

WLAN na fyzické vrstvě – signál a antény

Tato prezentace se zaměřuje na problematiku bezdrátových sítí (WLAN) na úrovni fyzické vrstvy. Vysvětlíme si principy přenosu signálu v rádiovém pásmu, klíčové fyzikální charakteristiky (frekvence, modulace) a také význam a konstrukci antén pro Wi-Fi sítě (např. 802.11). Dozvíte se, jak antény ovlivňují pokrytí, směrovost, a jakými metodami se vylepšuje signál (MIMO). Cílem je poskytnout studentům ucelený vhled do rádiové části WLAN a ukázat roli antén v kvalitě a stabilitě bezdrátového spojení.

Úvod do WLAN

Co je WLAN (Wireless LAN)

- Bezdrátová lokální síť, obvykle založená na standardech IEEE 802.11 (Wi-Fi).
- Nahrazuje či doplňuje kabelový Ethernet (především na fyzické vrstvě).

Důležitost fyzické vrstvy

- Rozhoduje o rychlosti, kvalitě spojení a dosahu signálu.
- Bezdrátová komunikace je ovlivněna mnoha faktory (frekvence, překážky, rušení).

Historie a standardy

- Původní 802.11 (2 Mbps), 802.11b (11 Mbps), 802.11g (54 Mbps), 802.11n (MIMO), 802.11ac, 802.11ax (Wi-Fi 6), 802.11be (Wi-Fi 7, výhled).

Fyzická vrstva 802.11 – Přehled

Frekvenční pásma

- 2,4 GHz (pásmo 2,4–2,4835 GHz), 5 GHz (5,150–5,825 GHz dle regionu), nově 6 GHz u Wi-Fi 6E.
- Volná pásma (ISM) – bez licencí, ale s regulovaným výkonem.

Modulace

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) v raných verzích 802.11b.
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) od 802.11a/g a novějších.
- Vyšší standardy využívají pokročilé modulace (QAM 64, 256, 1024 atd.).

Kmitočtové kanály

- Rozdělení pásma na kanály (v 2,4 GHz obvykle 13 kanálů v Evropě, v 5 GHz desítky kanálů).
- Překrývání kanálů vs. šířka kanálu (20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz).

Šíření rádiového signálu a rušení

Šíření v prostoru

- Signál se šíří prostorem jako elektromagnetická vlna, naráží na překážky, pohlcování, odrazy.

Faktory ovlivňující dosah

- Výkon vysílače, citlivost přijímače, anténní zisk, frekvenční pásmo, překážky (zdi, stropy).

Interference

- Sousední Wi-Fi sítě, Bluetooth, mikrovlnné trouby (2,4 GHz), radarové systémy (DFS v pásmu 5 GHz).
- Omezuje rychlost a stabilitu spojení.

Antény ve WLAN – Základní principy

Úloha antény

- Převádí elektrické signály (vysílač) do podoby elektromagnetických vln (a naopak v přijímači).
- Ovlivňuje směrovost, zisk a vyzařovací charakteristiku.

Základní parametry antén

1. **Zisk (Gain)** – v dBi, čím vyšší zisk, tím více energie v určitém směru.
2. **Vyzařovací úhel** – charakteristika šíření signálu (omnidirekcionální vs. směrové).
3. **Polarizace** – orientace elektromagnetické vlny (vertikální, horizontální, kruhová).

Omnidirekcionální vs. směrové antény

- **Omnidirekcionální:** vysílají všemi směry (typické pro domácí routery).
- **Směrové:** soustřeďují energii do jednoho úzkého svazku (např. parabolické, sektorové).

Typy antén pro Wi-Fi

Vestavěné (integrované) antény

- V noteboocích, smartphonech, v moderních AP (Access Pointech) – designová neviditelnost.
- Nízký zisk, široká charakteristika.

Externí tyčové antény

- V domácích routerech, odmontovatelné (RP-SMA konektor).
- Většinou všesměrové, zisk kolem 2–5 dBi.

Panelové / sektorové antény

- Používají se v podnikových či venkovních instalacích (point-to-point spoje, hotspoty).
- Vyšší zisk (10+ dBi), směrovější vyzařování.

