Sítě IEEE 802.11 (WiFi)

Petr Grygárek

Sítě IEEE 802.11

- Rádiové sítě provozované v nelicencovaném pásmu ISM (Instrumental-Scientific-Medicine)
  - 2,4 GHz
  - 5 GHz
    - V Evropě požadavek dynamické volby kanálu a automatické regulace vysílaného výkonu
- Optimalizované pro použití uvnitř budov
  - V ČR hojně používáno i ve vnějších prostorách,
    - pokrytí skupiny budov, směrové dvoubodové spoje
- Definuje spojovou a fyzickou vrstvu (několik alternativ)

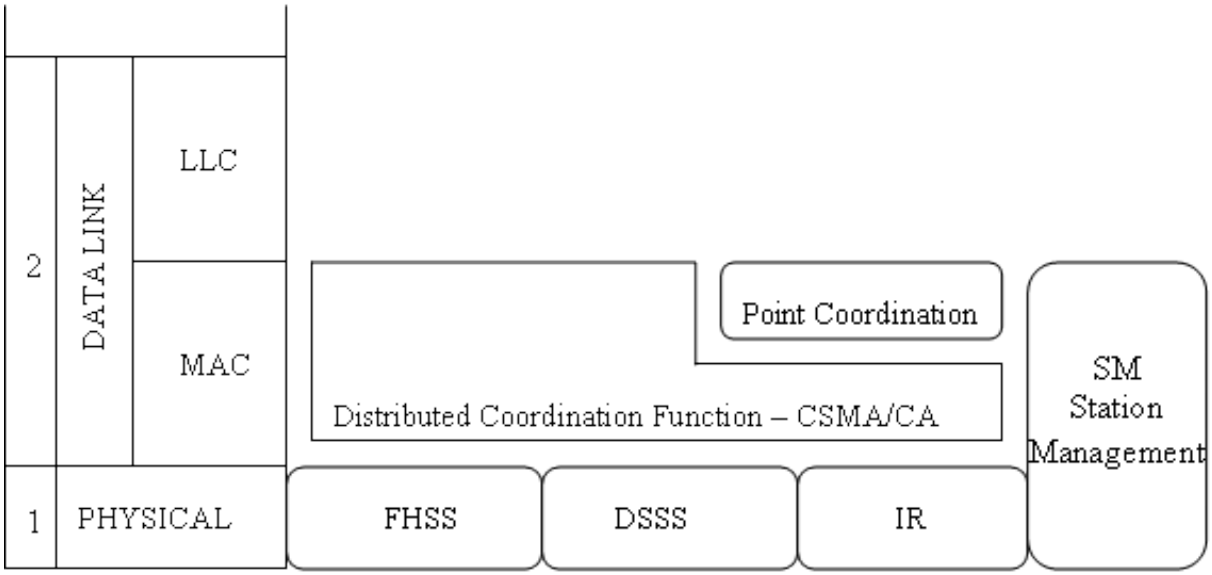
Provoz v pásmu ISM

- Požadavek regulátora na rozprostření výkonu do širšího frekvenčního pásma
  - Max. vyzářený výkon 100 mW
- Výkon rozdělen do širšího spektra frekvencí, než by bylo nezbytné
  - Redundandní vysílání informace na více frekvencích
    - Rekonstruovatelnost i v přítomnosti šumu
    - Provoz více systémů současně

Kanály pásma ISM 2,4 GHz

- Evropa: kanály 1-13, USA: kanály 1-11
- Odstup kanálů 5 MHz, šířka kanálu pro použití rozprostřeného spektra však je 22 MHz
- Kanál zasahuje do 4 sousedních kanálů
- pokud chceme nerušený signál, musíme volit min. odstup centrálních frekvencí 25 MHz
- Lze použít pouze 3 samostatné kanály

Struktura doporučení IEEE 802.11



Základní standardy IEEE 802.11

- 802.11 (původní standard)
  - 1 a 2 Mbps
- 802.11a
  - 5 GHz (USA);
  - 6,9,12,18,24,36,48,54 Mbps
- 802.11b
  - 2,4 GHz (USA, Evropa)
  - rozšíření 802.11 o DSSS 1,2,5.5 a 11 Mbps
- 802.11g
  - 2,4 GHz (USA, Evropa)
  - Obdoba modulací z 802.11a, ale v jiném pásmu
- 802.11h
  - 5 GHz (Evropa)
  - Obdoba 802.11a, ale s automatickou regulací výkonu a vyhledávání volné frekvence

