-2312 B	4 B

- Pole sterujące: typ ramki, fragmentacja, retransmisja, wykorzystanie AP, szyfrowanie itp.
- Czas/ID - dla potrzeb rezerwacji kanału
- adresy - ID komórki BSS, nadajnika i odbiornika
- Nr - kolejny numer ramki

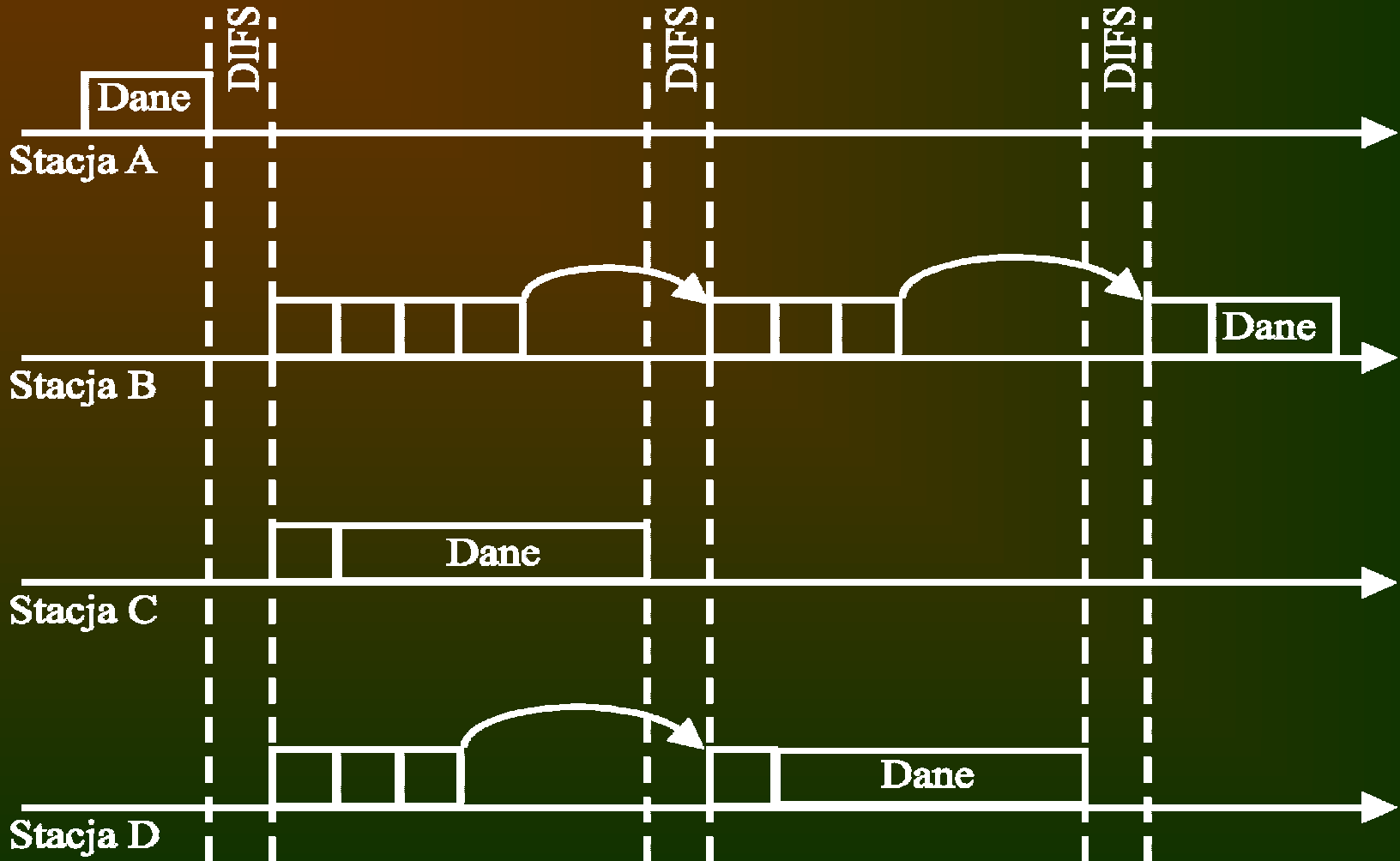
# Warstwa liniowa

## Dostęp do łącza



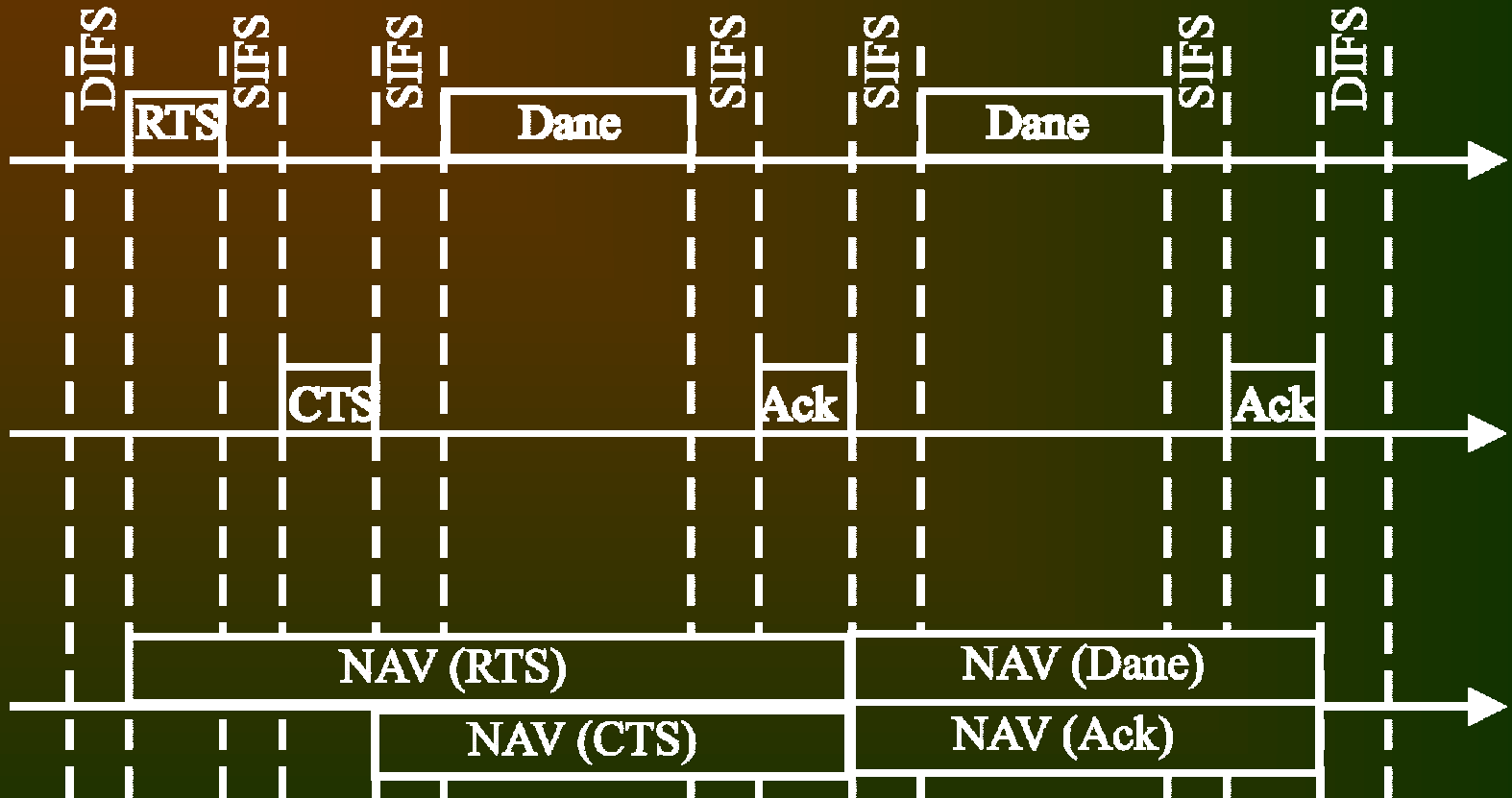
# Warstwa liniowa

## Dostęp do łącza - protokół DCF



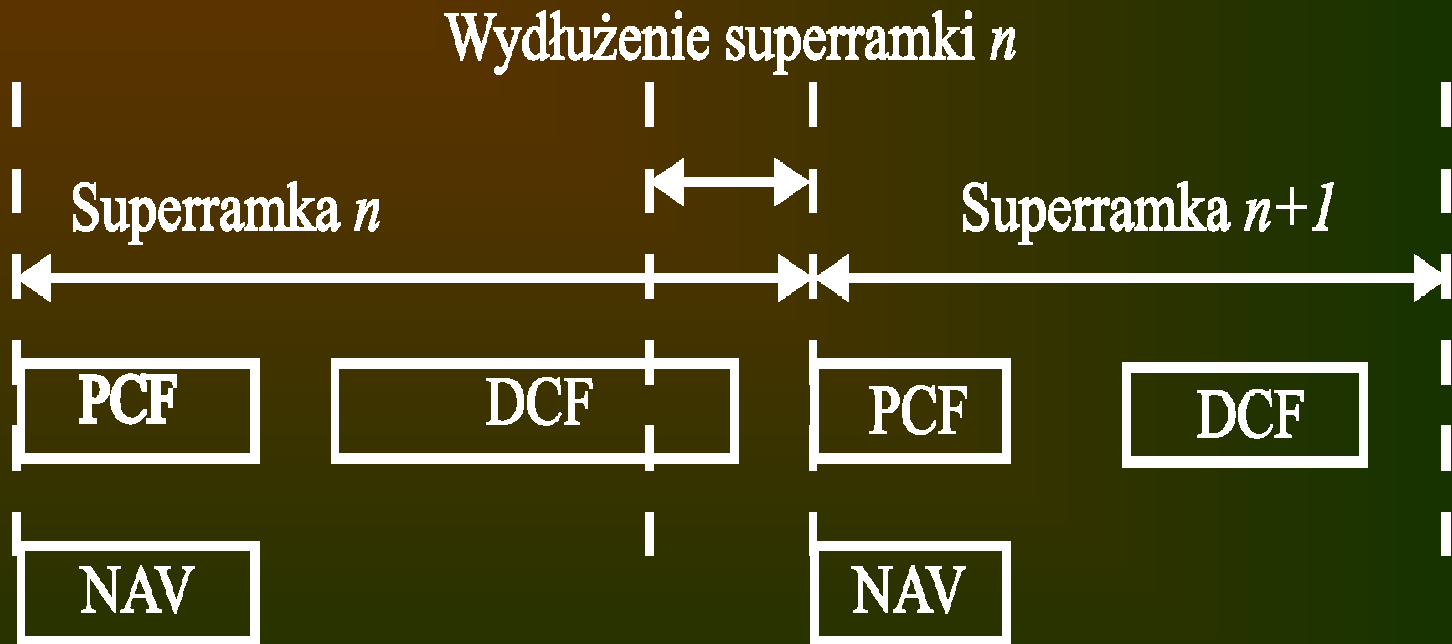
# Warstwa liniowa

## Transmisja wieloramkowa



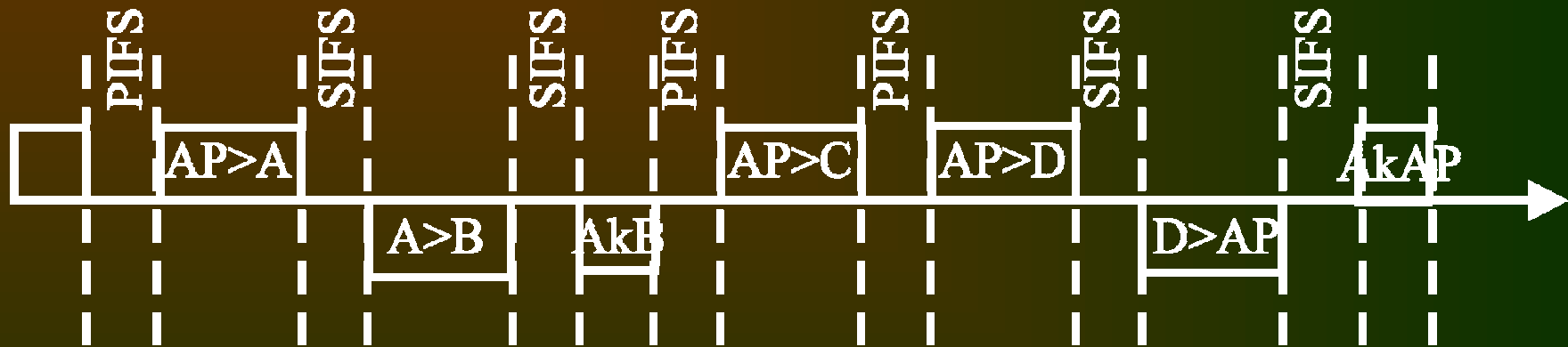
# Warstwa liniowa

## Organizacja superramki



# Warstwa liniowa

## Protokół PCF



# Standard HiPeRLAN

- © ETSI 1997
- możliwość tworzenia sieci tymczasowej i stałej
- prędkość transmisji ok. 1-20 Mb/s
- zasięg około 10-50 m (w budynkach)
- definicja warstwy fizycznej, formatu ramki oraz protokołu dostępu do łącza
- obsługa ruchu asynchronicznego i synchronicznego (uwarunkowanego czasowo)
- HiPeRLAN/1 - „bezprzewodowy Ethernet”
- HiPeRLAN/2 - „bezprzewodowy ATM”



