

VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V BRNE

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKACNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

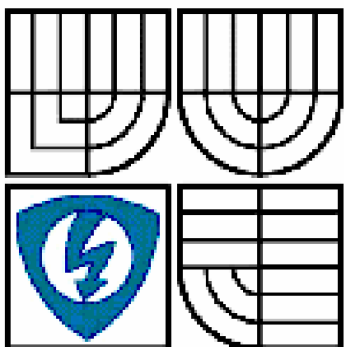
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

BEZDRÁTOVÁ SENZOROVÁ SÍŤ

BAKALÁRSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE MARTIN HRUŠKA
AUTHOR

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNE

Fakulta elektrotechniky a
komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Teleinformatika

Student: Martin Hruška

Ročník: 3

ID: 73023

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Bezdrátová senzorová síť

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s možnostmi realizace bezdrátového přenosu digitalizovaných údajů ze senzorů. Navrhněte bezdrátovou síť pro sběr dat z čidel domácí čističky odpadních vod na území malé vesnické aglomerace s přenosem dat do centrálního dispečinku. Navrhněte několik alternativ a porovnejte jejich vlastnosti.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Novotný, V. Architektura sítí. Skriptum VUT FEKT, elektronický text, Brno 2007.

[2] LAJŠNER, P., KOZUB, R. Using the Wireless Sensing Triple Axis Reference Design. Aplikační poznámka Freescale Semiconductor. Dostupné na WWW: <http://automatizace.hw.cz/storage/AN3152.pdf>>.

Termín zadání: 09.02.2009

Termín odevzdání: 02.06.2009

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následku porušení ustanovení § 11a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Anotace, klíčová slova

Anotace: Bezdrátové senzorové sítě (WSN) se skládají z kombinace několika výkonných zařízení (označovaných jako „base stations“ nebo „sink“, dále základna) a velkého počtu (1000 - 1000000) levných zařízení (označovaných jako „nodes“, dále uzly) s extrémně omezenou výpočetní silou, pamětí a energií. Jednotlivé uzly jsou vybaveny snímačem okolního prostředí. Data zaznamenaná snímači jsou lokálně předzpracována a poté zasilána základně k dalšímu zpracování. Využití WSN je očekáváno v široké škále oblastí.

Cílem práce je rozebrat možnosti realizace bezdrátového přenosu digitalizovaných údajů ze senzorů. Práce zahrnuje a srovnává: Wi – Fi, WiMAX, ZigBee, GPRS, rádiovou síť a IrDA. Navrhne se bezdrátová síť pro sběr dat z čidel domácí čistíčky odpadních vod na území malé vesnické aglomerace s přenosem dat do centrálního dispečinku. Navrhne se několik alternativ a porovnájí se jejich vlastnosti a možnosti.

Abstract: Wireless sensor network (WSN) consist of a mesh of a several powerful devices (denoted as base stations or sink) and a high number (1000 - 1000000) of a low-cost devices (denoted as nodes or motes), which are severely constrained in processing power, memory and energy. The nodes are equipped with an environment sensor. Events recorded by the sensor nodes are locally aggregated and then forwarded to a base station for further processing. WSNs are expected to be in wide use for a multitude of different scenarios.

Project target is to analyse possibility of wireless transfer of digitalised data from sensors. Work contains and compares: Wi-Fi, , WiMAX, ZigBee, GPRS, radio net and IrDA. The work will design a wireless network with data collection from sewerage plant sensors in small rural agglomeration and transfer data to the central dispatching. The work will suggest several options and compare their advantages and disadvantages.

Klíčová slova: bezdrátová senzorová síť, Wi – Fi, WiMAX, ZigBee, GPRS, rádiová síť, IrDA.

Key words: wireless sensor networks ,Wi – Fi, WiMAX, ZigBee, GPRS, radio net, IrDA.

Bibliografická citace

HRUŠKA, M. *Bezdrátová senzorová síť*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 46 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Bezdrátová senzorová síť jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujícího autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Mišurcovi, CSc., za odborné vedení, dohled, poskytnuté konzultace a odsouhlasení zpracování bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Obsah

| | |
|---|----|
| 1 Úvod | 8 |
| 2 Wi – Fi | 9 |
| 2.1 Standard IEEE802.11b, Wi – Fi | 9 |
| 2.2 Komponenty bezdrátové lokální sítě | 9 |
| 2.2.1 Přístupový bod | 9 |
| 2.2.2 Bezdrátový most | 10 |
| 2.2.3 Jednotka pro řízení přidělování šířky pásma | 12 |
| 2.3 Bezdrátové síťové komponenty | 12 |
| 2.4 Komunikace | 13 |
| 2.5 Bezpečnost | 14 |
| 2.6 Instalace Wi – Fi | 14 |
| 2.7 Typy antén | 16 |
| 2.8 Kabeláž a konektory | 18 |
| 3 ZigBee | 20 |
| 3.1 Struktura protokolů a komunikace ZigBee | 21 |
| 3.2 Topologie sítě, zabezpečení | 22 |
| 3.3 Návrh hardwaru zařízení ZigBee | 23 |
| 3.4 ZigBee PRO | 24 |
| 3.4.1 Komunikace | 25 |
| 3.4.3 Správa napájení, zabezpečení | 26 |
| 4 GPRS | 27 |
| 4.1 GSM | 28 |
| 4.2 EDGE | 29 |
| 4.3 GPRS + Ethernet | 29 |
| 4.4 AGNES | 30 |
| 5 Rádiová síť | 33 |
| 5.1 Varianty rádiové sítě | 33 |
| 5.2 Rádiová síť Global | 34 |
| 5.2.1 Buňková struktura rádiové sítě | 35 |
| 5.2.2 Bezpečnostní prvky sítě Global | 35 |
| 5.3 Rádiová síť Global 2 | 36 |
| 5.3.1 Komunikace v síti Global 2 | 36 |
| 5.3.2 Bezpečnost | 37 |
| 5.4 Digitální radiostanice - systém MOTOTRBO | 38 |
| 8 Závěr | 39 |
| 8.1 ZigBee | 39 |
| 8.2 Wi-Fi a WiMAX | 39 |
| 8.4 GPRS | 39 |
| 8.5 Rádiová síť | 40 |
| 8.6 Souhrnná tabulka | 40 |
| 8.7 Řešení | 40 |
| 8.7.1 Wi - Fi | 41 |
| 8.7.2 ZigBee | 41 |
| 8.7.3 GPRS | 41 |
| 8.7.4 Rádiová síť | 42 |
| 9 Seznam literatury a použitých zdrojů | 43 |
| 10 Seznam zkratk | 44 |
| 11 Přílohy | 46 |

1 Úvod

Bezdrátové senzorové sítě (WSN) se skládají z kombinace několika výkonných zařízení a velkého počtu zařízení (uzlů) s omezenou výpočetní silou, pamětí a energií. Jednotlivé uzly jsou vybaveny snímačem okolního prostředí. Data zaznamenaná snímači jsou lokálně předzpracována a poté zasílána základně k dalšímu zpracování.

WSN se používají v širokém škále oblastí. Spolehlivě ji můžeme použít pro sběr dat z čidel domácí čističky odpadních vod na území malé vesnické aglomerace s přenosem dat do centrálního dispečinku. K dispozici pro realizaci bezdrátového přenosu digitalizovaných údajů ze senzorů existuje spousta technologií. Tato práce se soustředí na alternativy Wi – Fi, ZigBee, GPRS a rádiová síť, v semestrální práci Wi – Fi, WiMAX, ZigBee, GPRS, rádiová síť a IrDA.

Jako modelová situace pro semestrální a bakalářskou práci poslouží obec Petřkovice. Obec se nachází v Moravskoslezském kraji, je součástí městského obvodu statutárního města Ostravy, na jehož severním okraji leží. Obec má 3000 obyvatel, rozlohu 390 ha a rozmanitý terén (příloha 1 a 2).

Petřkovice jsou součástí projektu „Dostavba plošné kanalizace“. Řeší odkanalizování lokalit stávající zástavby na území města Ostravy a převedení odpadních vod do stávající městské stokové sítě s následnou likvidací znečištěných odpadních vod na již vybudovaných čistírenských kapacitách – ústřední čistírna odpadních vod v Přívoze.

Petřkovice se rozdělí do sektorů podle terénu, dosahu či jiné potřeby. Navrhne se technologie pro sběr dat i s ohledem na rozpočet sítě. Na území obce jsou v některých místech domácí čističky odpadních vod.

Mohla by se zde navrhnout bezdrátová síť pro sběr dat z čidel výstupů v různých místech plošné kanalizace domácích čističek odpadních vod. Data by se mohla přenášet do centrálního dispečinku buď na místo v Peřkovicích (obecní úřad) nebo na dispečink v Ostravě.

2 Wi – Fi

WLAN označuje obecně jakoukoliv bezdrátovou síť a je ekvivalentní zkratce LAN. Bezdrátová síť, kde figurují počítače, se nazývá WLAN. [1]

Bezdrátové sítě WLAN nabízejí podobné služby a flexibilitu, jako sítě drátové. Je možné zapojovat do nich servery a jejich klienty, ale také je možné v nich vytvářet spojení peer-to-peer. Z hlediska funkčnosti a výsledku jsou ekvivalentní k sítím drátovým, ethernetu.

Bezdrátová síť je jednodušší na výstavbu a technickou realizaci, nemusí se pokládat žádná kabeláž. Bezdrátové sítě poskytují nižší rychlosti, než ethernetové kabelové sítě. Pokud se nebude přenášet v síti velké množství dat najednou, může být bezdrátová síť výhodnější.

2.1 Standard IEEE802.11b, Wi – Fi

Standardem IEEE 802.11 jsou WLAN sítě definovány a standardizovány. IEEE802.11b. Tento pojem představuje označení standardu standardizačního institutu IEEE - jde o standard definující bezdrátové sítě v nelicencovaném pásmu 2,4 GHz. Standardů je spousta, práce zahrnuje hlavně:

- **802.11a** - WLAN v pásmu 5 GHz a s rychlostí až 54 Mbps.
- **802.11b** - WLAN v pásmu 2,4 GHz a s rychlostí až 11 Mbps.
- **802.11g** - zvýšení rychlostí v pásmu 2,4 GHz na 20 Mbps se zpětnou kompatibilitou s 802.11b.

Zkratka Wi – Fi se zaměřuje s výrazem IEEE802.11b. Jde o označení a logo udělované výrobkům pracujícím podle standardu 802.11b, které jsou mezi sebou vzájemně propojitelné.

Bezdrátové sítě standardu IEEE802.11b pracují ve frekvenčním ISM pásmu 2,4 až 2,497 GHz. V tomto nelicencovaném pásmu pracuje mnoho bezdrátových zařízení. K dispozici je čtrnáct kanálů, tři z nich se nepřekrývají.

Zároveň s Wi - Fi zařízeními se na trh pomalu dostávají zařízení postavená na standardu IEEE 802.11a pracující v pásmu 5 GHz. Jejich hlavní výhodou je vyšší rychlost, kterou jsou schopná přenášet data - až 54 Mbps. Mají ale nižší dosah a větší náchylnost na rušení.

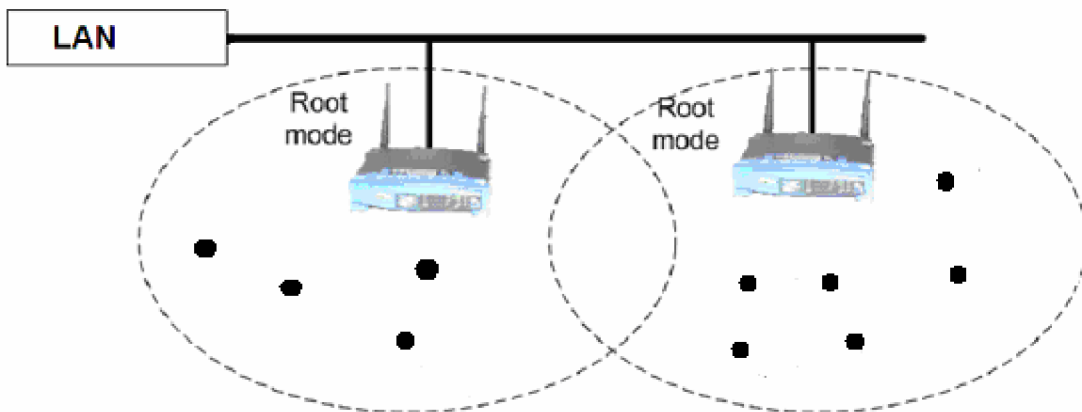
2.2 Komponenty bezdrátové lokální sítě

2.2.1 Přístupový bod

Přístupový bod (AP) je základní komponentou bezdrátové síťové infrastruktury, která umožňuje přístup bezdrátovým klientským terminálům do sítě. Při komunikaci mezi bezdrátovými terminály a přístupovým bodem se používá jeden vybraný kanál definovaný pro technologii DSSS. Z toho vyplývá, že komunikace s přístupovým

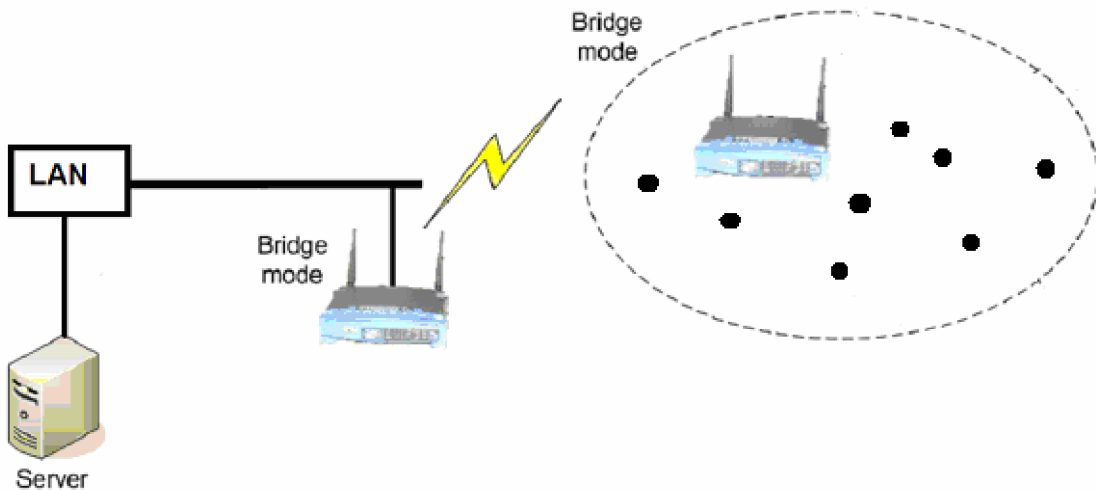
bodem bude mít charakter half-duplex. Kolem přístupového bodu se definuje oblast pokrytí, kde se bezdrátový klient musí nacházet, aby mohl komunikovat s přístupovým bodem. Přístupové body, mohou pracovat v několika módech.