Další podpůrné standardy

- 802.11i – bezpečnost+QoS
  - QoS přemístěna z 802.11e
- 802.11f – rychlý roaming mezi AP
  - Redukce vícenásobné autentizace při přechodu mezi AP
  - Pro mobilní aplikace trvale náročné na malou latenci
    - (telefonie, multimedia, …)

WiFi

- „Wireless Fidelity“
- Logo konsorcia zabývajícího se testováním kompatibility produktů sítí IEEE 802.11

Komponenty rádiové sítě IEEE 802.11

- Přístupový bod
- Distribuční systém
- Bezdrátoví klienti (stanice)
- Přenosové prostředí (frekvenční pásmo)

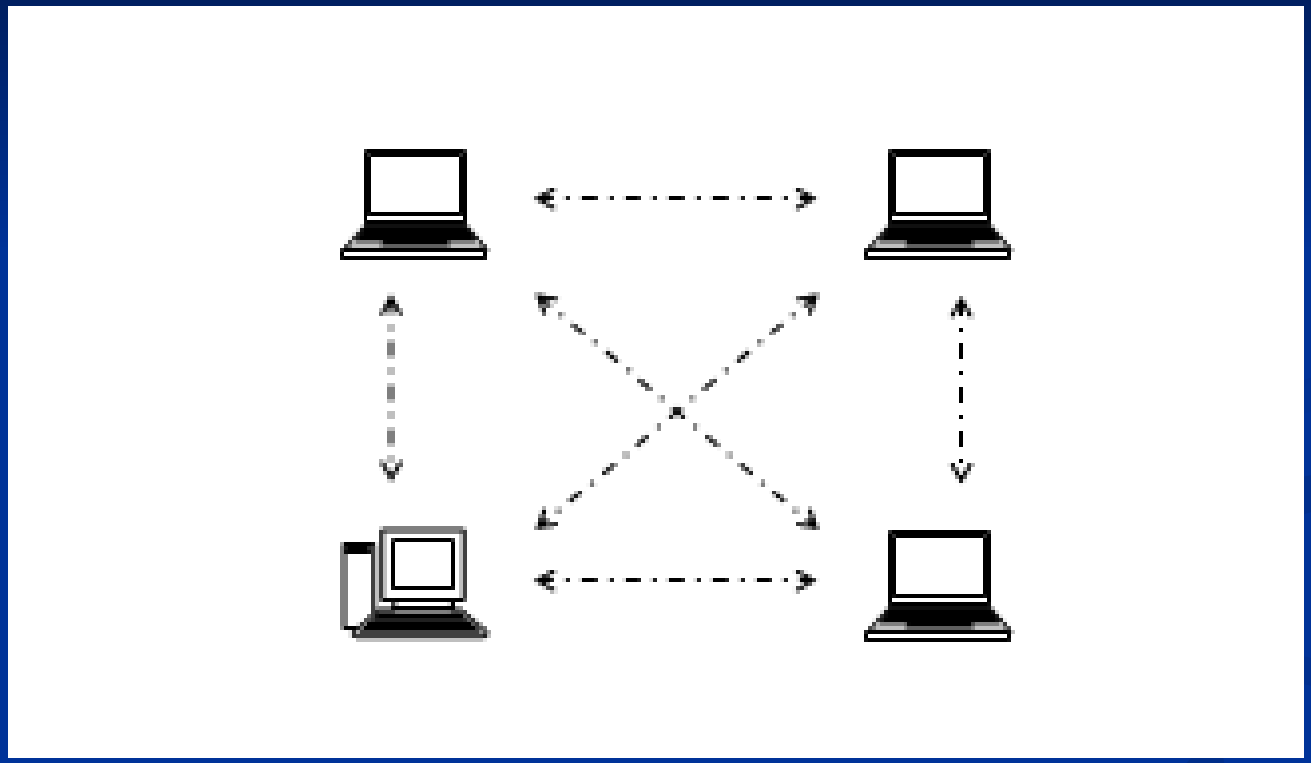
Alternativy použití

- Ad-hoc
  - dočasné přímé propojení několika blízkých počítačů
  - potřeba manuální konfigurace
- Infrastruktura
  - Použití přístupového bodu (Access Point, AP)
  - Přístupový bod může zprostředkovat přechod do pevné sítě
    - a často i funkci DHCP serveru, NAT a další „PnP“ funkce