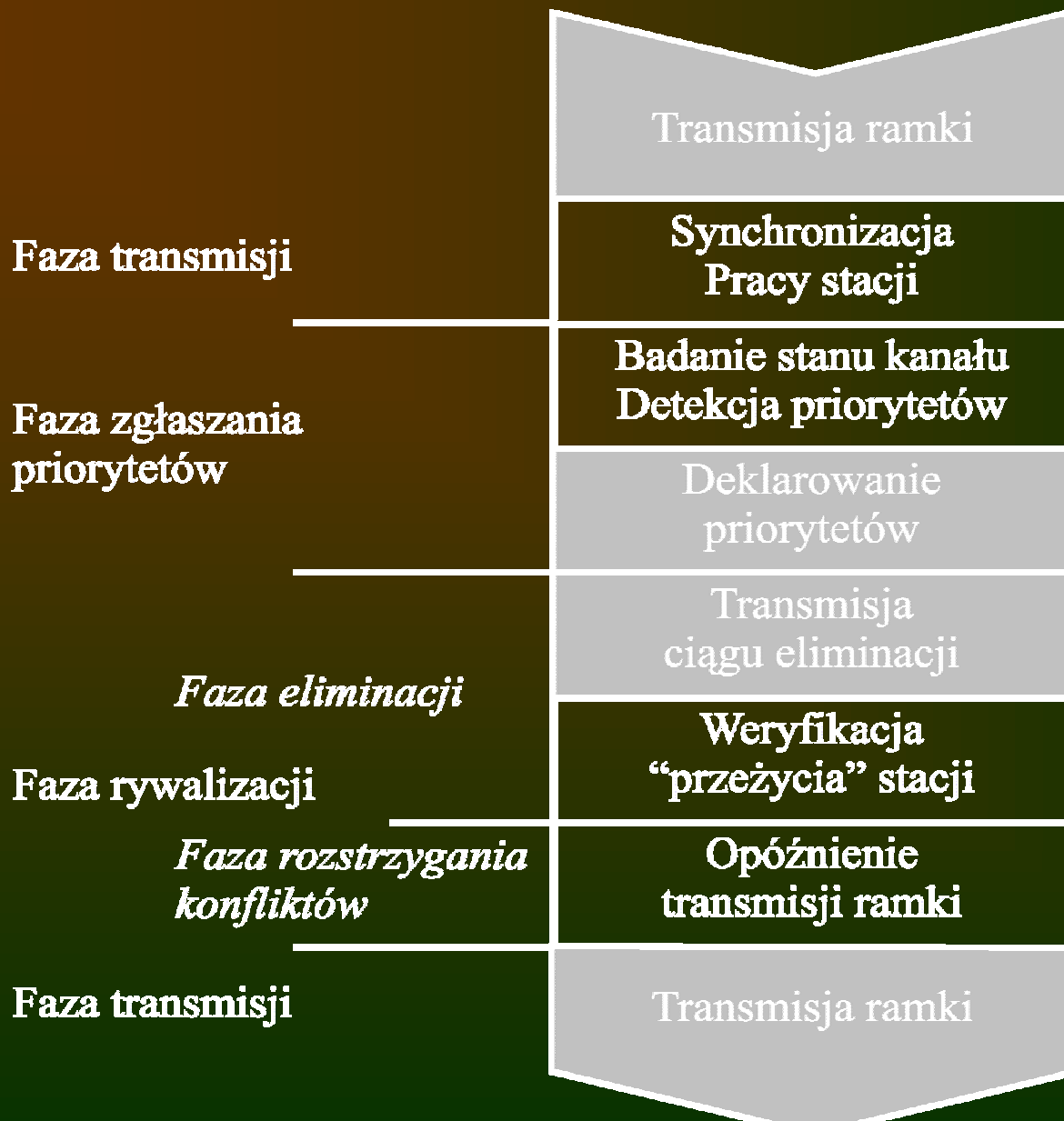
# Warstwa fizyczna

- Fale radiowe 5.15-5.30 GHz, 17.1-17.3 GHz
- szerokość kanału 25 MHz, przedział ochronny 12.5 MHz
- prędkość transmisji
  - LBR (*Low Bit Rate*) - 1.4706 Mb/s  $\pm$ 15 b/s
  - HBR (*High Bit Rate*) - 23.5294 Mb/s  $\pm$ 235 b/s
- zasięg
  - 800 m dla LBR
  - 50 m dla HBR
- moc nadajnika
  - 1 W w pasmie 5 GHz
  - 100 mW w pasmie 17 GHz

# Protokół dostępu do łącza

- EY-NPMA (*Elimination Yield - Non-Preemptive Multiple Access*)
- dostęp do kanału wolnego
  - łącze wolne przez co najmniej 76 ms (1800 bitów HBR)