Root mode – představuje základní pracovní mód přístupového bodu. Přístupový bod je připojen metalicky k pevné lokální síti a zprostředkuje radiové připojení klientům nacházejících se v jeho dosahu a disponujících potřebným oprávněním. Taková konfigurace se dvěma přístupovými body je znázorněna na Obr. 2.1. V případě, že ke stejnému segmentu lokální počítačové sítě je připojeno několik přístupových bodů, budou tyto přístupové body mezi sebou komunikovat přes metalickou síť.



Obr. 2.1: Přístupové body v pracovním módu „root-mode“

Bridge mode – tento pracovní mód představuje speciální způsob využití přístupového bodu, u kterého přístupový bod funguje jako most propojující dva oddělené segmenty sítě, Obr. 2.1.



Obr. 2.1: Přístupové body v pracovním módu „root-mode“

2.2.2 Bezdrátový most

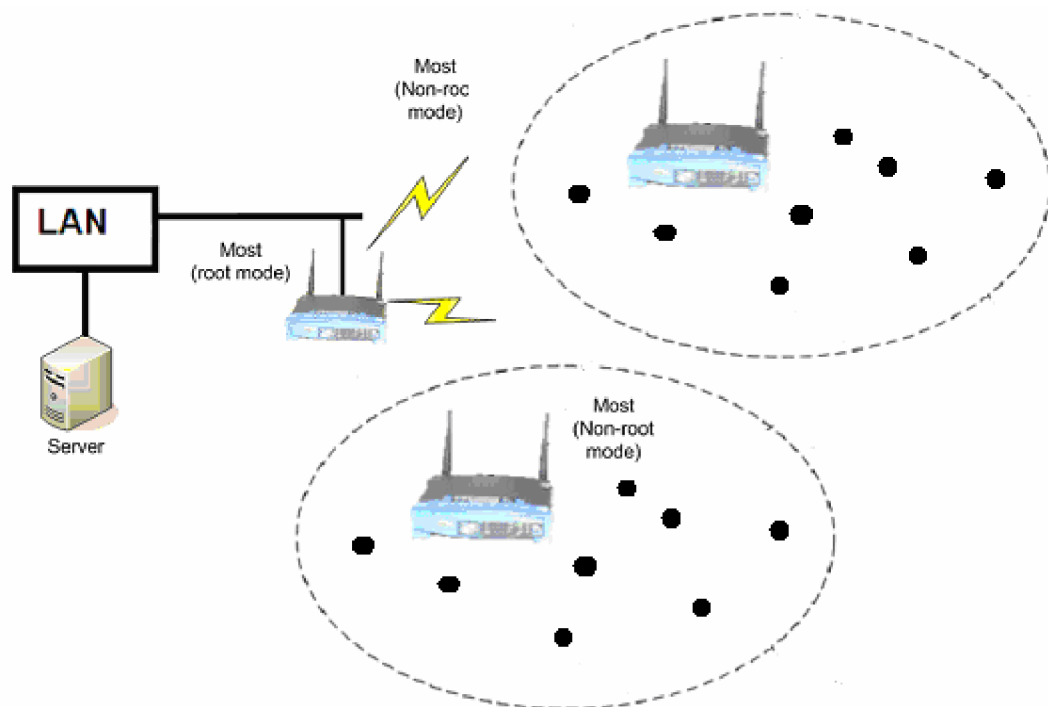
Bezdrátové mosty jsou speciální komponenty, které realizují obdobnou funkci, jako přístupové body v pracovním módu „bridge mode“, tj. propojují segmenty lokální sítě na úrovni datové vrstvy. Propojení segmentů může být realizováno dvěma způsoby: bod – bod a bod – skupina bodů. Z charakteru radiového spojení vyplývá, že přenos bude

typu half-duplex. Dosah bezdrátových mostů může být až několik desítek km při využití směrových antén.

Stejně jako přístupové body i bezdrátové mosty mohou mít několik operačních módů:

Root mode – při propojení segmentů lokální sítě musí být jeden z mostů v tomto operačním módu.

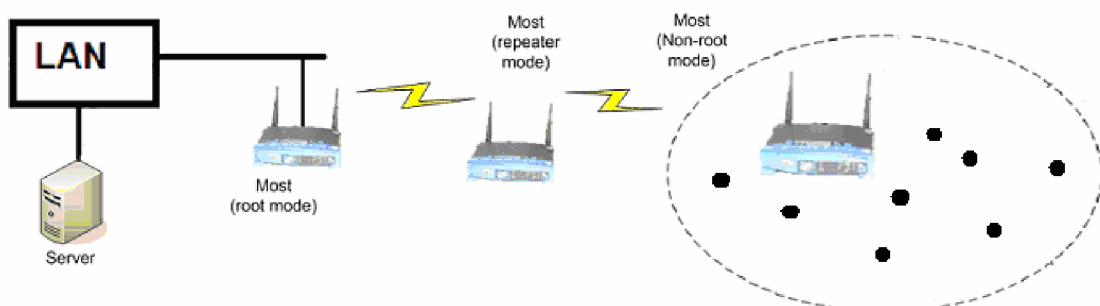
Non-root mode – most z módu „root-mode“ může komunikovat pouze s jiným mostem či mosty, pracujícími v módu „non-root“, jak to ukazuje i Obr. 2..



Obr. 2.3: Mosty propojující tři segmenty lokální datové sítě

AP mode – u některých mostů je možné nastavit „AP mode“, u kterého zařízení pracuje současně jako most i jako přístupový bod.

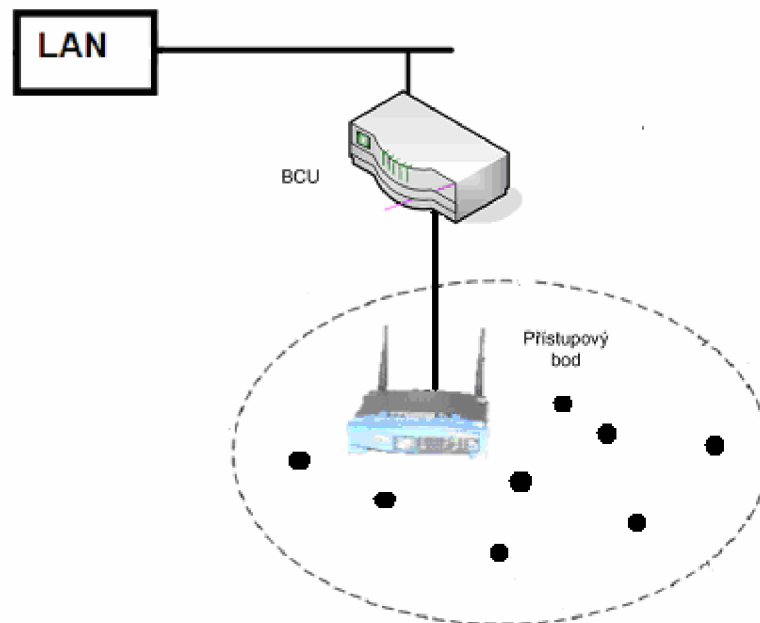
Repeater – most v tomto operačním módu slouží na prodloužení dosahu, jak je to schematicky znázorněno na Obr. 2.4.



Obr. 2.4: Most v operačním módu „repeater“

2.2.3 Jednotka pro řízení přidělování šířky pásma

Technologie pro bezdrátové lokální počítačové sítě jsou založeny na sdílení společného média čímž je kmitočtové pásmo. Přístup k médii řídí přístupová metoda. V základním nastavení pravděpodobnost přístupu k médii je stejná pro každého bezdrátového klienta. Řídit úroveň služby spočívá v nastavení přenosové rychlosti, kterou uživatel bude mít k dispozici. Lze to realizovat pomocí jednotky pro přidělování šířky pásma BCU, která je umístěna mezi přístupovým bodem a pevnou datovou sítí, jak je to znázorněno na Obr. 2.5.



Obr. 2.5: Umístění jednotky pro řízení přidělování šířky pásma

BCU provádí filtrování provozu na základě MAC adresy stanic. V souladu s nastavením BCU uživatelé jsou řazeny do příslušných front a každá fronta může mít odlišné nastavení parametrů jako např. šířka pásma v odchozím či v příchozím směru.

2.3 Bezdrátové síťové komponenty

Síťové komponenty mohou pracovat dvěma způsoby. Komunikaci bezdrátových stanic řídí přístupový bod a klientská rozhraní jsou na něm plně závislá. Druhou možností je komunikace v dočasné, ad-hoc síti, která je tvořena pouze z klientských síťových rozhraní pracujících bez přístupového bodu.

Nejrozšířenější jsou karty do sběrnice typu PCI. Notebooky mají PCMCIA slot pro Wi-Fi kartu. Adaptéry s integrovanou anténou dokáží při ideálních podmínkách pracovat na vzdálenost 600 - 700m (přímá viditelnost) s vyzářeným výkonem kolem 15dBm, prakticky však dosah nepřekročí 100m.

S mnoha připojenými klienty je nejvhodnější používat HWAP. Moderní HWAP dokáží pracovat jak v režimech klient, tak i AP. Jsou schopny pokrýt veškeré potřebné spektrum. Díky integraci routeru není problém skrze ně sdílet internetovou konektivitu

či vytvářet mosty mezi sítěmi. Zpravidla obsahují také několik RJ45 portů, integrují v sobě switch. Tato zařízení se kompletně ovládají pomocí webového rozhraní. HWAP se navenek chová transparentně a není závislý na použitém operačním systému. Externí anténa se může připojit nejčastěji pomocí R-SMA či TNC konektoru.

CF a podobné paměťové karty. Paměťové karty s Wi - Fi rádií formátu CF jsou primárně navrženy pro PDA a další mobilní zařízení. Jsou o hodně menší a lehčí než klasické PC karty typu II a mají podobný dosah a výkonnost.

Je vhodné volit všechny prvky od jednoho výrobce. Je také dobré si dopředu důkladně promyslet, kolik bude síť zhruba obsluhovat uživatelů, zda využít 802.11b anebo vybudovat rovnou 802.11g.

2.4 Komunikace

Pro standard 802.11 bylo vybráno pásmo 2,4 GHz a stanoveny přenosové rychlosti 1 a 2 Mb/s. Jako přenosové techniky byly zvoleny FHSS, DSSS a infračervený přenos. Pro techniku FHSS je pásmo rozděleno do 79 kanálů s šířkou 1 MHz. Komunikující strany se domluví na sekvenci přeskokování. Maximální rychlost je 2 Mb/s. Je-li použita technika DSSS, je pásmo rozděleno na 14 částečně se překrývajících kanálů s šířkou 22 MHz. Datový signál se přímo rozprostře do některého ze 14 kanálů.

Architektura DSS v síti IEEE 802.11 zajišťuje následující sadu služeb:

- association (sdružování),
- disassociation (odpojování),
- reassociation (přepojování),
- distribution (doručování),
- integration (integrace).

Association – přihlášení stanice k určitému přístupovému bodu AP. Systém DS využívá informaci o mapování stanice k AP pro správnou distribuci zpráv. Stanice zjišťuje dostupnost jednotlivých přístupových bodů AP:

- aktivním prohledáváním okolí – stanice vysílá průzkumné rámce a zpracovává odpovědi od bodů AP
- pasivním průzkumem okolí – stanice poslouchá všechny kanály a vyhodnocuje kvalitu signálu.

Disassociation – oznámení přístupovému bodu, že stanice opouští síť.

Reassociation – přechod mezi buňkami, odhlášení se od původního bodu AP a přihlášení se k novému AP.

Distribution – pro správné doručení zprávy - zjišťování správné polohy cílové stanice a směrování zprávy do správné buňky.

Integration – integrace stanic s pevným přípojem do distribučního systému DSS. Bod přípoje bodu AP k pevné síti se označuje jako „portal“.