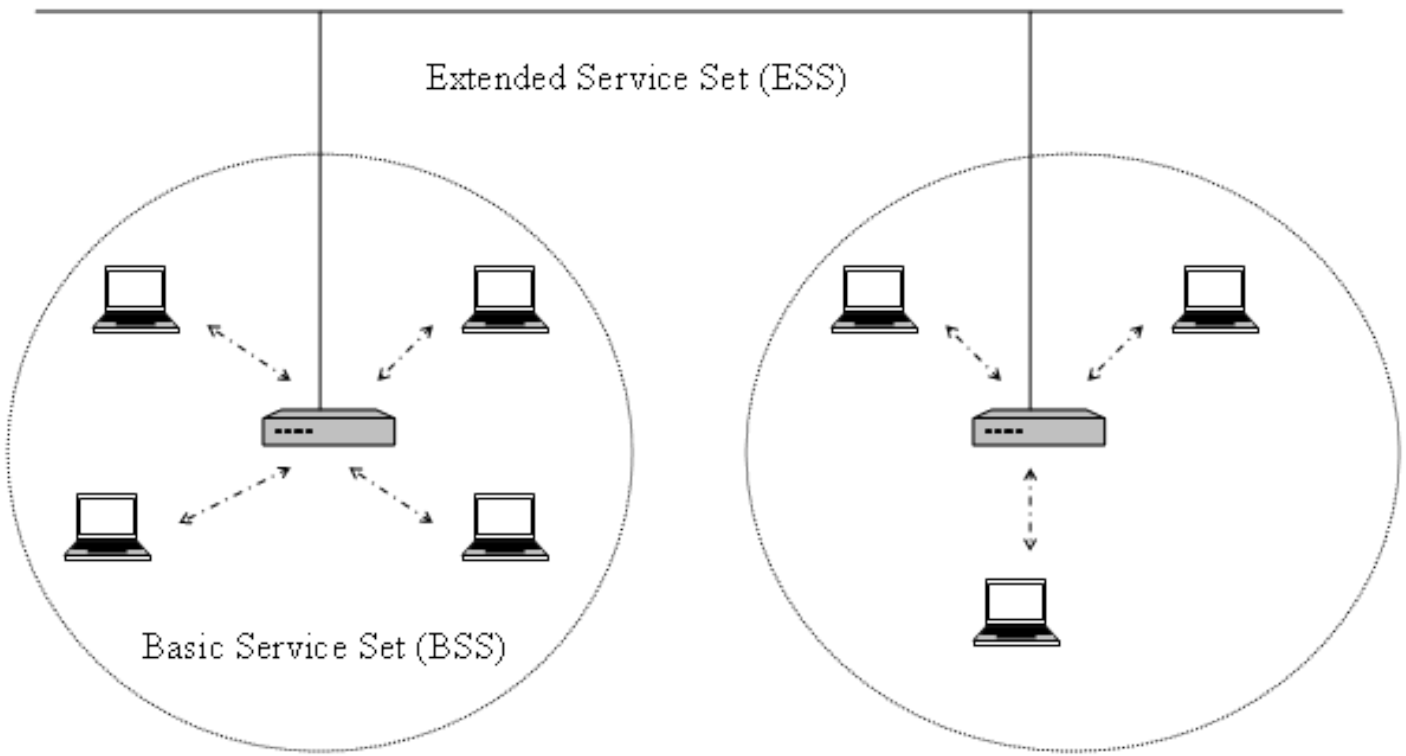
Architektury realizace bezdrátové sítě

- Independent Service Set (IBSS)
  - skupina vzájemně přímo komunikujících stanic
    - neprovádí se relaying rámců
  - není napojení na pevnou síť
- Basic Service Set (BSS)
  - Používá přístupového bodu, stanice komunikují přes něj
- Extended Service Set (ESS)
  - propojení více BSS přes distribuční systém
  - distribuční systém není normou specifikován
    - typicky Ethernet
    - proprietární řešení bezdrátového distribučního systému (WDS).