  - natychmiastowe rozpoczęcie transmisji
- dostęp do kanału zajętego
  - gdy realizacja transmisji lub przygotowania do niej
  - synchronizacja z cyklem transmisyjnym
- ukryta eliminacja
  - przegrana rywalizacja, brak wykrytej transmisji
  - „ukryta eliminacja” - 500 ms

# Protokół dostępu do łącza



# System IrDA

- © IrDA 1995 - standard *de facto*
- prędkość transmisji 2.4 kb/s - 16 Mb/s



# System IrDA

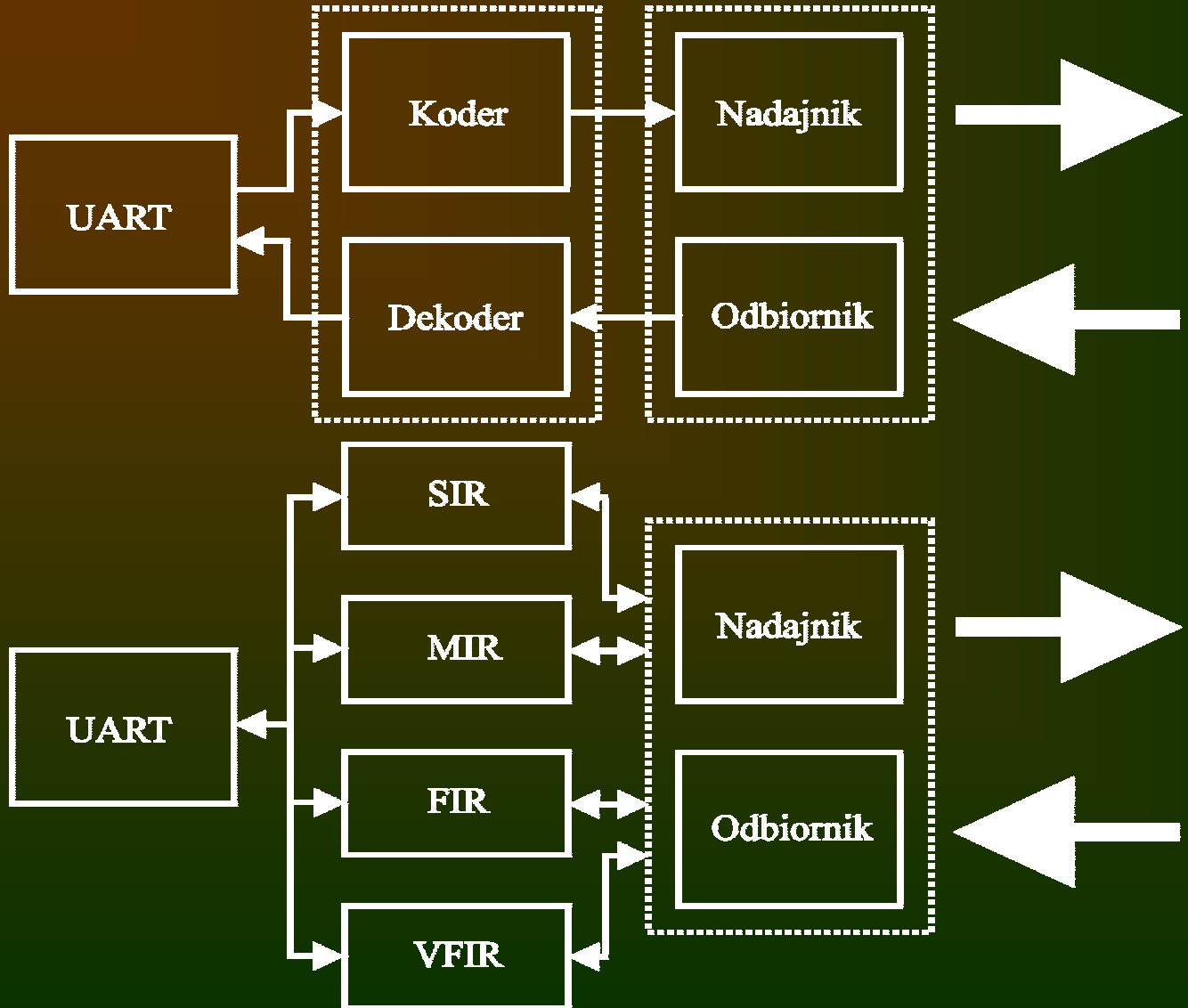
- Elementy obowiązkowe: IrPHY, IrLAP, IrLMP
- Elementy nieobowiązkowe: IrTTP, IrCOMM, IrPNP, IrLAN, IrOBEX
- Elementy multimedialne: IrTran-P, IrMC