Parabolické antény

- Pro dlouhé spoje (kilometry), v pásmu 5 GHz (Wireless ISP).
- Vysoce směrové (zisk 20+ dBi).

MIMO a více antén

Co je MIMO (Multiple Input Multiple Output)

- Současné využití více antén pro vysílání a příjem.
- Využívá multipath (odrazy) k navýšení propustnosti a spolehlivosti.

Konfigurace

- 2×2, 3×3, 4×4, 8×8 MIMO (počet vysílacích a přijímacích antén).

Beamforming

- Technologie, která směřuje energii „digitálně“ za pomoci více antén.
- Zvyšuje dosah a stabilitu v zamýšleném směru.

Instalace a umístění antén

Správná poloha AP/antén

- Výška, vzdálenost od zdí, kovových překážek, rušivých zdrojů.

Polarizace

- Snažíme se, aby vysílač i přijímač byly pokud možno stejně orientované (vertikálně/horizontálně).

Regulatorní omezení

- Maximální povolený EIRP (výkon s ohledem na anténní zisk).
- Každá země má mírně odlišné limity, je nutno dodržovat zákony.

Měření signálu a kvalita spojení

RSSI (Received Signal Strength Indicator)

- Udává úroveň přijímaného signálu (v dBm).

SNR (Signal-to-Noise Ratio)

- Rozdíl mezi úrovní signálu a šumu, klíčový pro spolehlivost.

Spektrální analyzéry

- Nástroje pro identifikaci rušení a volbu správného kanálu/frekvence.

Příklady použití speciálních antén

Venkovní point-to-point

- Dlouhé spoje, parabolické antény s vysokým ziskem.

Omnidirekční stožárové antény

- Pro pokrytí velkého okolí (např. kemp, festival).

Sektorové antény

- Rozdělení prostoru na sektory, kde každý sektor má vlastní AP (výkonné pokrytí).

Mesh síť

- Více AP s redundantními spoji, často s různými směrovými/omni anténami pro vzájemné propojení.

Shrnutí

- **WLAN na fyzické vrstvě** je o **rádiovém přenosu** – klíčové jsou parametry frekvence, šířka kanálu, modulace.
- **Antény** ovlivňují vyzařovací charakteristiku, zisk a tím pokrytí i dosah.
- **MIMO** a **beamforming** jsou moderní technologie, které využívají více antén pro zvýšení propustnosti a stability.
- **Umístění a orientace antén** v prostoru, volba kanálu a dodržování regulí jsou zásadní pro **kvalitu spojení**.

Tyto faktory společně utvářejí celkový výkon a spolehlivost bezdrátové sítě.

Kontrolní otázky

1. Jaký je rozdíl mezi *omnidirekční* a *směrovou* anténou a kde byste je využili?
2. Proč se v pásmu 2,4 GHz doporučuje volit pouze nepřekrývající se kanály 1, 6 a 11?
3. Jaké výhody přináší technologie *MIMO* oproti jedné anténě?
4. Co je to *zisk antény* a jak souvisí s vyzařovací charakteristikou?
5. Jakou roli hraje *polarizace* antény při realizaci WLAN spojení?
6. Proč je pro výkon sítě důležitý *SNR (Signal-to-Noise Ratio)* a jak lze hodnotu SNR v praxi zlepšit?

Doporučená literatura

- 1. Tanenbaum, A. S., Wetherall, D.:** *Počítačové sítě*, 5. vydání (česky) – Kapitoly o bezdrátových sítích.
- 2. Kurose, J. F., Ross, K. W.:** *Computer Networking: A Top-Down Approach* – Stručný přehled Wi-Fi a jeho fyzické vrstvy.
- 3. Cisco Networking Academy – CCNA Wireless** (nebo materiály k WLAN) – Detailní technické informace o anténách, instalaci AP.
- 4. IEEE 802.11 standardy** – Oficiální specifikace (podrobné, spíše pro pokročilé).
- 5. Metodiky výrobců** (např. Ubiquiti, MikroTik, Aruba, TP-Link) – Praktické návody k volbě antén a nasazení Wi-Fi.