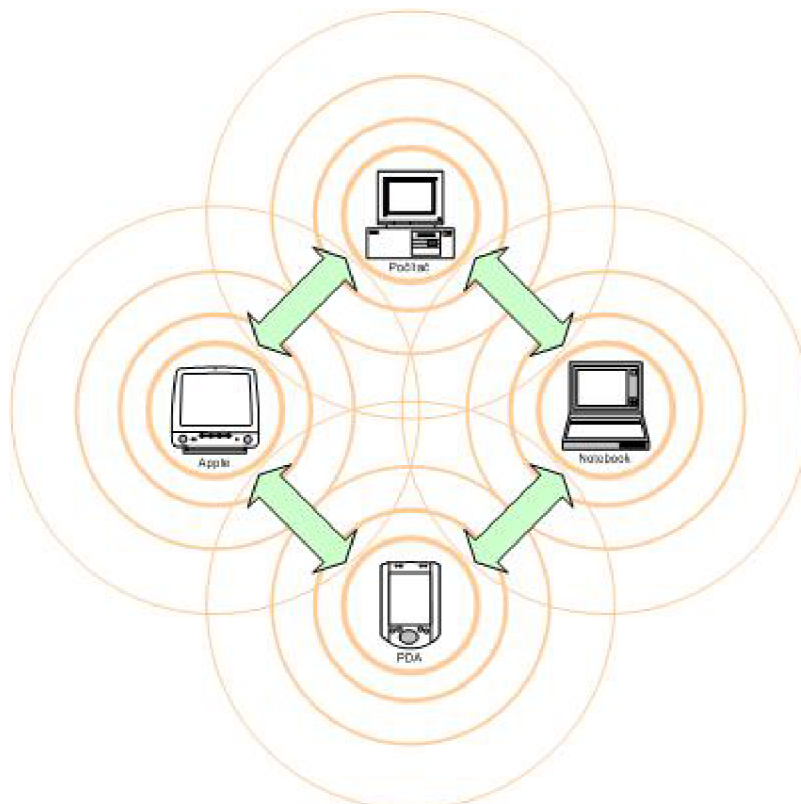
2.5 Bezpečnost

- Znemožnit fyzický přístup uživatelů k AP
- Zapnout WEP na 128bitový klíč
- Pravidelně měnit WEP klíče
- AP zavést tabulku povolených MAC adres
- Nepovolovat DHCP a adresy přidělovat ručně
- Zakázat SSID Broadcast
- Nastavit tabulku povolených IP adres
- Pravidelně kontrolovat síť i logy z AP
- Omezit výkon tak, aby vyzařování zbytečně nepřekračovalo potřebnou plochu
- Používat VPN

2.6 Instalace Wi – Fi

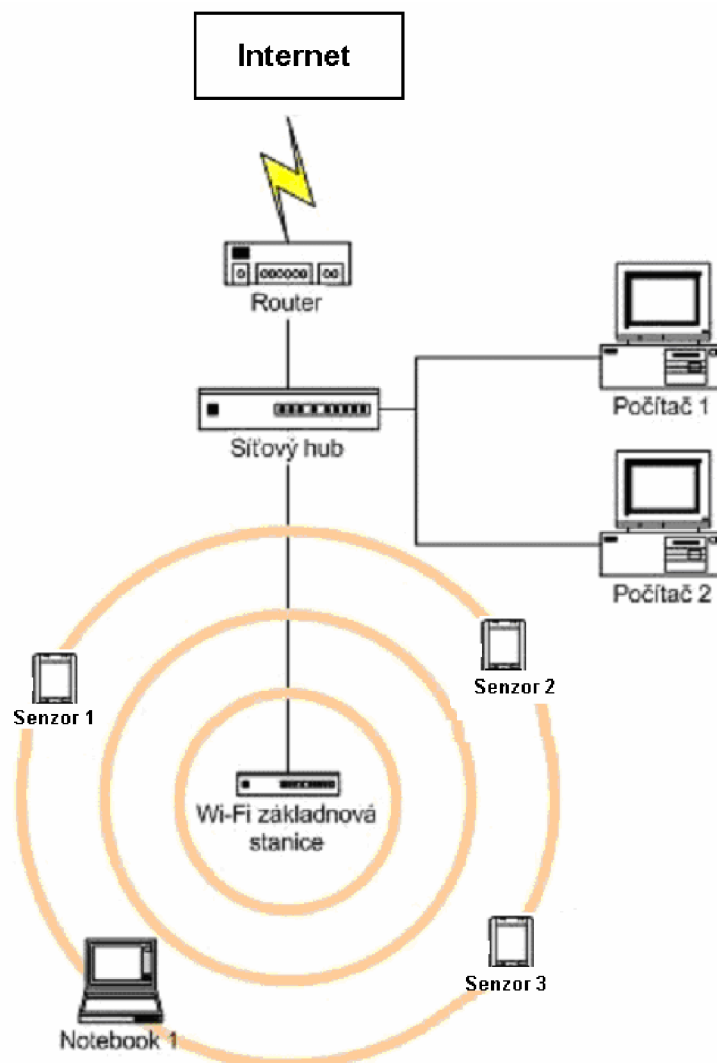
Instalace Wi - Fi zařízení je jednoduchá. Nainstalují se ovladače, konfigurační software, spustí se a nastaví základnová stanice, zapojí se periferie, nastaví se spojení s jednotlivými klienty a stupeň zabezpečení.

Síť Ad-hoc se nejlépe hodí pro malý počet zařízení. Jedná se o přímé spojení jednotlivých komponentů (Obr. 2.6.). Všechny Wi - Fi zařízení musí být v rádiovém dosahu jeden druhého.



Obr. 2.6: Jednoduchá Ad-Hoc síť

Základním rozdílem mezi sítěmi na základě peer-to-peer a infrastrukturními sítěmi je použití základnové stanice (AP) v podobě brány nebo přístupového bodu (Obr. 2.7). Základnová stanice má téměř stejné funkce jako hub či router v běžných drátových sítích LAN. Důležitým rozdílem mezi Ad-Hoc a infrastrukturní sítí je v dosahu. Jednotlivá koncová zařízení nemusí být v dosahu jeden druhého, stačí být v dosahu jedné základnové stanice. Základnová stanice může sloužit i jako brána mezi sítí LAN, některé typy mají zabudovaný router, či firewall. AP komunikuje s bezdrátovými zařízeními ve svém dosahu a stará se o směrování (routerování) provozu mezi bezdrátovými klienty. Všichni klienti připojení na jeden AP sdílejí rychlostní pásmo 11 Mbps. Základnové stanice musí být v dosahu jedné s druhou, používají se směrové antény, aby zařízení mezi sebou neinterferovala.



Obr. 2.7: Infrastrukturní síť připojená k internetu pomocí broadband přípojky

2.7 Typy antén

Při výběru antény je potřeba zvážit mnoho zásadních aspektů:

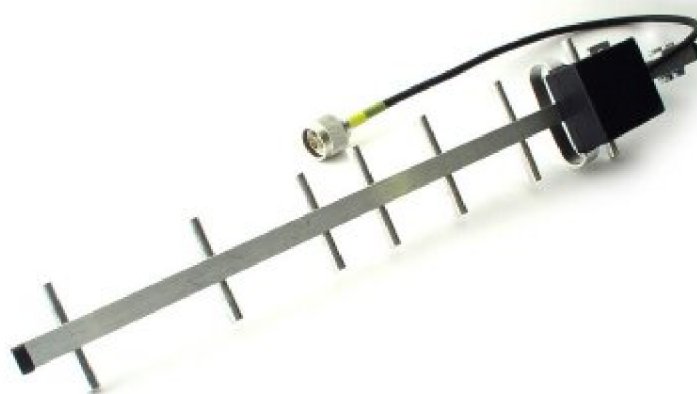
- Plánovaný počet uživatelů a místa odkud se budou připojovat
- Rozsah plánovaného pokrytí
- Míru zahlcení pásma 2,4GHz v dané lokalitě
- Finanční prostředky

Antén je na trhu mnoho různých typů. Nejčastěji jsou k vidění antény typu "síto". Ty jsou primárně určeny pro spoje point-to-point (z bodu do bodu) například z klienta přímo k AP. Jejich provedení tomu zcela odpovídá - vyzářovací úhel se pohybuje kolem 10° a zisk od 15 do 24dBi. Díky tomu dokáží signál dostat až na vzdálenost několika kilometrů. Parametry se liší, především vyzářovací diagram. Je podstatné, že tyto antény jsou určeny pro point-to-point spoje na větší vzdálenosti a dokáží odstínit rušivé zdroje.



Obr. 2.8: Andrew 18dBi.

YAGI. Zisk se běžně pohybuje mezi 15 - 17dBi, hodí se na menší vzdálenosti. Díky svému provedení a vlastnostem je spíše vhodná pro nasazení u koncového uživatele, na AP se nehodí.



Obr. 2.9: YAGI

Pro pokrytí území o určité rozloze signálem slouží antény sektorové a všesměrové. U všesměrových antén je signál šířen do všech směrů současně a rovnoměrně. Případného

zisku (až 15 dBi) se v tomto případě musí dosáhnout malým vyzařovacím úhlem ve vertikálním směru, to však může být často na závadu ("hluchá místa" např. přímo pod anténou), typičtější je proto malý zisk (cca 6 dBi). Tyto antény se tedy hodí zejména pro AP, které je využíváno uživateli v městské čtvrti.



Obr. 2.10: Všesměrová anténa se ziskem 13dBi - konektor typu N.

Nastane-li situace, kdy je potřeba vytvořit pokrytí jen nějaké lokace např. pod úhlem 45 - 120°, použije se sektorová anténa. Zisk těchto antén se pohybuje kolem 9 - 17dBi. Používají se na menší vzdálenosti.



Obr. 2.11: Jedna z nejsilnějších, ale také největších sektorových antén.

2.8 Kabeláž a konektory

Každý kabel pro připojení antény k Wi - Fi adaptéru musí být koaxiální s impedancí 50 Ohm. Jeho detailní parametry se liší podle typu nasazení. Hodnota útlum na metr udává, kolik dB ze signálu vysílaného z adaptéru se na každém metru kabelu ztratí. Optimální hodnota se pohybuje v rozmezí od 0,22 do 0,5 dB/m. Kabeláž by proto měla být mezi anténou a Wi - Fi adaptérem co nejkratší. Mezi kabely je nejznámější značka Belden.

U kabeláže platí několik zásad, které je třeba dodržet:

- co nejkratší kabel
- pokud musí být delší, zvolit co možná nejkvalitnější provedení
- neohýbat ho více, než je předepsáno
- co nejmenší počet spojů



Obr. 2.12: Belden RLF10 - dvojitě opletení omezí průnik rušivých signálů do kabelu

Konektor tvoří vodivé spojení mezi kabeláží a vstupem do antény nebo výstupem z Wi - Fi adaptéru. Je důležitá preciznost nasazení konektoru, může dojít k snížení úrovně signálu či úplnému přerušení linky. Mezi nejčastěji používané konektory patří konektor typu N.



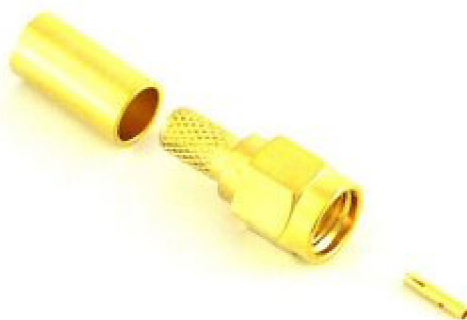
Obr. 2.13: Konektor N

Dalším typem je konektor TNC, Vyrábí se z poniklovaného kovu a vnitřní hroty bývají buď pozlacené nebo poniklované.



Obr. 2.14: Rozmontovaný TNC konektor.

Posledním známým konektorem je R-SMA. Nachází se na všech kartách do PCI, na mnoha HWAP a na tenkých kabelech. Široký frekvenční rozsah, útlum je přijatelný až do 18GHz.



Obr. 2.15: Rozmontovaný konektor R-SMA

3 ZigBee

Standard ZigBee, platným od listopadu 2004, je založen na využití fyzické a linkové vrstvy podle mezinárodního standardu IEEE 802.15.4. – ZigBee patří do skupiny bezdrátových sítí PAN (Personal Area Networks). [9], [10] Do této skupiny sítí patří i velmi rozšířený IEEE 802.15.1 – Bluetooth, jež nalézá hlavní uplatnění převážně ve spotřební elektronice. Existuje však celá škála průmyslových aplikací, pro které Bluetooth není vhodný. Z tohoto důvodu byla založena ZigBee aliance za účelem vytvoření nového bezdrátového komunikačního standardu vhodného i pro účely průmyslové automatizace. ZigBee je určen pro spojení nízkovýkonových zařízení v sítích PAN na malé vzdálenosti do 75 metrů. Díky použití multiskokového ad-hoc směrování umožňuje komunikaci i na větší vzdálenosti bez přímé radiové viditelnosti jednotlivých zařízení. Primární určením směřuje do aplikací v průmyslu a senzorových sítích. Pracuje v bezlicenčních pásmech (generální povolení) na frekvencích 858 MHz, 902–928 MHz a 2,4 GHz. Přenosová rychlost činí 20, 40, 250 kbit/s. V současné době se na vývoji a rozvoji tohoto standardu podílí více než šedesát firem a mezi nimi jsou i přední světové firmy z oboru automatizace (Honeywell, Motorola, Philips, Samsung, Omron, ABB, Siemens). ZigBee je navržen jako jednoduchá a flexibilní technologie pro tvorbu i rozsáhlejších bezdrátových sítí u nichž není požadován přenos velkého objemu dat. K jejím hlavním přednostem patří spolehlivost, jednoduchá a nenáročná implementace, velmi nízká spotřeba energie a příznivá cena. Díky těmto vlastnostem nalezne uplatnění v celé škále aplikací:

- automatizace budov (zabezpečení, ovládání světel, kontrola přístupu)
- spotřební elektronika (dálkové ovládání elektrospotřebičů)
- počítačové periferie (bezdrátové myši, klávesnice)
- průmyslová automatizace
- zdravotnictví (patientské monitory)

Různorodost předpokládaných aplikací standard definuje tři základní režimy přenosu dat:

- periodicky se opakující (přenos dat z čidel)
- nepravidelné přenosy (externí události, např. stisknutí tlačítka uživatelem)
- opakující se přenosy u nichž je požadavek na malé zpoždění (bezdrátové počítačové periferie – klávesnice a myši).