IBSS



BSS, EBSS



Terminologie

- Service Set = logická skupina stanic
  - BSS=Basic Service Set
- SSID = Service Set Identifier
- BSS ID = Identifikátor BSS = MAC adresa AP

Fyzická vrstva

Frequency Hopping Spread Spectrum

- Vojenský původ (utajení vysílání)
- Frekvenční pásmo rozděleno na 75 (79) kanálů o šířce 1 MHz
- Vysílač kanály střídá, na každém se vysílá max. 400 ms
  - Každá stanice má jinou posloupnost střídání kanálů (hopping pattern)
    - přiděluje přístupový bod (AP)
- Možnost funkce více systémů v témže pásmu současně
  - podle 802.11 v pásmu 2,4 GHz teoreticky 26, prakticky asi 15
- Výrobně jednodušší, nepotřebuje sofistikované výpočty
  - levnější vývoj, jednodušší HW s nižším odběrem energie
- Problém: hopping patterns fixní, používá i zarušené kanály
- 802.11 definuje pro 1 nebo 2 Mb/s

Direct Sequence Spread Spectrum

- 802.11 definuje pro 1 a 2 Mb/s
- Vysílaná informace se zakóduje tak, že se rozprostře do pásma 22 MHz
  - K dispozici 3 takováto pásma
  - Pro rozprostření použity chip sekvence
    - Jedničkový bit=vyslání chip sekvence, nulový bit=vyslání negace chip sekvence
    - chipové sekvence unikátní pro jednotlivé stanice
      - vzájemně ortogonální
    - ze součtového signálu od více stanic lze při znalosti chipové sekvence vysílače vybrat pouze vysílání konkrétního vysílače

High-Rate Direct Sequence

- Vylepšená DSSS
- 802.11b definuje pro 5.5 a 11 Mb/s

Orthogonal Frequency Division Multiplexing

- Frekvenční pásmo děleno na množství úzkých subkanálů s menší bitovou rychlostí, do nich informace rozdělena (obdobně jako např. v ADSL)
  - signál každého (pomalejšího) subkanálu je robustnější
  - max. 54 Mb/s
- Dosažitelné menší vzdálenosti
  - (zejména ve členitějším terénu)
- Používáno původně normou 802.11a (5 GHz), později i normou 802.11g (2,4 GHz)

Problémy při šíření signálu

- **Vícecestné odrazy**
  - na přijímači se sčítají různě zpožděné signály
  - zpoždění smí být rozprostřeno do max. 500 ns
- **Problém skrytého uzlu**
  - stanice S detekuje volný kanál ve svém okolí, avšak ten není volný v okolí přijímacího uzlu (typicky AP) - zdroj tohoto signálu je z pohledu stanice S "skrytým uzlem"
    - dáno omezeným dosahem signálu a překážkami (neúplnou slyšitelností stanic)
    - Řešení: mechanismus RTS-CTS

Koordinace přístupu k médiu

- Distributed Coordination Function (DCF)
  - CSMA/CA
- Point Coordination Function (PCF)
  - pro realtime aplikace (možnost implementace QoS)
  - centrální přidělování pásma AP (polling stanic)
  - kombinuje se s DCF
    - Contention-Free Period a Contention Period (superframe)
  - zatím málo implementováno a používáno
- IEEE 802.11e – dodává priority

Kolize na rádiovém kanálu

- Detekce kolize na rádiovém médiu problematická
  - anténa použita pro vysílání nebo příjem
  - není univerzální vzájemná slyšitelnost stanic
    - (problém skrytého uzlu)
- Lze detekovat volné médium, nelze detekovat kolizi
- Řeší se potvrzováním rámců

CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance

- CSMA
  - před vysíláním se čeká na podprahovou hodnotu signálu
  - Následuje pauza po dobu DIFS + náhodný interval
- Odstraňuje kolize při vysílání potvrzovacích rámců
- Po odvysílání rámce se na určitou dobu médium rezervuje pro potvrzení
  - v hlavičce vysílaného rámce je doba jeho vysílání (včetně doby pro potvrzení)
  - Potvrzení se posílá po kratší mezirámcové mezeře - SIFS
- Pokud se vysílač potvrzení nedočká (timeout), počká náhodnou dobu a opakuje pokus
- Broadcast a multicast zprávy se nepotvrzují