<b>IrCOMM</b>	<b>IrLAN</b>	<b>IrMC</b>	<b>IrTran-P</b>
<b>IrTTP</b>		<b>IrLMP LM-IAS</b>	
<b>IrLMP LM-MUX</b>			
<b>IrLAP</b>			
<b>IrSIR</b> 2.4-115.2 kb/s	<b>MIR</b> 576-1152 kb/s	<b>FIR</b> 4 Mb/s	<b>VFIR</b> 16 Mb/s

# System IrDA

- Transmisja asynchroniczna, półdupleksowa
- łączność dwu- i wielopunktowa
- zasięg 1 cm - 1 m
- kąt widzenia co najmniej  $\pm 15^\circ$
- długość fali 850-900 nm
- prędkości transmisji:
  - SIR (*Serial Infrared*): 2.4-115.2 kb/s
  - MIR (*Medium Infrared*): 576 i 1152 kb/s
  - FIR (*Fast Infrared*): 4 Mb/s
  - VFIR (*Very Fast Infrared*): 16 Mb/s
- różne techniki kodowania impulsów dla poszczególnych zakresów prędkości
- różnice w szczegółach ramki IrLAP zależnie od zakresu

# System IrDA



# Warstwa liniowa - IrLAP

- Tryby pracy:
  - połączenie (NRM) - stacja nadrzędna steruje łączem
  - rywalizacja (NDM) - rywalizacja, brak stacji nadrzędnej
- format ramki - HDLC
  - różne sposoby osiągania przezroczystości protokołu i oznaczania granic ramki - zależnie od warstwy fizycznej
- ustalanie parametrów łącza - negocjacja
  - prędkość transmisji
  - rozmiar pola danych
  - liczba nie potwierdzonych ramek
- proces negocjacji:
  - stacja nadrzędna wysyła ramkę z proponowanymi parametrami
  - stacja podrzędna odpowiada ramką z akceptowalnymi wartościami
  - wybrane parametry zapewniają jak najszybszą transmisję



# Warstwa liniowa - IrLMP

- LM-MUX - multiplekser
  - możliwe tworzenie wielu połączeń na jednym łączy
  - tryb wielokrotny - wiele połączeń
    - ramki dowolnej aplikacji
    - wymagane sterowanie przepływem i retransmisją w aplikacji
  - tryb wyłączający - jedno połączenie
    - ramki tylko jednej aplikacji
    - sterowanie przepływem w protokole
- LM IAS - informacja o łączy
  - składniki aplikacji prezentują się jako obiekty widoczne w pozostałych stacjach
  - atrybuty obiektów określają ważne cechy potrzebne do nawiązania połączenia

# IrTTP

- **Możliwość wzajemnej blokady:**
  - IrLMP nie zapewnia sterowania przepływem
  - IrLMP nie buforuje ramek
  - możliwość odrzucenia danych z powodu zapełnienia buforów
- **Protokół transportowy**
  - opcjonalny
  - niezależne sterowanie przepływem strumieni danych
  - segmentacja i składanie informacji

