

# Sieci komputerowe

## Wykład 11 — Sieci bezprzewodowe

Marta Szarmach  
Zakład Telekomunikacji Morskiej  
Wydział Elektryczny  
Uniwersytet Morski w Gdyni

05.2022

# Plan prezentacji

- 1 Sieci bezprzewodowe
  - Rodzaje
  - Zalety i wady
- 2 Wi-Fi
  - Podstawowe informacje
  - Standardy
  - Bezpieczeństwo
- 3 Małe sieci *ad hoc*
  - Bluetooth
  - Bluetooth
  - IrDA
- 4 Sieci komórkowe
  - Cechy
  - Generacje i systemy

# 1. Sieci bezprzewodowe

Rodzaje, zalety i wady

# 1.1 Sieci bezprzewodowe. Rodzaje

## Definicja

**Siecią bezprzewodową** nazywamy sieć, w której urządzenia połączone są ze sobą bez użycia przewodu — poprzez medium bezprzewodowe.

Sieci bezprzewodowe mogą wykorzystywać następujące medium:

- Fale radiowe/mikrofale — np. Wi-Fi (2,4 GHz, 5 GHz), Bluetooth (2,4 GHz)
- Podczerwień — IrDA

# 1.1 Sieci bezprzewodowe. Rodzaje

## Podział sieci bezprzewodowych ze względu na ich budowę:

### Sieci infrastrukturalne

- Urządzenia komunikują się ze sobą poprzez urządzenie centralne (sterujące), np. access point
- Występuje hierarchia urządzeń
- Przykład: Wi-Fi

### Sieci *ad hoc*

- Urządzenia łączą się na zasadzie „każdy z każdym”
- Urządzenia są równe w hierarchii (nie ma urządzenia nadrzędnego, sterującego)
- Przykład: Bluetooth, IrDA

## 1.2 Sieci bezprzewodowe. Zalety i wady

### Zalety i wady sieci bezprzewodowych:

#### Zalety

- Łatwe w korzystaniu (brak ograniczenia w postaci kabla)
- Łatwe w rozbudowie (nie trzeba doprowadzać przewodów)
- Dają możliwość instalacji tam, gdzie nie da się poprowadzić przewodu (zabytki, góry)
- Mniejszy koszt (brak przewodów)

#### Wady

- Większa wrażliwość sieci na warunki atmosferyczne czy zakłócenia elektromagnetyczne
- Stosunkowo niższe prędkości przesyłu danych niż przewodem
- Zmniejszone bezpieczeństwo — medium nieograniczone fizycznie, każdy ma do niego dostęp

## 2. Wi-Fi

Standard Wi-Fi i jego odmiany, bezpieczeństwo

## 2.1 Wi-Fi. Podstawowe informacje

### Cechy standardu Wi-Fi (ang. *Wireless Fidelity*):

- Opisany standardem IEEE 802.11
- Zazwyczaj używany do budowania bezprzewodowych sieci lokalnych
- Sieć infrastrukturalna — centralnym urządzeniem, z którym łączą się wszystkie hosty, jest access point lub router bezprzewodowy





## 2.1 Wi-Fi. Podstawowe informacje

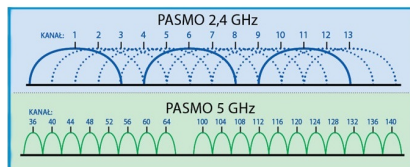
### Cechy sieci Wi-Fi:

- Router obsługuje sieć o zdefiniowanej nazwie (**SSID**, ang. Service Set Identifier), którą rozgłasza poprzez wiadomości typu *beacon*
- Dostęp do sieci mają urządzenia znające chroniący ją współdzielony **klucz zabezpieczający** (lub rzadziej uwierzytelnione np. przez zewnętrzny serwer RADIUS)
- Wykorzystywane głównie pasma: **2,4 GHz, 5 GHz**
- Komunikacja odbywa się na wybranym **kanale** w ramach danego pasma

## 2.1 Wi-Fi. Podstawowe informacje

### Pasma i wydzielone w nich kanały:

- Pasmo 2,4 GHz podzielono na 14 nakładających się kanałów o szerokości 22 MHz (w Polsce wykorzystywane są kanały od 1 do 13)
- Pasmo 5 GHz podzielono na 19 nienakładających się kanałów