Pro ZigBee bylo definováno několik rádiových pásem, aby byl akceptovatelný v různých zemích s odlišnými předpisy a kritérii. Základním problémem při definici rádiových pásem jsou především rozdíly v organizaci rádiových pásem v Americe a na evropském kontinentě. Aby se mohl standard uplatnit v obou těchto lokalitách, jsou pro něj definována tři rádiová pásma:

globální použití: pásmo ISM 2,4 GHz s 16 kanály a přenosovou rychlostí 250 kb/s;
Amerika a Austrálie: pásmo 915 MHz s 10 kanály a přenosovou rychlostí 40 kb/s;
Evropa: pásmo 868 MHz s jedním kanálem a přenosovou rychlostí 20 kb/s.

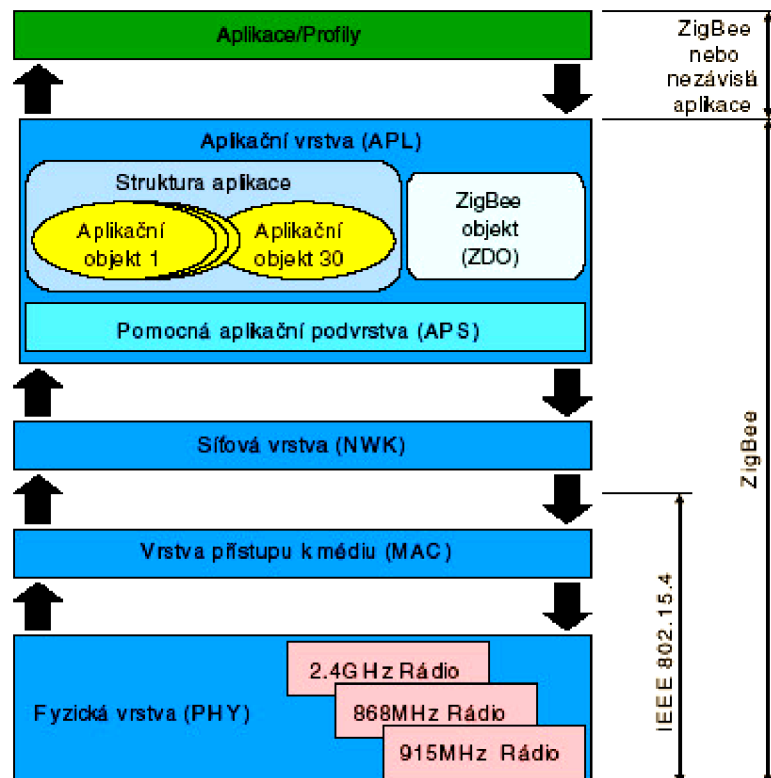
Kvůli nutnosti implementovat standard ZigBee i do málo výkonných 8 bitových mikrokontrolérů (HC08, x51) bylo dbáno na maximální jednoduchost implementace protokolů. Díky tomu struktura protokolů nezabere více než 30 kB programové paměti.

Protokol se skládá ze tří základních vrstev. Vrstvy standardu IEEE 802.15.4, nad nimi je definována síťová vrstva (NWK) a aplikační vrstva (APL). Fyzická vrstva specifikuje přístup k přenosovému médium. Síťová vrstva realizuje připojení k síti, zabezpečení a směrování paketů. Aplikační vrstva (APL) zajišťuje potřebné služby. Skládá se z aplikační podvrstvy (APS), ZigBee objektů a uživatelských aplikačních objektů.

Komunikační standard ZigBee je navržen pro aplikace, v nichž zařízení potřebují vysílat a přijímat pouze malé objemy dat a kde je vyžadována extrémně nízká spotřeba. Protokoly jsou proto navrženy s ohledem na co nejmenší spotřebu energie koncových zařízení, u kterých se předpokládá napájení z baterií. Koordinátor a směrovače by však neměly být napájeny bateriově, protože funkčnost sítě je na nich závislá. Při využití všech úsporných opatření je možné dosáhnout výdrže koncového zařízení na jednu alkalickou baterii 6 měsíců až 2 roky.

3.1 Struktura protokolů a komunikace ZigBee

Strukturu protokolů standardu ZigBee demonstruje Obr. 3.1. Je zřejmé, že je navržena maximálně úsporně kvůli předpokládané implementaci do málo výkonných jednočipových 8bitových mikrokontrolérů s velmi omezenými paměťovými dispozicemi. Proto struktura protokolů nezabere více než asi 30 kB v systémové paměti.



Obr. 3.1: Architektura protokolové struktury ZigBee

Standard 802.15.4 obsahuje v rámci fyzické vrstvy detektor energie přijímače ED (Energy Detector) a indikátor kvality linky LQI (Link Quality Indication). Vysílání na plný výkon není žádoucí. Detektor energie ED řídí vysílací výkon na co nejmenší

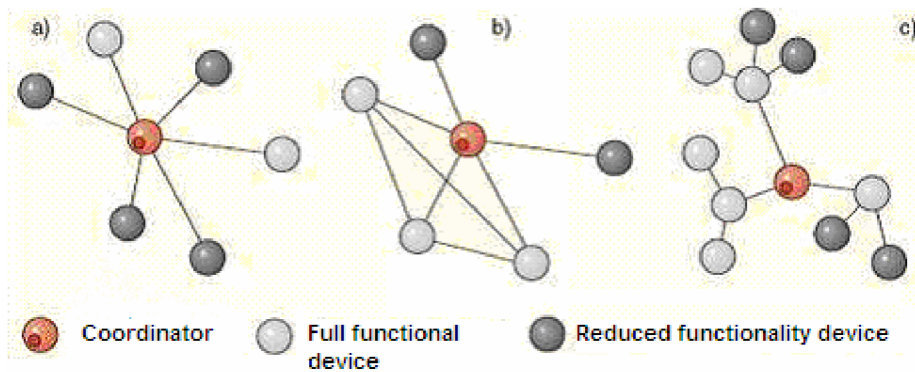
možnou hodnotu tak, aby byl stále zajištěný přenos signálu, ale s nejmenšími energetickými nároky. Indikátor kvality linky LQI a nástroj na detekci volného kanálu (Clear Channel Assessment), slouží k nalezení volného kanálu, na kterém může daný uzel vysílat a zároveň se určí minimální vysílací výkon. Každému přicházejícímu paketu přicházejícímu z fyzické vrstvy je před předáním na linkovou vrstvu (MAC) přiřazen vektor kvality, který je v linkové vrstvě vyhodnocen.

Dosah ZigBee je přibližně 10 až 50 metrů v závislosti na lokálních podmínkách šíření signálu. Pro přenos se datový signál moduluje metodou O-QPSK (BPSK) a přenášejí prostřednictvím DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Pro přístup k fyzickému médiu je použita metoda CSMA/CA.

Synchronizace jednotlivých zařízení v síti ZigBee, potažmo koncových zařízení s koordinátorem sítě je realizována na základě rámce beacon. Synchronizační autoritou je zde koordinátor sítě, který v daných okamžicích vysílá synchronizační sekvence - beacon. Sekvence přijímají ostatní zařízení a synchronizují se podle nich s vysílací stranou, tedy s koordinátorem. Tento postup umožňuje koncová zařízení na dlouhou, předem definovanou dobu „uspat“, a značně tak snížit jejich spotřebu. Interval synchronizačních sekvencí může být nastaven v rozmezí 15 ms až přibližně 15 minut. Pro přenos je pak možné využít tzv. super-rámce, začínající právě sekvencí beacon, po nichž následuje interval CFP, kdy zařízení volně soutěží o přístup k médiu. Ten je případně následován intervalem s rezervovanými časovými sloty pro prioritní přenosy GTS. Koordinátor zasílá v sekvenci beacon pro jednotlivá koncová zařízení také informace, zda jsou pro ně k dispozici data, či nikoliv. Pokud ano, koncová zařízení si je vyžádají a přijmou je v rezervovaných slotech. Pokud síť funguje bez použití beacon sekvencí, jednotlivá zařízení periodicky dotazují koordinátora.

3.2 Topologie sítě, zabezpečení

Standard ZigBee založený na fyzické a linkové vrstvě IEEE 802.15.4 definuje tři typy síťové topologie. Základní je topologie typu hvězda (star topology), v níž je vždy definováno jedno zařízení, které přebírá funkci koordinátora sítě, a ostatní zařízení působí ve funkci koncových zařízení. V topologii typu strom (tree topology) slouží jedno zařízení jako koordinátor a ostatní jako koncová zařízení. Na rozdíl od topologie hvězda však nemusí všechna zařízení komunikovat přímo s koordinátorem, ale mohou využít jiné koncové zařízení v konfiguraci FFD ve funkci směrovače jako prostředníka. Díky tomu umožňuje uvedená konfigurace zvětšit vzdálenosti mezi koncovým zařízením a koordinátorem. Poslední definovanou topologií je topologie typu síť (mesh topology), která kombinuje vlastnosti topologií strom a hvězda (tzv. hybridní topologii strom a hvězda). Síťová topologie přináší největší funkčnost, protože umožňuje sestavit síť libovolným způsobem.



Obr. 3.2: Topologie sítě ZigBee: typu hvězda (a), síť (b) a strom (c – nedoporučována)

Standard IEEE 802.15.4 využívá pro adresaci jednotlivých zařízení binární adresovací kódy, které mohou být buď dlouhé (64 bitů), či zkrácené (16 bitů). Lokální adresa zkráceného adresovacího kódu umožňuje v jedné síti adresovat maximálně 65 535 zařízení. Každá sestavená síť je dále identifikována 16bitovým identifikátorem PAN ID, který slouží pro rozlišení překrývajících se sítí v případě, že v jednom prostoru dochází k vytvoření a sestavení více sítí standardu IEEE 802.15.4. Každou síť s unikátním PAN ID zakládá a spravuje koordinátor (centrální stanice), přičemž ostatní stanice pracují v módu koncové stanice. Každá koncová stanice může být konfigurována pro funkci směrovače nebo koncového zařízení. Standard ZigBee dělí zařízení na zařízení FFD (Full Functional Device) a RFD (Reduced Functionality Device). FFD zařízení implementují kompletní protokolový rámec a zajišťují veškeré služby, které standard ZigBee stanovuje. RFD zařízení implementují pouze nezbytné protokolové knihovny z důvodu maximálního omezení hardwarové náročnosti. Tyto zařízení mohou pracovat pouze jako koncová. Mohou komunikovat pouze s koordinátorem sítě a jsou omezeny na hvězdicové uspořádání topologie (koncové větve). Koordinátor sítě a směrovače jsou realizovány FFD zařízeními.

Problém rušení je zde řešen tak, že například kanál 13 je žádoucí kanál nejbližší frekvenční kanály 12 a 14 jsou označeny za sousední kanály 11 a 15 za náhradní kanály. Kanály sousední musí být co nejvíce potlačeny na hodnotu 0dB oproti žádoucímu kanálu. Náhradní kanály naopak dostatečně zesíleny, aby mohly žádoucí kanál nahradit. Kanály se nesmějí navzájem ovlivňovat.

3.3 Návrh hardwaru zařízení ZigBee

V současnosti je možné nalézt velké množství obvodů určených pro provoz v síti ZigBee. Na trhu je však možné se setkat s hotovými moduly, jako je např. RM2420 od americké společnosti RAE Systems (Obr. 3.3). Další produkty je možné najít na stránkách společnosti Cirronet nebo Eaton.



Obr. 3.3: Modul RM2420

V rámci vývojových a testovacích prací byl v Ústavu automatizace a měřicí techniky Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně vyvinut a vyroben funkční prototyp zařízení ZigBee. Prototyp je založen na hybridním čipu firmy Panasonic s typovým označením PAN4450, který je postaven na referenčním návrhu firmy Freescale Semiconductor a využívá součástkové základny téhož výrobce. Základní částí hybridního čipu je 8bitový mikrokontrolér HCS08 typu MC9S08GT60 a rádiový čip MC13192 kompatibilní se standardem IEEE 802.15.4. Použitím prvků s nízkou spotřebou se průměrná spotřeba modulu pohybuje kolem 0,1 mW, což umožní provoz na jednu baterii AA po dobu více než jednoho roku.

3.4 ZigBee PRO

Zaměřuje se na MESH síť, zdokonalení zabezpečení, funkce pro zjednodušení provozu velkých sítí a snížení spotřeby. [11] I když zachovává částečnou zpětnou kompatibilitu, vykazuje novinky v oblasti topologie sítě, adresování a směrování. ZigBee PRO je již čistě MESH síť optimalizovanou pro velké síť a mobilní bateriová koncová zařízení.