Řešení problému skrytého uzlu

- Stanice, která chce vysílat, pošle RTS - ten definuje zdroj, cíl a předpokládanou dobu přenosu
- Cílová stanice vyšle CTS se zopakovanou dobou trvání přenosu
- Všechny stanice slyšící RTS nebo CTS musí chápat médium po inzerovanou dobu jako obsazené

O nadcházejícím vysílání (vč. jeho trvání) se dozví všechny stanice v rádiovém dosahu zdroje i v dosahu cíle.

Výhody mechanismu RTS-CTS

- Kolize mohou nastávat pouze během vysílání RTS
  - RTS je však krátký rámec, zhoršení efektivity vlivem kolizí není zásadní
- Efektivní pouze pro dlouhé datové rámce (vůči délce RTS rámce)
  - lze vypnout nebo stanovit práh délky vysílaného rámce pro použití RTS-CTS mechanismu
- Na dvoubodových směrových spojích se často vypíná

Spojová vrstva

Funkce spojové vrstvy

- zabezpečení CRC
- fragmentace rámců
  - na rádiovém médiu velká možnost zarušení, snaha o snížení režie při opakovaném přenosu dlouhých rámců
  - definuje se práh délky rámce pro fragmentaci
  - fragmenty se posílají jako shluk v rámci jednoho přístupu k médiu
- V hlavičce uveden typ použité modulace pro zbytek rámce
  - Hlavička vysílaná vždy základní rychlostí
- Definováno několik typů mezirámcových mezer
  - souvisí s metodou přístupu k médiu a priorizací

Vyhledávání přístupového bodu

Vyhledání AP iniciuje stanice

- Probe Request na všech kanálech – obsahuje SSID stanice a podporované přenosové rychlosti
- AP odpovídá Probe Response
  - obsahuje mj. SSID, supported rates, přidělené parametry fyzické vrstvy pro komunikaci s danou stanicí
    - (hopping pattern u FHSS, chip sekvence u DSSS)

Asociace s přístupovým bodem

- Asociace – AP mapuje svůj logický port na konkrétní stanici
  - Association Request (ze stanice)
    - obsahuje SSID, supported rates, listen (wakeup) interval pro příjem rámců od AP (power save mode)
  - Association Response (od AP)
    - status code, Association ID, supported rates
    - Association ID použito pro další správu komunikace na rádiovém kanálu
- Stanice může být asociována současně vždy jen s jedním AP
  - obvykle možnost „handoveru“ na jiné AP při ztrátě signálu
  - kritéria volby nového AP při handoveru závislé na implementaci klienta (kvalita signálu, zahlcení buňky, ...)
- AP umí obvykle řádově desítky asociací
  - (omezující je však spíše dostupná šířka pásma)

Autentizace

- Následuje po asociaci
  - jen stanice vůči síti
- Módy Open a Shared Key
  - Open = bez autentizace
  - Shared Key = autentizuje pomocí sdíleného šifrovacího klíče z WEP
- Zprávy Authentication Request, Authentication Response