# Emulacja łączy - IrCOMM

- Emulacja standardowych łączy komunikacyjnych
  - 3-przewodowy, prosty RS-232C
    - IrLMP-MUX w trybie wyłączającym
    - możliwa emulacja łączy równoległego IrLPT (tylko drukowanie)
  - 3-przewodowy RS-232C
    - sterowanie przepływem na poziomie IrTTP
    - przesył informacji sterującej (parametry i stan portu)
  - 9-przewodowy RS-232C
    - wymiana danych i informacji sterującej
    - emulacja sygnałów sterujących RS-232C
    - możliwe połączenie *null-modem*
  - Centronics
    - jednokierunkowy
    - dwukierunkowy półbajtowy lub bajtowy
    - ECP
    - EPP

# Współpraca z siecią lokalną - IrLAN

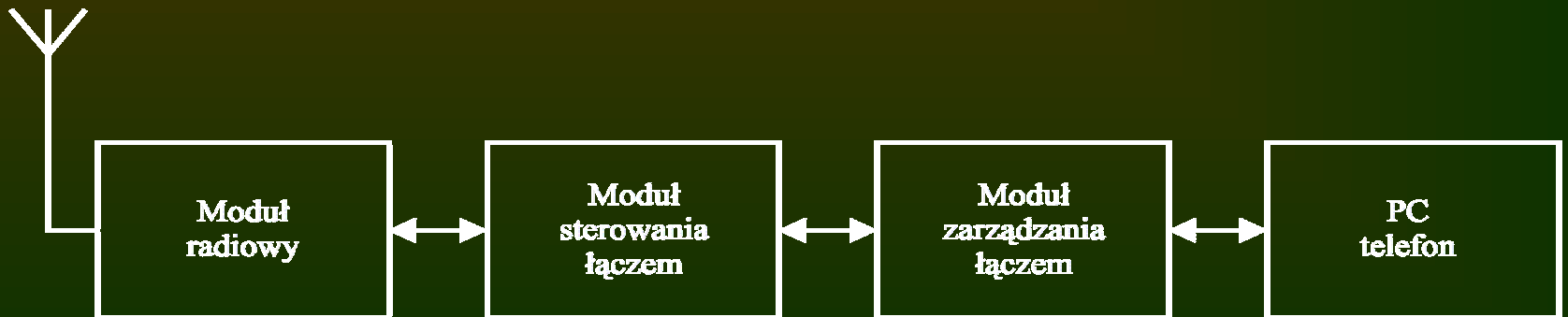
- Współpraca z sieciami lokalnymi
  - 802.3 - Ethernet
  - 802.5 - Token Ring
- konfiguracje sieci
  - z punktem dostępu (AP)
    - stacje IrDA posiadają indywidualne adresy sieciowe (pracują tak, jakby były podłączone bezpośrednio do sieci)
    - AP eliminuje pewne fragmenty informacji (filtracja)
  - partnerski
    - sieć *ad-hoc*
    - IrDA jako niższe warstwy sieci
  - z komputerem nadrzędnym
    - wyróżniony komputer pełni funkcję AP
    - stacje IrDA współdzielą jeden adres sieciowy

# Elementy multimedialne

- IrMC - wymiana informacji z urządzeniami przenośnymi
  - wymiana obiektów (np. elektronicznych wizytówek)
  - sterowanie urządzeniem (np. telefonem komórkowym)
  - przesył sygnałów mowy - RTCON
    - sterowanie przepływem IrTTP
    - dane w ramce IrLAP
    - opóźnienie 30-50 ms
- IrTran-P - przesył obrazów
  - protokoły:
    - SCEP - sterowanie połączeniem
    - bFTP - przesył pliku obrazu
    - UPF - format pliku zbliżony do JPG