Variantu PRO charakterizuje:

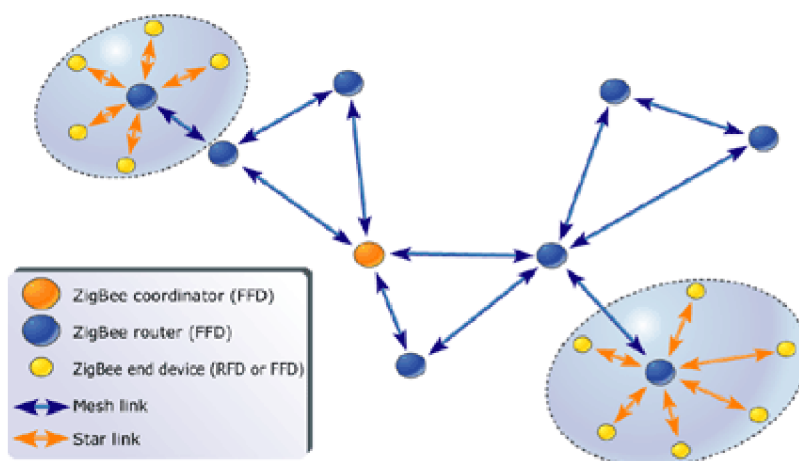
- Rozšiřitelnost sítí - vylepšená podpora realizace a provozu velkých sítí a snadnější rozšiřitelnost
- Segmentování - nová schopnost dělit delší zprávy a možnost interakce s jinými protokoly a systémy
- Proměnná vysílací frekvence - dynamická změna kanálů sítě v závislosti na rušení
- Automatické přidělování adres zařízením - optimalizované pro velké síť přidáním řízení sítě a konfiguračních nástrojů
- Skupinové adresování - nabízí přidanou optimalizaci provozu ve velkých sítích
- Bezdrátové zprovoznění - doplnění o schopnosti bezpečného bezdrátového zprovoznění
- Centralizovaný sběr dat - vyladěný speciálně pro optimalizaci informačního toku ve velkých sítích

Do již založené ZigBee sítě lze ZigBee PRO jednotky připojit pouze jako koncová zařízení. Verze PRO má funkci směrování jinou. Stejně tak v ZigBee PRO sítích lze "klasická" ZigBee jednotky připojit jen jako koncová zařízení. Nekompatibilita spočívá ve funkci směrovače (router), tzv. že nelze volně zaměnit ZigBee router se ZigBee PRO routerem. Pro síť o více jak 50 uzlech může ZigBee PRO poskytovat rychlejší, bezpečnější a více robustní síť.

Jedním ze specifických problémů ZigBee PRO zahrnuje vypořádání se s velmi komplexními směrovacími tabulkami, které jsou typické u velkých sítích ZigBee. V současné době je zde k dispozici více metod ke zjednodušení směrovací struktury. Navíc směrovací tabulky jsou z pohledu jejich velikosti dobře konfigurovatelné a omezené prakticky jen velikostí RAM paměti, která je k dispozici.

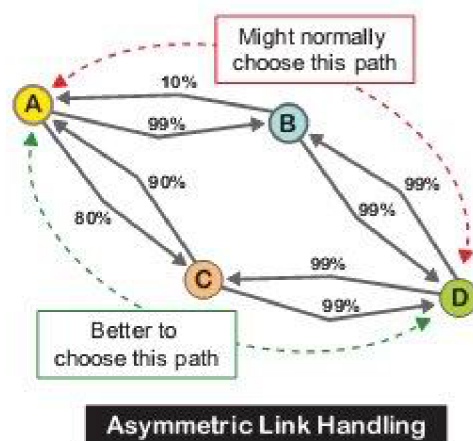
3.4.1 Komunikace

ZigBee PRO již topologii strom úplně zavrhnlo a místo toho využívá stochastické (náhodné) přidělování adres s mechanismem detekce kolizí adresování při použití stejného AODV mesh směrování. Avšak i zde zůstala alternativa stromu v podobě možnosti MESH směrování typu "více uzlů na jeden" (many-to-one routing). Také podporuje zvýšené zabezpečení a umožňuje omezené broadcast adresování. Obě tyto vlastnosti umožňují zlepšené možnosti pro změnu vysílací frekvence a segmentování.



Obr. 3.4: MESH síť ZigBee PRO, více uzlů na jeden.

U ZigBee PRO je podpora tzv. limitovaného (omezeného) adresování skupin, které chrání celou síť před zaplavením, když všichni její členové jsou umístěni v těsné blízkosti. Zároveň je užitečný pro snížení celkového provozu velkých sítí, ale zase vyžaduje přidání dalšího kódu a tedy zabírá větší programový prostor (code space). ZigBee také přijalo techniky manipulace s asymetrickým spojením (asymmetric link handling techniques) pro vyhnutí se nesymetrickým spojením, což vede k zlepšení spolehlivosti sítě a zvýšení propustnosti.



Obr. 3.5: Manipulace s asymetrickým spojením

ZigBee také obsahuje funkce směrování více uzlů na jeden (many-to-one routing) a zdrojové směrování (source routing), které oba pomáhají v síti k agregaci bodu. To minimalizuje velikost směrovací tabulky pro všechna síťová zařízení a minimalizuje broadcast komunikaci pro vyhledání cesty, které poskytují větší šířku pásma pro data. Zdrojové směrování také vytváří síť více efektivní, protože agregátor generuje kompletní cestu do cílového místa a umístí informaci o cestě do rámce, který je potřeba vyslat.

Jestliže je ZigBee provozováno v ISM pásmu, mohou rušení od jiných aplikací (Wi - Fi, Bluetooth a dalších bezdrátových zařízení) používaných v průmyslu i domácnostech způsobit zhoršenou kvalitu přenosu. Implementací metod proměnné vysílací frekvence (frequency agility methods) umožňuje ZigBee PRO zmírnit negativní dopady kolizí a opakovaného přenosu z důvodu rušení. Mechanismus proměnné frekvence dává celou kontrolu na měnícími se kanály centralizovanému správci řízení sítě a poskytuje tak standardní metodu pro změnu šířky kanálů sítě.

3.4.3 Správa napájení, zabezpečení

Ve velkých sítích, hlavně v těch, ve kterých jsou uzly koncových zařízení bateriově napájené, je potřeba zajistit kvalitní řízení napájení. Výsledkem toho je, že ZigBee PRO stack profil již neposkytuje síťový synchronizační mechanismus (beacon) pro spící koncová zařízení ZED (ZigBee End Device). Místo toho poskytuje prostředky umožňující, aby ZED uzly mohly na určitý pevný časový úsek zvaný "spící perioda" (periodic wake-poll-sleep cycle) zcela vypnout. Délka tohoto úseku je max. 7.5 s, po kterou je ZigBee router schopen ve své vyrovnávací paměti držet zprávu pro právě spící koncové zařízení, které k němu přísluší.

Také bylo vylepšeno zabezpečení, i když zůstalo symetrické kódování AES šifrou s klíčem o délce 128 bitů. Standardní úroveň zabezpečení bezdrátové komunikace ZigBee PRO vytváří povinné celosíťové šifrovací klíče. Centralizované centrum důvěry (trust center) slouží mimo jiné i jako správce síťového klíče (network key administration). Také však zajišťuje doplňkovou aplikační hladinu šifrování přenosu do a z trust centra a mezi páry uzlů. Velkou výhodou této koncepce je pak i větší podpora zabezpečení komunikace, kde je možné do peer-peer spojení zařadit šifrovací klíče a tím zajistit větší zabezpečení komunikace na úrovni aplikační vrstvy.

4 GPRS

GPRS (General Packet Radio Service) je mobilní datová služba. [2] Pracuje na paketovém přenosu dat, více uživatelů sdílí stejný přenosový kanál a data se přenášejí pouze, když jsou odeslána. GPRS využívá pouze systém základnových stanic (BTS) k tomu, aby mohla komunikovat s mobilními terminály v dosahu příslušných základnových stanic prostřednictvím frekvencí, které jsou pro příslušnou GSM síť vyhrazeny. Celková kapacita linky může být okamžitě vyhrazena těm uživatelům, kteří zrovna posílají data v kteroukoliv chvíli, což poskytuje vyšší prostupnost tam, kde uživatelé posílají nebo přijímají data periodicky. U připojení GPRS není nikdy garantována rychlost spojení, protože GPRS využívá volné místo (slot) v síti GSM. V GSM mají přednost nejprve hovory a až potom požadavky GPRS přenosů. U GPRS se platí za objem přenesených dat. Podpora GPRS u mobilních telefonů se stává standardem.

Rozeznáváme tři třídy GPRS zařízení:

- Class A – umožňuje simultánní využívání GPRS i hlas. Takto funkce je nazývána jako Dual Transfer Mode - DTM tedy přenos hlasu a dat současně. Technologii DTM tedy Class A musí podporovat i síť operátora. České mobilní sítě tuto technologii zatím nepodporují.
- Class B – hovor, nebo data. V závislosti na podpoře sítě je možné například při GPRS spojení přijmout hovor (a zastavit GPRS) nebo opačně. Všechny v současné době prodávané GPRS mobilní telefony a zařízení patří do Class B)
- Class C – umožňuje pouze datový provoz (datové karty PCMCIA, speciální průmyslové moduly).

GPRS používá čtyři kódová schémata CS-1 až CS-4. Mobilní telefon musí vždy podporovat všechna čtyři kódová schémata a GSM síť obvykle podporuje CS-1 a CS-2, některé sítě (v České republice např. T-Mobile a Vodafone) podporují všechna kódová schémata CS-1 až CS-4. Kódové schéma se vybírá v závislosti na odstupu signál/rušení tedy tzv. C/I tak, aby byl zajištěn co nejlepší a nejefektivnější přenos dat.

| Kódové schéma | Rychlost [kbit/s] |
|---------------|-------------------|
| CS-1 | 8 |
| CS-2 | 12 |
| CS-3 | 14,4 |
| CS-4 | 20 |

Tab. 4.1: Rychlosti GPRS

GPRS nabízí nejvyšší rychlost 80 kbit/s při kódování CS-4 a konfiguraci telefonu 4+1 (4 time sloty pro downlink a jeden pro uplink). EGPRS nabízí při stejné konfiguraci telefonu 4+1 maximálně 236,8 kbit/s při použití kódového schématu MCS-9. V praxi se při použití EGPRS dosahuje rychlostí kolem 200 kbit/s. V případě, že telefon i síť podporuje multislot class 32, pak jsou teoretické maximální rychlosti pro download u GPRS 100 kbit/s u EGPRS 296 kbit/s.

4.1 GSM

GSM (Globální Systém pro Mobilní komunikaci). [3] Signální i hovorové kanály jsou digitální. Jedná se o druhou generaci (2G) systému mobilních telefonů. GSM je otevřený standard, který vyvíjí 3GPP. GSM standard pokračuje s vývojem schopností paketových dat přidávaných do standardu ve verzi z roku 1997 pod zkratkou GPRS. Pro vyšší přenosové rychlosti dat je zde pak EDGE a UMTS (3G) ve verzi z roku 1999.

Síť za systémem GSM je velká a složitá, poskytuje různé služby. Je rozdělena do několika sekcí:

- Systém základnových stanic
- Síťový a přepínací podsystém (část sítě nejvíce podobná pevné síti).
- Hlavní síť GPRS (volitelná část, která umožňuje internetové spojení na bázi paketů).

Všechny elementy se skládají dohromady, aby mohly poskytovat GSM služby.

GSM je buňková síť. Mobilní telefony se připojují do sítě prostřednictvím nejbližší buňky. GSM síť funguje na několika radiových frekvencích. Jsou čtyři různé velikosti buněk - makro, mikro, piko a deštníkové buňky. Oblast pokrytí každé buňky se liší podle prostředí. U makro buněk je umístěna anténa základové stanice na stožáru nebo na budově nad úrovní střech. Mikro buňky mají anténu umístěnou pod úrovní střech, typické je použití v zastavěných oblastech. Piko buňky jsou malé buňky s průměrem pár desítek metrů, používají se hlavně uvnitř budov. Deštníkové buňky pokrývají oblasti ve stínech a vyplňují mezery mezi buňkami.

Velikost pokrytí záleží na výšce antény, výkonu antény a na podmínkách šíření. Pohybuje se od několika stovek metrů až po desítky kilometrů. Největší vzdálenost, které se podle specifikace GSM prakticky používá je 35 km. Existuje však koncept rozšířené buňky, kde může být oblast dvojnásobná i větší. Pokrytí uvnitř budov podporuje GSM také a dosahuje se ho děličem výkonu, který přenáší radiový signál z vnějšku do odděleného systému antén uvnitř. To se používá hlavně když je potřeba velká kapacita hovorů v obchodních centrech nebo na letištích. Radiový signál z venku se šíří i skrz zdi.

Síť GSM byla navržena s průměrnou úrovní zabezpečení. Systém byl navržen tak, aby ověřoval uživatele použitím sdíleným, tajným šifrováním. Komunikace mezi uživatelem a základovou stanicí může být šifrována. Vývoj UMTS představil možnost USIM, která používá delší autorizační klíč. Klíč zajišťuje vyšší bezpečnost a oboustrannou autorizaci mezi uživatelem a sítí. GSM autorizuje jen uživatele do sítě. Bezpečnostní model proto nabízí důvěrnost a autentičnost, ale omezené autorizační schopnosti.

Jednou z klíčových vlastností GSM je Subscriber Identity Module, známá jako SIM karta. SIM karta je vyjímatelná smart karta, obsahující informace potřebné k přihlášení uživatele do sítě.