Funkce Power-Save

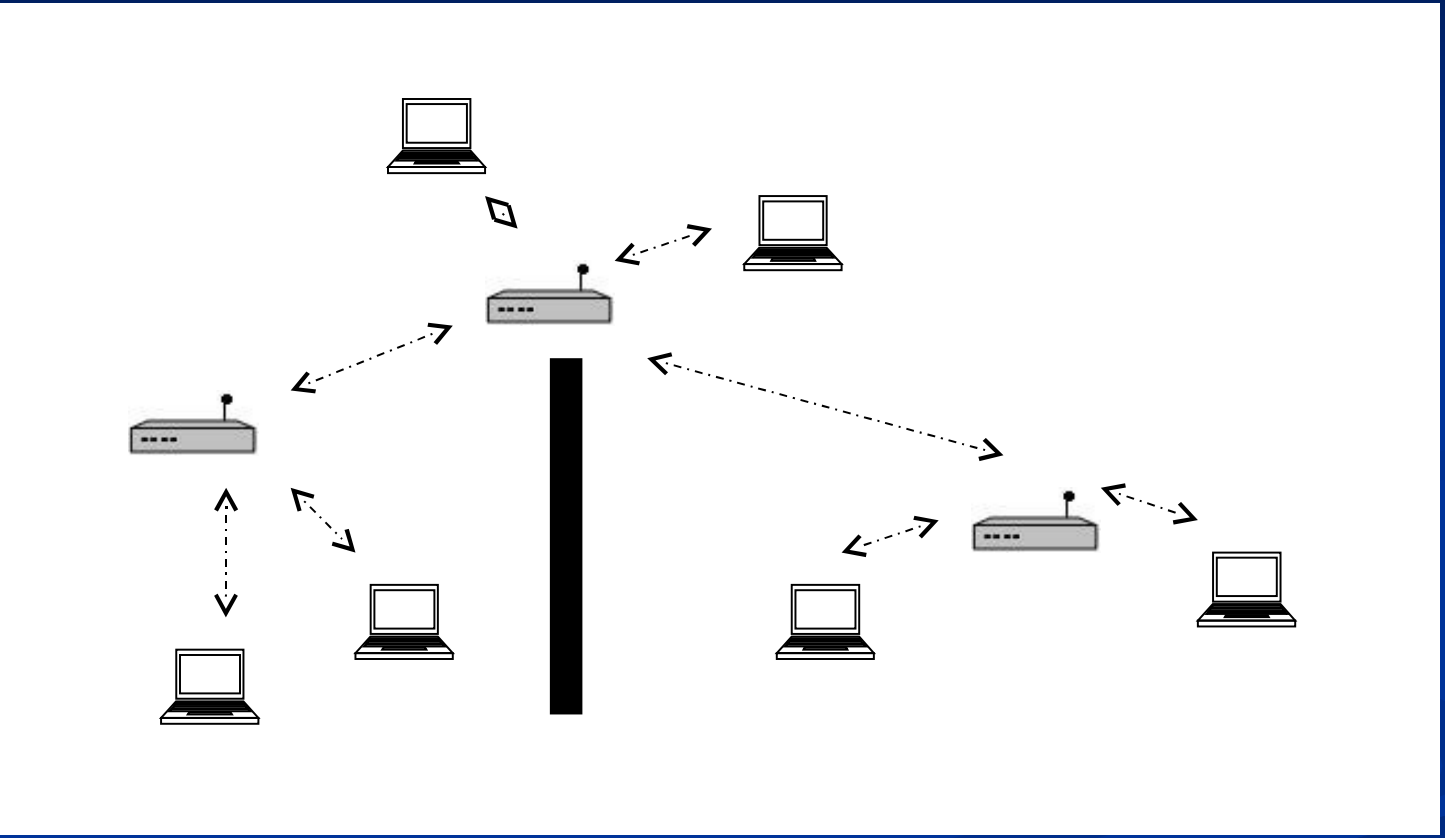
- Umožňuje šetření baterie stanic při zachování možnosti příjmu rámů pro stanici
  - (stanice ve standby režimu)
- AP bufferuje unicast rámce pro stanici v době, kdy stanice „spí“
  - Stanice se budí vždy jen periodicky pro příjem informačního (beacon) rámce od AP (wakeup interval)
    - V beacon rámci obsažena informace, pro které stanice má AP bufferovány rámce (využití Association ID)
  - Když probuzený klient slyší, že AP pro něj bufferuje rámce, žádá o ně AP „Poll“ rámcem
- Interval, po kterém se mají stanice budit pro příjem broadcastů, definuje administrátor AP a propaguje se v beacon rámcích
  - Bufferování broadcast/multicast rámců se provádí vždy, když je v buňce alespoň jedna power-save stanice