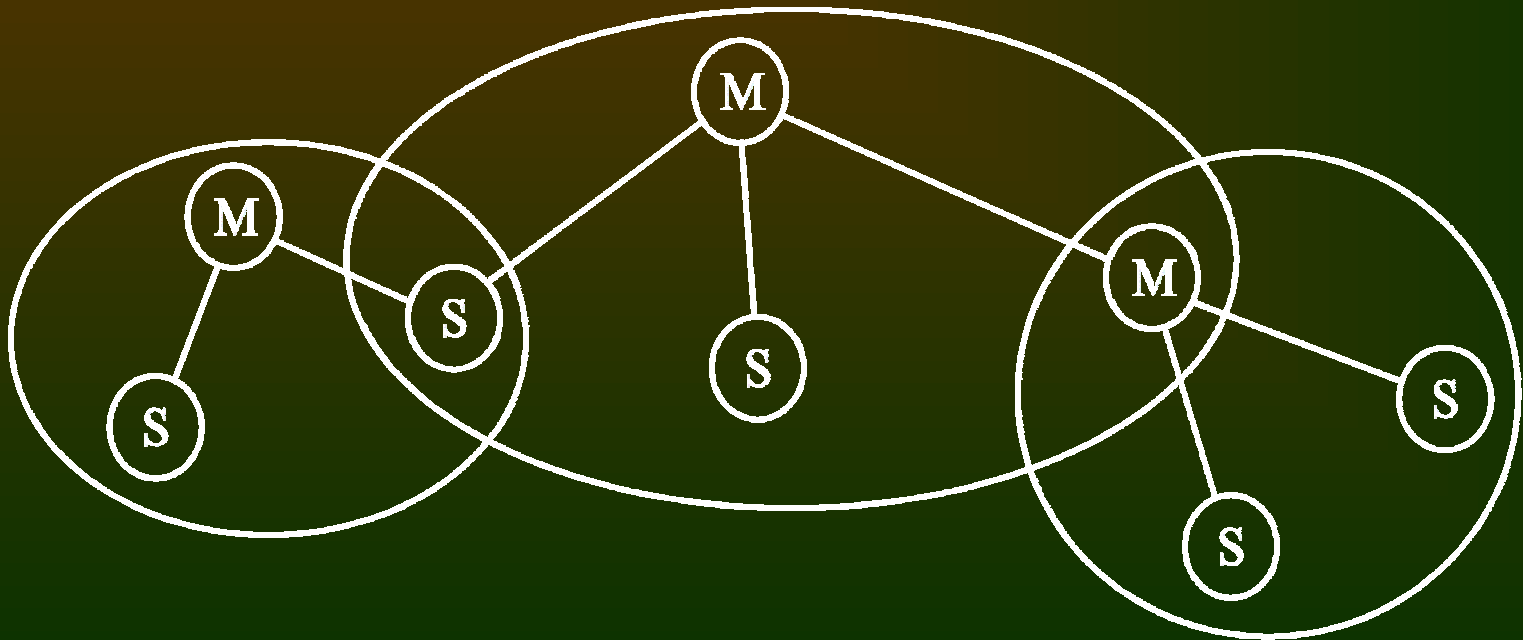
# System Bluetooth

- © Bluetooth SIG (IBM, Intel, Nokia, Toshiba, Ericsson)
- łączność radiowa:
  - urządzenia komputerowe
  - urządzenia telekomunikacyjne
- specyfikacja
  - parametry łącza radiowego
  - funkcje sterownika łącza
  - procedury zarządzania łączem
  - funkcje oprogramowania

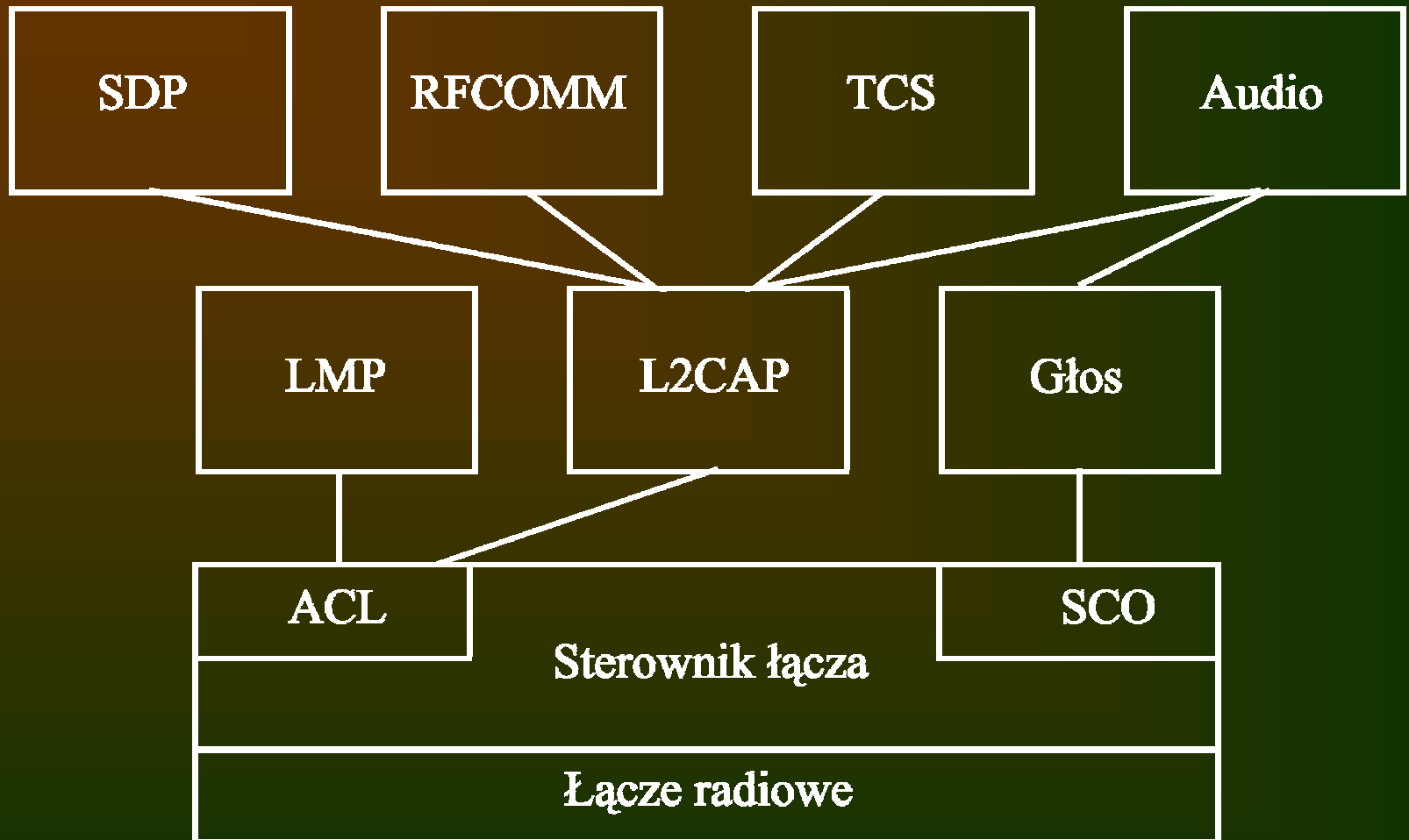


# Topologia sieci

- Typy sieci
  - podsieć (*piconet*) - co najmniej 2 urządzenia
  - sieć rozproszona (*scatternet*) - kilka podsieci
- typy stacji
  - nadrzędna (*master*)
  - podrzędna (*slave*)