4.2 EDGE

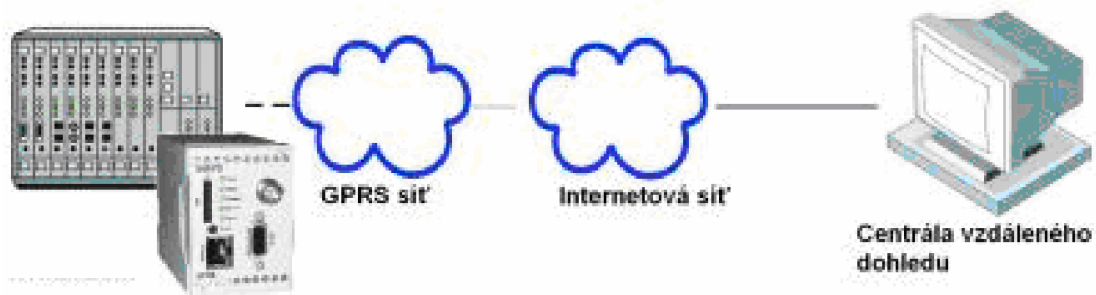
Enhanced Data rates for Global Evolution, někdy také jako Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) je dalším vývojovým stupněm v technologii GSM po zavedení datových přenosů pomocí GPRS. [4] Technologie EDGE nabízí několik metod a vylepšení, které umožňují dosáhnout efektivního přenosu dat a vysoké spektrální účinnosti v tomto úzkopásmovém buňkovém systému. Vylepšení spočívá v přepracování RLC/MAC bloku a dalších věcech. EDGE nabízí vyšší rychlosti než GPRS, je zpětně kompatibilní s GPRS. Modulace 8-PSK (osmistavová fázová modulace) dovoluje přenést tři informační bity pomocí jednoho symbolu na rádiové vrstvě. Modulace GMSK, použita u GSM/GPRS, dovoluje přenést pouze jeden informační bit na jeden symbol v rádiové vrstvě.

EGPRS je tedy rozšířením služby GPRS, která nabízí paketový přenos a tarifování za přenesená data nebo za měsíční paušál. ECSD je rozšíření služby HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), tedy služby komutovaných digitálních okruhů.

HSCSD je méně používané z důvodu tarifování (účtování podle času a počtu kanálů), dominuje dnes GPRS datovým přenosům v GSM. Stejná situace je i u ECSD a EGPRS. Většina operátorů ECSD v rámci EDGE ani neimplementuje stejně jako výrobci mobilních telefonů, implementují ve svých zařízeních většinou CSD, GPRS a EGPRS.

4.3 GPRS + Ethernet

Použití ethernetu v průmyslu je prvořadým tématem. [5] Prostředí ethernetu využívá standardizované protokoly umožňující propojovat různá koncová zařízení s minimálními starostmi o kompatibilitu jednotlivých systémů. V ethernetové síti má každý účastník svou IP adresu. Protokoly TCP/IP nebo UDP/IP, mají pevně danou strukturu, jsou charakteristické mj. použitím paketového přenosu dat. Ethernet a přenosy dat metodou GPRS lze zcela bez problémů používat společně. Obě komunikační prostředí využívají kompatibilní protokoly s bezproblémovými požadavky na latenci při přenosu signálu komunikačním kanálem. Problém není v tomto případě ani s kartami SIM a IP adresami. Operátoři mobilních sítí standardně poskytují karty SIM s dynamicky přidělovanou, nevěřejnou IP adresou s blokováním vnějšího přístupu na terminál. Komunikaci může iniciovat pouze terminál GPRS. Současně je však možné pořídit si u mobilních operátorů kartu SIM s pevnou IP adresou bez blokování nevyžádaných paketů. Do zařízení se dá dostat bez potíží přes libovolný počítač připojený k internetu. Na dálku lze pak realizovat vizualizaci i ovládání a obvykle také měnit software v zařízení.



Obr. 4.1: GPRS a ethernet

Firma Insys pro popsané účely nabízí modem. Modem má veškeré funkce potřebné k realizaci již uvedeného typu pojítka pro přenos dat. Spojení se sítí GPRS terminál navazuje automaticky a udržuje je po celou dobu svého provozu. Spojení lze také periodicky automaticky restartovat, a tak zajistit trvalou propojitelnost. Modem se konfiguruje intuitivně přes webové rozhraní. Uživatel nastaví pouze základní parametry: název přístupového bodu (APN), IP adresy, masku sítě, PIN a směrovací tabulku (NAT).

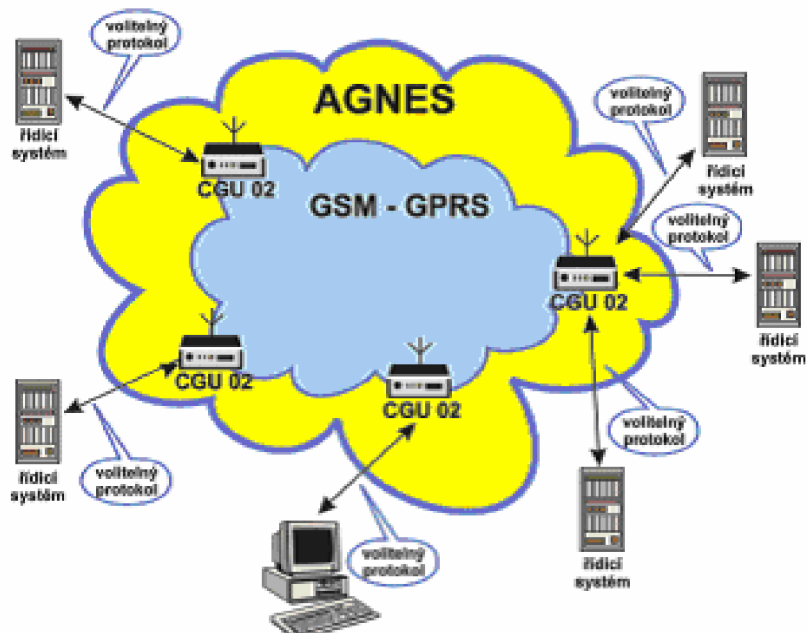
NAT je důležitou funkcí, která umožňuje připojit za modem ethernetový přepínač a současně sledovat více než jedno zařízení. Terminál GPRS má pro vzdálené účastníky sítě Internet pouze jednu IP adresu. Pokud je potřeba sledovat ve vzdálené ethernetové síti několik zařízení, je nutné jednoznačně specifikovat přístup ke každému z nich. NAT umožní spojit se s každým zařízením zvlášť, přes různé porty.

4.4 AGNES

S jiným řešením přichází systém AGNES (Advanced GPRS NETwork System). [12]Uživatelům nabízí vytvoření virtuálních privátních sítí (Virtual Private Network – VPN) vytvořených nad GSM - GPRS. AGNES využívá infrastrukturu GSM-GPRS jako linkovou vrstvu své komunikace jako dopravník paketů dat. Aby byl odstraněn problém dynamického přidělování IP adres, poskytl operátor sítě GSM-GPRS pro AGNES privátní APN (Access Point Name). Privátní APN je přístupový bod do sítě GPRS, který zajišťuje oddělení adresových prostorů v síti GPRS. Jedná se o lokální síť, ve které jsou adresy počítačů přidělovány správcem této sítě nezávisle na vnějším okolí. V systému AGNES mohou mít jednotlivé komunikační prostředky přidělenou pevnou IP adresu, aniž by byla přístupná z internetu. Uživatel standardního GSM - GPRS a uživatel v systému AGNES jsou odděleni díky prostředkům operátora sítě GSM - GPRS.

Základním stavebním kamenem AGNES je komunikační modul CGU. Obsahuje rádiový modul GSM pro přímé připojení do mobilní sítě GSM. Uživatelům jsou přístupna čtyři uživatelská rozhraní. Tři z nich jsou sériové porty RS-232, konfigurovatelné podle požadavku uživatele. Každý sériový port může komunikovat nejen jinou rychlostí, ale také rozdílným uživatelským protokolem. V CGU 02 je implementována řada standardních protokolů (Profibus, Mbus, S-Bus, Modbus, AT modem, EPSNET atd.), jejichž počet je rozšiřován podle požadavků uživatelů. Čtvrtým uživatelským rozhraním je pět signálů konfigurovatelných jako analogové vstupy, binární vstupy nebo binární výstupy. Toto rozhraní lze přímo použít pro sběr dat nebo řízení technologie.

V systému AGNES může být vytvořeno až 65 535 virtuálních soukromých sítí různých uživatelů a v každé síti může komunikovat až 65 535 uživatelských zařízení. Takovýchto systémů může být v síti jednoho operátora vytvořeno několik (Obr. 4.2).



Obr. 4.2: VPN systému AGNES

Důležitou funkcí modulu CGU 02 je vytváření a správa VPN uživatelského komunikačního systému. Každému uživatelskému rozhraní může být přiřazena adresa VPN, na základě které mohou řídicí systémy mezi sebou komunikovat. Modul CGU 02 obstarává obousměrnou konverzi adres mezi VPN a IP adresami.

Základním atributem systému AGNES je bezpečnost VPN. Správa systému je vytvořena tak, aby jednotliví uživatelé měli přístup pouze do svých sítí, a ne do sítí jiných uživatelů. Každé tzv. SIM kartě, která je pro uživatele aktivována, je přidělena pevná IP adresa a zároveň čísla sítí, ve kterých se může vyskytovat. Jestliže je modulu CGU 02 s touto SIM kartou přiřazena jiná adresa sítě, modul není pro tuto síť aktivován a neumožní komunikaci. Zároveň ohlásí tuto kolizi centrálnímu počítači (Global DNS), který vyhodnotí, s kterou SIM kartou byl učiněn pokus o přístup do cizí sítě.

Základní charakteristiky vlastní komunikace mezi jednotlivými zařízeními VPN vycházejí zcela z technických dispozic GPRS. Vzhledem k rozdělení posílaných dat na jednotlivé pakety není možné jednu zprávu odeslat všem modulům současně (tzv. broadcast). Rychlost přenosu dat je rozdílná pro vysílání a příjem. Vysílací rychlost je 13 kb/s a přijímací až 52kb/s. Pro telemetrické systémy je často důležitá doba přenosu zprávy (paketu) mezi dvěma řídicími systémy. Zde je doba přenosu zprávy dlouhé 100 znaků většinou kratší než 1 s. V souvislosti s tím je třeba si uvědomit, že ve stejný okamžik může v jedné VPN současně komunikovat několik řídicích systémů, aniž by nastaly kolize při komunikaci. Tato možnost vybízí k používání komunikace řízené událostmi, kdy data jsou přenášena pouze při vzniku události, která má být přenesena do jiného bodu VPN.

Do sítě AGNES je možné se připojit přes GSM. S vyřešením propojení GPRS jednotlivých operátorů (roaming), bude možné síť realizovat minimálně na území celé Evropy. VPN může být mobilní, rozsáhlá a velmi pružně realizovatelná. Použití VPN

v systému AGNES je podobně jednoduché jako použití mobilních telefonů. Se systémem AGNES dostává uživatel k dispozici i účinný nástroj pro správu sítě, servis a konfigurování komunikačních modulů CGU.

Systém AGNES najde své použití tam, kde je třeba v reálném čase přenášet data mezi několika zařízeními současně. Typickými příklady použití jsou:

- řízení technologických systémů,
- sledování a zabezpečení mobilních prostředků,
- zabezpečení objektů,
- telemetrie, meteorologie apod.,
- terminály on-line peněžních a jiných služeb.

5 Rádiová síť

Komunikace prostřednictvím radiostanic je nezbytnou součástí pracovních činností. [6] Přestože existuje celá řada technických variant řešení rádiové komunikace, které se liší použitým zařízením a jeho softwarovým vybavením, je pro všechny možné aplikace rozhodujícím (a zároveň omezujícím) prvkem možnost přidělení frekvence v dané oblasti. Z tohoto důvodu lze všechny možnosti rádiové komunikace rozdělit do tří skupin:

- Společné kmitočty. Na základě "generálního povolení" č. GP- 05/1994 (ČTÚ) mohou právnické nebo fyzické osoby provozovat vysílací přenosné rádiové stanice na kmitočtech a za podmínek uvedených v tomto povolení bez jakékoliv evidence a poplatků.
- Vstup do hromadné (veřejné) sítě. Firmy, které nechtějí nebo nemohou provozovat radiostanice v počtu dostatečném (a efektivním) pro vybudování vlastní sítě, nebo je přidělení vlastního kanálu technicky nemožné, mohou na základě smlouvy s provozovatelem využívat ke komunikaci veřejný převaděč. Tyto převaděče provozují v jednotlivých oblastech firmy s povolením k poskytování radiokomunikačních služeb.
- Přidělený kmitočet (vlastní síť). Vlastní rádiová síť je systém komunikace umožňující spojení mezi jednotlivými přenosnými, případně vozidlovými, radiostanicemi navzájem, nebo spojení s radiostanicí základnovou. Základnová stanice je vybavena výkonnějším anténním systémem než stanice přenosné a vozidlové, a proto umožňuje uživateli komunikaci na větší vzdálenost. Vytvoření vlastní rádiové sítě je však podmíněno přidělením kmitočtu ČTÚ.

5.1 Varianty rádiové sítě

Podle potřeb zákazníka, počtu radiostanic a rozloze území, které má být pokryto signálem, je možné realizovat následující základní varianty rádiové sítě.