Speciální zařízení rádiové infrastruktury

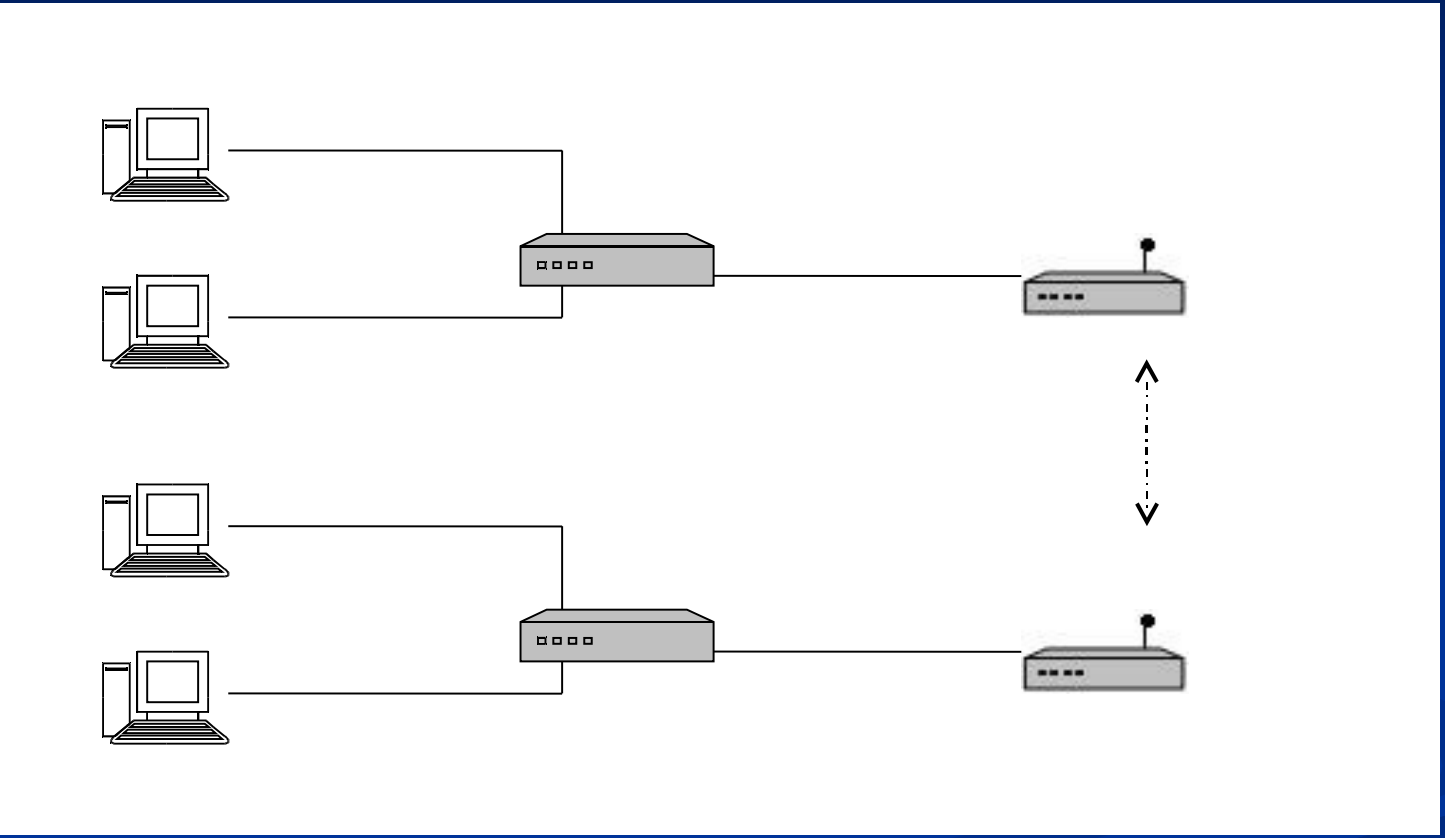
Repeater, Bridge

- Repeater AP
  - čistě bezdrátový most (není připojen na pevnou síť)
  - vysílá i přijímá na stejném kanále – přinášejí zdvojnásobení zátěže pásma ve svém okolí
  - repeater je klientem jiného AP (je s ním asociován)
- Workgroup Bridge
  - Připojuje pracovní skupinu stanic vybavených pouze Ethernetem do WiFi
    - chová se jako Ethernet switch/hub s WiFi kartou
  - Enkapsuluje Ethernet rámce do WiFi rámců, přijímající AP musí odpovídajícím způsobem deenkapsulovat
- Wireless Bridge
  - Obdoba workgroup bridge, ale hlavním smyslem je (dvoubodové) rádiové propojení LAN na větší vzdálenost