# Architektura





# Łącze radiowe

- Pasmo ISM 2.4-2.4835 GHz, FHSS
- częstotliwość przeskoków 1600/s
- szczelina 625 ms, TDD
- transmisja ramki 1-5 szczelin
- moc nadajnika 100 mW
- zasięg 10 m (100 m)
- 26-79 kanałów po 1 MHz
- prędkość transmisji 1 Mb/s

# Rodzaje łączy

- Łącze synchroniczne SCO
  - dwupunktowe, symetryczne
  - M: max 3 SCO, S: max 3 SCO (1 M), 2 SCO (2 M)
  - cykliczna rezerwacja szczelin czasowych
  - brak retransmisji
  - prędkość  $2 \times 64$  kb/s (głos),  $2 \times 64$  kb/s +  $2 \times 57.6$  kb/s (głos i dane)
- Łącze asynchroniczne ACL
  - wielopunktowe
  - $M \leftrightarrow S$ : max 1 ACL
  - szczeliny czasowe nie zajęte przez SCO
  - możliwa retransmisja
  - prędkość:
    - tryb symetryczny  $2 \times 108.8$  kb/s ...  $2 \times 433.9$  kb/s
    - tryb asymetryczny  $108.8 + 108.8$  kb/s ...  $723.2 + 57.6$  kb/s

# Rodzaje ramek

- Ramki sterujące (wspólne)
  - ID - kod dostępu (nawiązanie połączenia)
  - NULL - stan łącza i buforów po odebraniu informacji
  - POLL - wywoływanie stacji podrzędnych
  - FHS - ustalenie sekwencji przeskoków
- Ramki SCO
  - HV1 - 1.25 ms mowy, 1 / 2 szczeliny
  - HV2 - 2.5 ms mowy, 1 / 4 szczeliny
  - HV3 - 3.75 ms mowy, 1 / 6 szczelin
  - DV - dane + głos
- Ramki ACL
  - $DM_i$  - dane średniej szybkości,  $i$  szczelin ( $i=1, 3, 5$ )
  - $DH_i$  - dane dużej szybkości,  $i$  szczelin ( $i=1, 3, 5$ )
  - AUX - jak  $DH_1$ , bez CRC

	Typ ramki	Pole danych [B]		Ochrona		Maks. prędkość [kb/s]		
						symetryczna	asymetryczna	
		nagłówek	użytkownik	FEC	CRC		wyjście	wejście
ste r.	ID	–	–	–	–	–	–	–
	NULL	–	–	–	–	–	–	–
	POLL	–	–	–	–	–	–	–
	FHS	–	18	2/3	tak	–	–	–
A C L	DM1	1	0 ÷ 17	2/3	tak	2×108.8	108.8	108.8
	DH1	1	0 ÷ 27	–	tak	2×172.8	172.8	172.8
	DM3	2	0 ÷ 121	2/3	tak	2×258.1	287.2	54.4
	DH3	2	0 ÷ 183	–	tak	2×390.4	585.6	86.4
	DM5	2	0 ÷ 224	2/3	tak	2×286.7	477.8	36.3
	DH5	2	0 ÷ 339	–	tak	2×433.9	723.2	57.6
	AUX1	1	0 ÷ 29	–	–	2×185.6	185.6	185.6
S C O	HV1	–	10	1/3	–	2×64.0	–	–
	HV2	–	20	2/3	–	2×64.0	–	–
	HV3	–	30	–	–	2×64.0	–	–
	DV	0	10	–	–	2×64.0	–	–
	<i>(dane)</i>	<i>1</i>	<i>0 ÷ 9</i>	<i>2/3</i>	<i>tak</i>	<i>2×57.6</i>		

# Kanały logiczne

- Kanał sterujący LC (*Link Control*) - informacja sterująca (retransmisja, ster. przepływem)
- kanał sterujący LM (*Link Manager*) - zarządzanie łączem w stacjach nadrzędnych i podrzędnych
- kanał użytkownika UA (*User Asynchronous data*) - dane L2CAP
- kanał użytkownika UI (*User Isochronous data*)
- kanał użytkownika US (*User Synchronous data*)
- LC → nagłówki ramek
- LM, UA, UI → DM (ACL), DV (SCO)
- US → SCO

# Zastosowania - profile

- Telefonia bezprzewodowa (*Cordless Telephony Profile*), interkom (*Intercom Profile*)
- emulacja portu szeregowego (*Serial Port Profile*)
- podłączenie zestawu słuchawkowego (*Headset Profile*)
- podłączenie modemu lub faksu (*Dial-up Profile, Fax Profile*)
- dostęp do sieci lokalnej (*LAN Access Profile*)
- znajdowanie urządzeń i sterowanie połączeniami (*Generic Access Profile*)
- informacja o usługach w urządzeniach (*Service Discovery Application Profile*)