- Rádiová síť se základnou. Jednoduchá síť umožňující komunikaci mezi základnovou radiostanicí (dispečerem) a přenosnými nebo vozidlovými radiostanicemi, případně radiostanic mezi sebou (direkt režim). Pro tuto síť stačí přidělení simplexního kanálu (jedna frekvence pro vysílání i příjem). Dosah komunikace se základnovou radiostanicí je 10-40 km, dosah komunikace mezi jednotlivými stanicemi (direkt) je v optimálním případě až 5 km. V této síti lze využívat, mimo jiné, i funkce selektivních voleb. Jako základnovou radiostanicí lze použít vozidlovou stanicí s dalším příslušenstvím (stolní mikrofon, základnová anténa, apod.).
- Rádiová síť s opakovačem. Síť přijme od účastníka s oprávněným přístupem zprávu, kterou s vyšším vysílacím výkonem zopakuje, a umožní tak její příjem dalším účastníkům.
- Konvenční převaděč. Pro zbudování sítě s konvenčním převaděčem je nutné přidělení duplexního kanálu (dvou kmitočtů). Samotný převaděč je bezobslužné zařízení, které přijme signál z radiostanice, zjistí, zda je v systému povolena, a pokud ano, přijatý signál vyšle dál s vyšším výkonem. Díky tomuto zařízení je možné pokrýt větší území i v členitějším terénu (20 - 50 km). Kvalita a dosah

závisí na výšce kóty, na které je převaděč (anténa převaděče) umístěn a na charakteru okolního terénu. Komfort a rozsah služeb poskytovaných převaděčem (počet hovorových skupin, selektivní volba, přístup do JTS apod.) je dán použitou řídicí jednotkou. Veškeré funkce převaděče jsou plně programovatelné, některé konfigurace i dálkově prostřednictvím telefonní linky.

- Trunkový převaděč. Trunkový převaděč dále rozšiřuje možnosti poskytované konvenčním převaděčem, a to zejména zvýšením počtu dostupných kanálů. Trunkový převaděč pracuje s větším počtem přidělených duplexních kanálů (kmitočtů), z nichž jeden je řídicí (nepoužívá se pro spojení). Na tento kanál jsou napojeny všechny účastnické radiostanice v systému. Před zahájením hovoru (např. po zmáčknutí klíčovacího tlačítka) obdrží radiostanice od řídicí jednotky převaděče informaci o volném kanálu a automaticky se na tento kanál přeladí. Stejnou informaci obdrží i volaná (volané) stanice. Znamená to, že radiostanice v systému mají k dispozici všechny kanály a vzájemná komunikace probíhá na kterémkoliv volném kanálu. Komfort a rozsah služeb poskytovaných převaděčem je dán typem a parametry použitého zařízení.

5.2 Rádiová síť Global

Rádiová síť Global slouží k přenosu dat z objektů vybavených elektronickou zabezpečovací signalizací nebo elektronickou požární signalizací a k přenosu dat o poloze vozidel. [7] Rádiová síť Global se skládá z těchto prvků:

- vysílače TSM 452, TSM 454, rádiové komunikátory JA-6x NAM
- zabezpečovací ústředny AMOS 1600 a AMOS 500
- sběrné stanice RSN 451
- soupravy pro mobilní objekty NCL 02

Rádiový vysílač TSM 452 a TSM 454 Je objektové rádiové zařízení, které slouží k přenosu informací z ústředny EZS nebo EPS na pult centrální ochrany rádiovou cestou. Má 16 vstupů, vstup pro telefonní komunikátor a vstup RS 232 pro připojení rozhraní UNI 1, EA-2, Goldcom nebo adaptéru SPY91. TSM 452 a TSM 454 může fungovat jako zabezpečovací ústředna AMOS 1600. Pak má funkce ústředny, která obsahuje 16 smyček a je dělitelná do 8 sekcí. Vybavena je radiovým vysílačem a telefonním komunikátorem.

Sběrná stanice RSN 451 je inteligentní převaděč, který přijímá všechny zprávy z jemu přidělených objektových vysílačů. Směrem na dispečink posílá pouze významové zprávy ze sběrných stanic a vlastní diagnostické zprávy. Kontroluje spojení s objekty, které má nadefinované. Na sběrné stanici RSN 451 se dají nastavit čtyři časové limity pro kontrolu spojení podle důležitosti objektu a časového intervalu vysílání nastaveného na vysílači. Při výpadku spojení sběrná stanice vygeneruje zprávu „výpadek spojení“ a odešle ji na PCO. Obsahuje dva napěťové vstupy (24 hodinové poplachové smyčky) resp. výstupy (relé) pro připojení externích zařízení. Sběrná stanice jako objektové zařízení může mít rovněž veškeré funkce jako zabezpečovací ústředna AMOS 1600. Umožňuje skenovat objekty v okolí a zjišťovat tak kvalitu spojení i s objekty, které nepřevádí. Umožňuje konfigurovat rádiovou cestou všechny sběrné stanice v síti. Obsahuje vyrovnávací paměť do které se ukládají zprávy, a to pro případ, že je použit jako sběrný modem PCO. Kapacita vyrovnávací paměti je 6000 zpráv včetně času vzniku.

5.2.1 Buňková struktura rádiové sítě

Rádiová síť Global v pásmu 420 – 470 MHz je svou strukturou podobná buňkové síti používané pro provoz mobilních telefonů. Na jedné frekvenci může být až 63 buněk a centrem každé buňky je sběrná stanice. Rádiová síť Global umožňuje provozovatelům expandovat do širokého okolí, kvalitně rádiově pokrýt i hornatý terén a propojovat rádiově okolní města do jediného centra.

V rádiové síti Global může být až 1000 rádiových objektů včetně 63 sběrných stanic. Sběrné stanice je možno řadit za sebe, přičemž maximální počet je šest sběrných stanic seřazených za sebou. K dosažení maximální kapacity rádiové sítě Global je nutno optimálně nastavovat výkony vysílačů, časy vysílání a časy kontroly spojení.

Při nastavení optimálního výkonu se docílí souběžné komunikace vysílačů v sousedních buňkách na jedné frekvenci bez vzájemného rušení. Pomůckou při nastavování výkonu vysílače je měřicí stanice MRS 452, která zobrazuje kvalitu spojení se sběrnými stanicemi. V případě ústředny AMOS 1600 je výkon vysílače nastavitelný také na dálku po telefonní lince.

Rádiová síť Global kombinuje výhody jednosměrných a obousměrných rádiových PCO. Provoz mezi objektovými vysílači a sběrnými stanicemi je jednosměrný, provoz mezi sběrnými stanicemi, sběrnou stanicí PCO a mobilními objekty je obousměrný. Výhodou jednosměrného provozu je nízká cena objektového vysílače. Obousměrný provoz umožňuje po páteřní síti přenášet efektivně větší datové toky, ovládat činnost sběrných stanic na dálku a pomocí reléových výstupů, např. zapínat světlo nebo otevírat klíčový trezor.

Pro síť s větším počtem vysílačů než 1000 je potřeba přejít na systém Global 2.

5.2.2 Bezpečnostní prvky sítě Global

Rádiová síť Global je navržena tak, že použité bezpečnostní mechanismy maximálně ztěžují úmyslnou odbornou sabotáž systému.

- vysoce zabezpečené rádiové telegramy
- identifikace provozu druhého stejně nadefinovaného ilegálního vysílače
- neustálá kontrola spojení rádiového objektu s některou ze sběrných stanic, doba kontroly spojení je nastavitelná a to již od 2 minut
- nepřetržitá kontrola spojení sběrných stanic se sběrnou stanicí PCO
- pokud jsou mezi sběrnými vysílači vybudovány kvalitní směrové spoje s vysokou intenzitou signálu, je celá síť odolnější vůči rušení
- měření úrovně šumu pozadí na všech sběrných stanicích
- možnost nastavit režim tichý vysílač
- při použití ústředny AMOS 1600 je (velmi krátká) doba přenosu informace od čidla až na dispečink
- možnost rozlišit až 64 čísel sítě na jedné frekvenci
- frekvence vysílačů a sběrných stanic jsou předdefinovány u výrobce

| | |
|--|--------------------------------|
| frekvenční pásmo | 420 - 470 MHz |
| přenosová rychlost rádiové sítě | 4800 Bd |
| počet sběrných stanic | 63 |
| počet vysílačů napojených na jednu sběrnou stanicí | 256 |
| celkový počet vysílačů v rádiové síti | 1000 |
| rozsah číslování vysílačů | 0 - 16 127 |
| rozsah číslování sběrných stanic | 16 128 – 16 190 |
| počet sběrných stanic řazených za sebou | 6 |
| přenášené formáty z telefonních komunikátorů | 4+2, 4+3, 4+4, 1+8, Contact ID |

Tab. 5.1: Parametry rádiové sítě Global

5.3 Rádiová síť Global 2

Rádiová síť Global 2 je nástupcem, nadstavbou, rozšířením rádiové sítě Global. Rádiovou cestou umožňuje přenášet různé druhy dat jako např.:

- data z objektů s elektronickou zabezpečovací signalizací
- data z objektů s elektronickou požární signalizací
- data o poloze, stavu a rychlosti mobilních objektů
- data z měřících, regulačních a dalších technologických zařízení

Kromě parametrů a vlastností typických pro rádiovou síť Global má nová síť Global 2 řadu nových atributů.

5.3.1 Komunikace v síti Global 2

Rádiová síť Global 2 je několikafrekvenční rádiová síť, která využívá výhod jednosměrného a obousměrného rádiového přenosu. Data z rádiových objektových zařízení jsou na jedné frekvenci (f1) přenášena do páteřní sítě sběrných stanic RSN 451. Přenos v páteřní síti pak probíhá na frekvenci druhé (f2). Rozdělením přenosu dat na více frekvencí tak několikrát vzrostla kapacita rádiové sítě Global 2 oproti síti Global. V síti Global 2 může pracovat na dvou frekvencích až 4000 rádiových objektových zařízení nebo sběrných stanic.

Komunikace mezi sběrnými stanicemi je obousměrná a mezi objektovými zařízeními a sběrnými stanicemi jednosměrná. Obousměrný provoz umožňuje po páteřní síti přenášet efektivně velké datové toky, konfigurovat a ovládat činnost sběrných stanic na dálku. Výhodou jednosměrného provozu je nízká cena objektového zařízení, velká kapacita sítě a odolnost vůči místnímu rušení.

Data z hlídaných nebo monitorovaných objektů je možné v rádiové síti Global 2 přenášet současně na několik dispečerských pracovišť. Informace může být přenesena např. na lokální a krajský dispečink zároveň. V jedné rádiové síti Global 2 tedy mohou být začleněny objekty z různých monitorovacích pracovišť a dispečinků. V síti Global 2 je zaručeno, že data z příslušných objektů jsou vždy přenesena na příslušný dispečink. Výhodou je využití jedné páteřní sítě sběrných stanic několika provozovateli.

Díky možnosti směřovat zprávy z objektů na příslušný dispečink a tím, že lze mít ve sběrné stanici RSN 451 více rádiomodemů, je možno propojit dvě nebo i více sítí Global nebo Global 2. Monitorovaný objekt v oblasti, která není pokryta signálem jednoho provozovatele sítě lze připojit do sousední rádiové sítě provozované druhým provozovatelem a pro přenos signálu z této lokality využít jeho rádiovou síť.

Rádiová síť Global 2 kombinuje výhody jednosměrných a obousměrných PCO. Provoz mezi objektovými vysílači a sběrnými stanicemi je jednosměrný, provoz mezi sběrnými stanicemi v páteřní síti je obousměrný s potvrzením. Výhodou jednosměrného provozu je nízká cena objektového vysílače, velká kapacita sítě a odolnost vůči lokálnímu rušení. Obousměrný provoz umožňuje po páteřní síti přenášet efektivně větší datové toky, ovládat činnost sběrných stanic na dálku a pomocí reléových výstupů např. zapínat světlo nebo otevírat klíčový trezor v objektu.

5.3.2 Bezpečnost

Rádiová síť Global 2 je navržena tak, že použité bezpečnostní mechanizmy maximálně ztěžují úmyslnou sabotáž systému. Datová komunikace v síti Global 2 probíhá rychlostí 4800 Bd (9 600 Bd) prostřednictvím vysoce zabezpečených rádiových telegramů. Rádiová síť Global 2 identifikuje provoz druhého stejně nadefinovaného ilegálního vysílače. S každým rádiovým objektem je neustále kontrolováno spojení, přičemž doba kontroly je nastavitelná již od 2 minut.

Obousměrná komunikace mezi sběrnými stanicemi umožňuje v síti Global 2 lokální i globální potvrzení předávaných zpráv. U lokálního potvrzení je zpráva potvrzena odesílateli přímým adresátem, u globálního potvrzení je zpráva po doručení na PCO potvrzena zpět prvním odesílateli (sběrné stanici RSN 451).

| | |
|--|---------------|
| frekvenční pásmo | 420 - 470 MHz |
| přenosová rychlost rádiové sítě | 4800 Bd |
| počet sběrných stanic | 63 |
| počet sběrných stanic s rádiovým datovým modemem | 4000 |
| počet vysílačů napojených na jednu sběrnou stanici | 256 |
| Celkový počet vysílačů v rádiové síti | 4000 |
| rozsah číslování vysílačů | 0 - 65 536 |
| počet sběrných stanic řazených za sebou (s rádiovým datovým modemem) | neomezeně |

Tab. 5.2: Parametry rádiové sítě Global 2

5.4 Digitální radiostanice - systém MOTOTRBO

Do systému MOTOTRBO patří následující produkty:

- Digitální přenosná radiostanice DP3600/3601
- Digitální přenosná stanice DP3400/3401
- Digitální radiostanice s rozšířeným displejem DM3600/3601
- Digitální radiostanice s numerickým displejem DM3400/3401
- Opakovač - repeater DR3000

MOTOTRBO lze nakonfigurovat a upravit pro telemetrický provoz. [8] PC aplikace provázaná s radiostanicí MOTOTRBO může kontrolovat vstupy a výstupy radiostanice, což umožňuje zavedení celé řady základních telemetrických služeb, jako je např. automatizované čtení, monitoring a řízení a sledování zařízení.