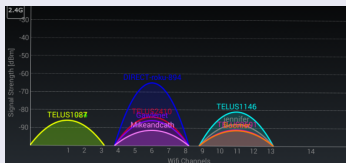
Grafiki: [jpk.pl](http://jpk.pl), [pcworld.pl](http://pcworld.pl)

## 2.1 Wi-Fi. Podstawowe informacje

### Pasma i wydzielone w nich kanały:

#### Pasmo 2,4 GHz

- + Lepszy zasięg i stabilniejsze łącze (niż 5 GHz)
- Generalnie niższa prędkość przesyłu
- Problem nakładających się kanałów (najlepiej wybierać kanały nienakładające się, jak 1-6-11)



Grafika: pl.if-koubou.com

#### Pasmo 5 GHz

- + Wyższa możliwa prędkość przesyłu (niż 2,4 GHz)
- + Wyeliminowany problem nakładających się kanałów
- Gorszy zasięg (fale 5 GHz bardziej narażone na tłumienie w domowych warunkach)

## 2.2 Wi-Fi. Standardy

### Ewolucja standardów Wi-Fi:

- 802.11a — pasmo 5 GHz, przepustowość do 54 Mb/s,
- 802.11b — pasmo 2,4 GHz, przepustowość do 11 Mb/s (gorsza przepustowość niż 802.11a, ale stabilniejsze łącze i lepszy zasięg),
- 802.11g — pasmo 2,4 GHz, przepustowość do 54 Mb/s,
- 802.11n — pasmo 2,4 GHz oraz 5 GHz, przepustowość do 150 Mb/s (kompatybilny wstecznie z 802.11b i 802.11g, wybór szerokości kanału 20 MHz lub 40 MHz, wykorzystanie MIMO),
- 802.11ac — pasmo 5 GHz, przepustowość do 7 Gb/s,
- 802.11ax — pasmo 2,4 oraz 5 GHz, przepustowość do 10 Gb/s.

## 2.3 Wi-Fi. Bezpieczeństwo

### Standardy mające zapewnić bezpieczeństwo sieci Wi-Fi: — WEP

- ang. *Wired Equivalent Privacy*
- Miał zapewnić bezpieczeństwo porównywalne z osiąganym poprzez łącze przewodowe
- Dane są szyfrowane przy użyciu algorytmu RC4 wykonującego operację XOR na jawnych danych i strumieniu klucza
- Posiada wiele luk: klucz (40-bitowy) dystrybuowany jest pomiędzy urządzeniami ręcznie, a dla zachowania bezpieczeństwa powinien być często zmieniany; oprócz tego wektor inicjujący (24-bitowy) podawany jest tekstem jawnym na początku ramki, co powoduje podatność standardu na złamanie klucza

## 2.3 Wi-Fi. Bezpieczeństwo

### Standardy mające zapewnić bezpieczeństwo sieci Wi-Fi:

#### — WPA

- ang. *Wi-Fi Protected Access*
- Miał wyeliminować wady WEPu
- Szyfrowanie wykorzystuje protokół TKIP (dalej bazujący na RC4), w którym wektor inicjujący klucza jest haszowany, a sam klucz musi być wymieniany po 10000 przesłanych pakietach

#### — WPA2

- Najnowszy i najbardziej bezpieczny standard
- Wykorzystuje CCMP i AES do szyfrowania
- Klucze mają długość 128 bitów

## 2.3 Wi-Fi. Bezpieczeństwo

### WPA/WPA2 występuje w 2 wariantach:

- **Personal** — wykorzystuje współdzielony klucza (inaczej WPA-PSK — *pre-shared key*), taki sam na każdym urządzeniu łączącym się z daną siecią Wi-Fi
- **Enterprise** — do autentykacji wykorzystywany jest dedykowany serwer RADIUS lub TACACS

### 3. Małe sieci *ad hoc*

Bluetooth, IrDA



## 3.1 Małe sieci *ad hoc*. Bluetooth

### Standard Bluetooth:



- Standard IEEE 802.15.1
- Do transmisji danych wykorzystuje pasmo 2,4 GHz (to samo, co Wi-Fi)
- Budowane są niewielkiej wielkości *pikosieci*, wewnątrz której znajduje się jedno urządzenie *master* i maksymalnie 7 urządzeń typu *slave*
- Wykorzystywany do łączenia drobnych urządzeń, jak telefon komórkowy-słuchawki, komputer-głośnik
- Prędkości od 21 kb/s do nawet 50 Mb/s
- Nie wykorzystuje stosu TCP/IP