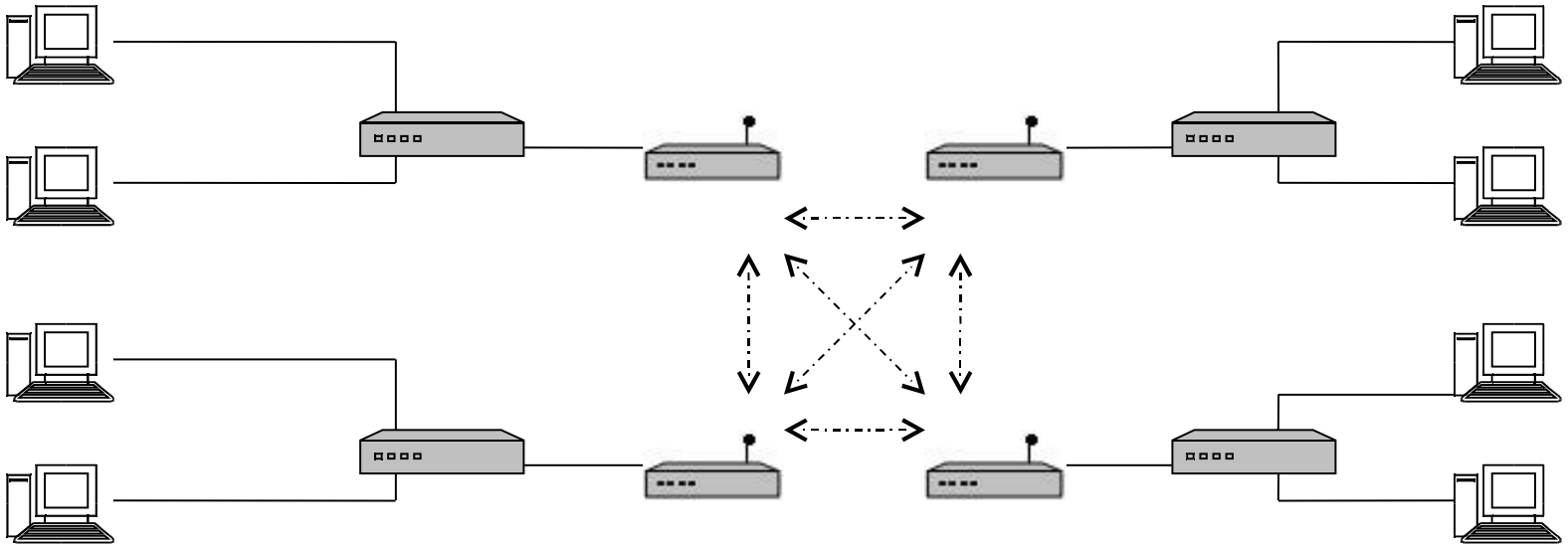
Použití repeateru



Použití Point-to-Point Bridge



Použití Point-to-Multipoint Bridge



Interoperabilita speciálních zařízení

Funkce speciálních zařízení není standardizována

- Názvosloví není zcela ujednoceno
- Nejistá interoparabilita mezi výrobci
- Při propojování bezdrátových sítí vhodné alespoň ověřit, zda AP podporuje „client mode“ = možnost propojení s jiným AP

Bezpečnost

Bezpečnostní mechanismy a architektury

- autentizace, šifrování
- SSID (Service Set Identifier)
  - Název přístupového bodu
  - Nemusí se vysílat (ale neutají se, lze odchytit)
  - Spíše slouží k identifikaci AP
- WEP – Wired-Equivalent Privacy
  - sdílený klíč (64/128B) slouží současně pro autentizaci i šifrování
  - snadno prolomitelný při dostatku času a dat na kanále
    - řádově za několik hodin
    - volně dostupný crackovací SW
  - užitečné implementovat alespoň mechanismus periodické změny klíčů (TKIP)
- WPA, WPA2
  - odstraňuje nedostatky WEP (lepší šifrovací algoritmus, dočasné klíče, …)
  - zatím není široce implementován na všech WiFi zařízeních