## 3.1 Małe sieci *ad hoc*. Bluetooth

### Klasy mocy urządzeń, definiujące zasięg:



- klasa 1 (100 mW) — największy zasięg, do 100 m
- klasa 2 (2,5 mW) — najpowszechniejsza w użyciu, zasięg do 10 m
- klasa 3 (1 mW) — najrzadziej używana, zasięg do 1 m

## 3.2 Małe sieci *ad hoc*. IrDA

### Standard IrDA:



- ang. *Infrared Data Association*
- Do transmisji danych wykorzystuje podczerwień (fale elektromagnetyczne o długości 850-900 nm)
- Komunikacja wymaga tego, by urządzenia widziały się wzajemnie bez przeszkód (zasięg max. 1 m)
- Podstawowa prędkość transmisji: 9,6 kb/s
- Wykorzystywany zazwyczaj do tworzenia niewielkich sieci, tymczasowych połączeń punkt-punkt (telefon komórkowy-komputer, komputer-drukarka)
- Nie wykorzystuje stosu TCP/IP
- Obecnie wyparty przez Bluetooth oraz Wi-Fi

## 4. Sieci komórkowe

Cechy, generacje

## 4.1 Sieci komórkowe. Cechy

### Cechy sieci komórkowych:

- Służą do ustanowienia dwukierunkowej komunikacji bezprzewodowej pomiędzy osobistymi terminalami przenośnymi (telefonami komórkowymi, smartfonami) w zasięgu stacji bazowych
- Obszar ten podzielony na mniejsze części (tzw. komórki); w zależności od ilości abonentów komórki mogą być mniejsze (w miejscach gęstszego zaludnienia) lub większe; każda z nich posiada przydzielony inny zakres częstotliwości kanałowych
- Nadajniki stacji bazowych charakteryzują się wysoką mocą, odbiorniki w terminalach przenośnych — niską

## 4.2 Sieci komórkowe. Generacje i systemy

### Generacja 2G:

#### GSM

- ang. *Global System for Mobile Communications*
- Miał służyć głównie do przesyłu głosu, ale umożliwiał też przesył danych
- Prędkość przesyłu max. 57,6 kbit/s
- Wykorzystywał komutację łącza — użytkownik płacił za zajętość łącza, a nie ilość przesłanych danych, łącze wykorzystywane nieefektywnie
- Wykorzystywał pasmo m.in. 900 MHz oraz 1800 MHz

## 4.2 Sieci komórkowe. Generacje i systemy

### Generacja 2.5G:

#### GPRS

- ang. *General Packet Radio Service*
- Prędkość przesyłu danych max. 30–80 kb/s
- Wykorzystywał komutację pakietów (użytkownik płacił za rzeczywistą ilość przesyłanych danych, łącznie nie było blokowane podczas przesyłu)

#### EDGE

- ang. *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*
- Prędkość przesyłu do 296 kb/s
- Komutacja pakietów

## 4.2 Sieci komórkowe. Generacje i systemy

### Generacja 3G:

#### UMTS

- ang. *Universal Mobile Telecommunications System*
- Wysyłanie do 5,76 Mb/s, odbieranie do 21,6 Mb/s
- Pierwszy system traktujący „na równi” przesył głosu i danych
- Wykorzystuje transmisję WCDMA (ang. *Wideband Code-Division Multiple Access*)



## 4.2 Sieci komórkowe. Generacje i systemy

### Generacja 4G:

#### LTE

- ang. *Long Term Evolution*
- Wysyłanie do 50 Mb/s, odbieranie do 150 Mb/s
- Wykorzystuje MIMO (transmisja wieloantenowa, ang. *Multiple Input Multiple Output*)
- Wykorzystuje OFDM (zwielokrotnienie dostępu poprzez wykorzystanie wielu ortogonalnych nośnych)
- Częstotliwości od 700 do 3600 MHz

## 4.2 Sieci komórkowe. Generacje i systemy

### Generacja 5G:

- Docelowo wysyłanie do 20 Gb/s, odbieranie do 10 Gb/s
- Wykorzystuje Massive MIMO
- Częstotliwości nawet do 26 GHz

*Jak będą wyglądały dalsze udoskonalenia?*