Obousměrné digitální radiové systémy pracující v licencovaném spektru obsahují funkce, které jiné mobilní technologie nemají. Mají cenově dostupné, pružné a vysoce spolehlivé řešení s výkonností a dosahem v licencovaných pásmech.

- technologie časového multiplexu TDMA nabízí dvojnásobnou komunikační kapacitu za cenu jedné licence. Druhé volání nevyžaduje druhý opakovač.
- Na jednom licencovaném kanálu 12,5 kHz může být dvojnásobný počet uživatelů.
- Možnost hlasového a datového přenosu zvyšuje efektivitu provozu a umožňuje využití celé řady aplikací.
- Čistší hlasová komunikace s větším dosahem než srovnatelné analogové radiostanice, bez rušení a šumů.
- Prodloužená výdrž akumulátorů. Digitální obousměrné radiostanice s technologií TDMA mohou pracovat až o 40 % déle při jednom nabití oproti běžným analogovým radiostanicím.
- Snadný přechod z analogového režimu na digitální, MOTOTRBO umí pracovat v obou režimech.
- Odpovídá vojenským specifikacím USA Č. 810 C, D, E a F a přenosné modely mají krytí IP57 (ponoření do vody). Systém dále splňuje standardy značky Motorola pro odolnost a spolehlivost.
- Jakmile se síla signálu se vzdáleností sníží, digitální technologie opravy chyb zajistí přesný přenos jak v hlasovém provozu, tak i datovém s téměř nulovou ztrátou i v rozsáhlejší oblasti.

8 Závěr

Technologie ZigBee se jeví jako nejvhodnější pro přenos dat v senzorové síti pro obec Petřkovice. ZigBee PRO se jednoduše rozšiřuje o další zařízení. Verze PRO má automatické přidělování adres, centralizovaný sběr dat. Technologie nevyžaduje licencované pásmo, dokáže podle rušení měnit kanály a frekvence, pracuje na vzdálenost až 1,2 km. Zařízení je možné až na 15 minut uspat s využitím všech úsporných opatření je možné dosáhnout výdrže koncového modulu na jednu alkalickou baterii až 2 roky. Technologie je ekonomicky nejvýhodnější.

8.1 ZigBee

Mezinárodní bezdrátový standard ZigBee spravovaný mezinárodní neziskovou organizací ZigBee Alliance. Jeho přednostmi jsou spolehlivý přenos dat, velmi nízká spotřeba energie a nízká koncová cena zařízení. Komunikační protokol standardu ZigBee poskytuje rozsáhlou podporu pro vytváření rozlehlých sítí a snadné předávání zpráv mezi zařízeními v rámci definovaných profilů ZigBee.

ZigBee PRO není určena k úplné náhradě ZigBee. Dle specifikace budou obě verze fungovat a záleží bude jen na vývojáři zařízení či uživateli, které verze bude pro konkrétní aplikaci použita.

8.2 Wi-Fi a WiMAX

Využití Wi-Fi bylo plánováno jako náhrada kabelových rozvodů v budovách. Využívá frekvenční pásma 2,4 a 5 GHz. Často se budují na základě Wi-Fi i venkovní spoje, ač pro ně není tato technologie vhodná. Nicméně je využívána hlavně jako cenově velmi dostupné řešení v situacích, kdy spolehlivost není až tak klíčová.

- WiMAX standard je určen pro venkovní (outdoor) PtMP spoje i s velkým počtem klientů - až 250 klientů na jednu základnovou stanici
- WiMAX technologie má robustnější rádiový protokol a kvalitnější zpracování signálu - OFDM, ARQ a FEC
- WiMAX se automaticky přizpůsobuje změnám na rádiovém prostředí - automatická volba modulace s každým klientem zvlášť
- WiMAX má nativní podporu QoS
- WiMAX síť si vyžaduje minimální náklady na údržbu a provoz sítě
- Žádné problémy s rušením od jiných poskytovatelů nebo technologií
- WiMAX síť umožňuje rychlé pokrytí a připojení i vzdálených klientů

8.4 GPRS

GPRS zvyšuje efektivnost a nabízí dokonalejší služby koncovým uživatelům. GPRS je nejvhodnější pro aplikace s přerušovaným přenosem dat. Síť GPRS zajišťuje autentizaci uživatele a šifrování dat při bezdrátovém přístupu.

8.5 Rádiová síť

Díky rádiovému přenosu dat je možné uplatnit výhody plynoucí z dálkového datového přenosu i tam, kde je třeba soustředit data z geograficky rozsáhlých oblastí, z oblastí, kde by bylo značně nákladné budovat kabelové přípojky nebo tam, kde není vhodné použít GSM-SMS síť. Rádiový modem je optimalizován tak, aby byl schopen v co nejkratším čase obvolat co největší množství stanic. Nasazení je vhodné především pro pravidelné a časté sběry dat z rozlehlých oblastí, nebo pro trvalý monitoring důležitých technologických uzlů. Obousměrný provoz umožňuje po páteřní síti přenášet efektivně větší datové toky, ovládat činnost sběrných stanic na dálku a pomocí reléových výstupů, např. zapínat světlo nebo otevírat klapky.

8.6 Souhrnná tabulka

| Standard IEEE | 802.11b | - | 802.15.4 | - |
|--------------------------|-----------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| Název | Wi - Fi | GPRS | ZigBee | Rádiová síť |
| Dosah [m] | až 1000 | 35000 | 20 - 70, 100+ | až 50 000 |
| Životnost baterie [dny] | 0,5 - 5 | 1 až 7 | 100 - 1000+ | více než u GPRS |
| Rychlost [kb/s] | až 2000 | až 384 | 20 - 250 | 9,6+ |
| Technika modulace | DSSS | 8PSK | DSSS | fázová, OFDM |
| Maximální počet uzlů [-] | 32 | - | 264 | 256 až 4000 |
| Výhody | rychlost, flexibilita | GSM síť | energetická nenáročnost, spolehlivost | bezpečnost, spolehlivost |

Tab. 8.1: Srovnání

8.7 Řešení

Oblast Petřkovic se rozdělila na 11 částí. Části slouží hlavně pro vymezení oblastí pro ZigBee, rádiovou síť a lepší orientaci u pokrytí Wi – Fi. Každá část má jeden přístupový bod, který shromažďuje informace ze senzorů v okolí. Z těchto bodů se data posílají směrem na dispečink.

Nejlepším řešením by bylo použití technologie WiMAX, ovšem jedná se o licencovanou technologii, u které je problém sehnat licenci. Ve velkých městech a okolí byly vykoupeny licence okamžité po jejich uvolnění bez ohledu na možnost využití. Jediná možnost je pokrytí přístupových bodů společností, která má licenci zakoupenou a je schopna přenos dat uskutečnit. Bylo by možné technologií WiMAX vyřešit přenos z každého senzoru, ale tato možnost se vzhledem k rozsahu projektu, pokrytí pouze jedné obce, stává nevýhodnou.

Naopak nejhorším řešením by bylo použití technologie IrDA. V dosti členitém terénu semusí kvůli přímé viditelnosti budovat stožáry. Technologie je značně ovlivňována rušením typu déšť, mlha, sníh, sluneční záření. Kladou se nároky na přesnost instalace a údržbu optiky.

8.7.1 Wi - Fi

V Petřkovicích poskytuje firma „petrkovice.net“ internetové připojení od roku 2003. Firma pokryla signálem celou oblast, není tedy zapotřebí budovat vlastní síť. Ze senzoru by se data přenášela po ethernetu, přes switch až k modulu na střeše. Poskytovatel instaluje vlastní zařízení, zřizuje opravy a veškerou podporu. Zavádět novou síť v této obci by bylo hlavně kvůli rušení neuvážené. V tomto případě je lepší použít jinou technologii. S poskytovatelem se dá dohodnout na využívání služeb. Kdyby se měla vybudovat vlastní síť, zřízení jednoho funkčního SSID včetně přívodu vychází dle situace na 25 - 30 tisíc korun, samotné aktivní vysílací části se pak mění po cca 18 měsících provozu. Modul u senzoru stojí kolem 2000 korun. V obci by se mělo použít 8 SSID a 423 modulů. Většinou stačí použít standardně dodávanou anténu, ale na větší vzdálenosti a pro zlepšení kvality přenosu je lepší použití Yagi. V obci, jako je tato, není nutné použití opakovačů, vše se řeší spojením bod – bod. Přenos dat z výstupu čističky by neměl vyžadovat vysokou bezpečnost, data nebudou pro „piráta“ významná. Přejít na pásmo 5 Ghz situace nevyžaduje, zvýšila by se rychlost, stabilita, ale zmenšila by se vzdálenost, které lze dosáhnout.

8.7.2 ZigBee

Tato technologie se jeví jako nejvhodnější pro přenos dat v sensorové síti pro obec Petřkovice. Komunikace a protokoly ZigBee jsou nejvhodnější a mají dokonalou propracovanou strukturu pro sběr dat ze senzorů. ZigBee byla navržena pro použití v sítích PAN, s nízkovýkonovými zařízeními s moduly, které pracují se vzdálenosti minimálně 75 metrů (podle výrobce). Kvůli vždy jednoduchému rozšíření sítě je vhodné nasadit ZigBee PRO. Jedná se o větší síť, verze PRO má lepší rozšířitelnost, automatické přidělování adres, centralizovaný sběr dat. Technologie nevyžaduje licencované pásmo, dokáže podle rušení měnit kanály a frekvence. Podle situace ZigBee nevysílá na maximální výkon. Zařízení je možné až na 15 minut uspat, tím se maximálně šetří energie, je vhodné podle toho nastavit dobu, kdy se budou data sbírat. S využitím všech úsporných opatření je možné dosáhnout výdrže koncového modulu na jednu alkalickou baterii až 2 roky.

V každé z jedenácti částí obce se na vhodném místě, podle pokrytí instaluje jeden koordinátor a maximálně šest směrovačů, při čemž se využívá jediné architektury mesh. Podle potřeby se pomocí několika směrovačů data z jedenácti koordinátorů přenesou na dispečink. Pokud by se požívala zařízení s dosahem 75 metrů, bylo by potřeba 41 směrovačů. Jeden modul s anténou a boxem by stál 500 Kč, ZigBee směrovač 600 Kč, koordinátor 500 Kč. Vývojové kity stojí kolem 15 000 Kč. ZigBee je jednoznačně pro velké sítě nejlevnější. Dosah se u zařízení liší, některé moduly pracují ve venkovním prostředí do 1200 metrů bez přímé viditelnosti. V tomto případě by bylo vhodné v obci zařízení otestovat a nepoužít tak jediný směrovač (když by byly potíže muselo by se použít maximálně tři směrovačů). Stačila by síť typu hvězda.

8.7.3 GPRS

Technologie GPRS se hodí pro jakoukoli sensorovou síť, nemusí se brát ohled na terén. Tvořit vlastní GSM síť není jednoduché. Je potřeba licence na rádiové pásmo, HW, SW, centrálu, to znamená velké náklady. Vyplatí se uzavřít s mobilním operátorem individuální smlouvu a dohodnout se na tarifkaci. Modul Trizium firmy Telit se dá

pořídít za 2000 Kč, sběrný komunikátor kolem 20 000 Kč. Komplexní řešení nabízí firma Coral s komponenty sítě AGNES, firma spolupracuje s T – Mobile. Firma Insys poskytuje profesionální řešení, většina funkcí se nevyužije, řešení je ekonomicky nevýhodné pro senzorovou síť tohoto typu.

8.7.4 Rádiová síť

Ve volném pásmu 868 MHz, kde je provoz je upraven všeobecným oprávněním ČTU se dá nasadit rádiový transceiver BiM1-155,725 s FM modulací a dosahem až 5km za 1500 Kč. Jiné řešení, manuály a rady lze získat na www.artbrno.cz. NAM systém nabízí podobné řešení sítě Global s vysílači TSM 452, TSM 454, rádiovými komunikátory JA-6x NAM, zabezpečovací ústřednou AMOS 1600 a AMOS 500, sběrnou stanicí RSN 451 a soupravou pro mobilní objekty NCL 02. v síti Global může být až 1000 rádiových objektů a 63 sběrných stanic.

9 Seznam literatury a použitých zdrojů

Internetový článek:

[1] Zábrodský, Dušan. Vytvoření vlastní bezdrátové sítě Wi-Fi. 11. 12. 2002
Dostupný na World Wide Web: <www.elity.cz/wifi/wifionline/>

[2] GPRS dostupný na World Wide Web:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service>

[3] GSM dostupný na World Wide Web:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications>

[4] EDGE dostupný na World Wide Web:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution>

[5] Kuchynka, L.: GPRS + Ethernet dostupný na World Wide Web:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/moderni-zpusob-spravy-na-dalku-gprs-ethernet>>

[6] KonekTel, a.s.: Rádiové sítě dostupné na World Wide Web:
<<http://www.konekstel.cz/produkty/radiove-site/radiove-site.php>>

[7] NAM system, a.s: Rádiová síť Global dostupná na World Wide Web:
<<http://www.nam.cz/texts.asp?category=15&sub=6>> a 7>

[8] RASPRO s.r.o.: Digitální radiostanice - systém MOTOTRBO dostupná na World Wide Web: <<http://www.radiostanice-vysilacky.cz/radiostanice/radiostanice-motorola/digitalni-radiostanice/>>

[9] ZigBee dostupný na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/ZigBee>>

[10] Bradáč Zdeněk: ZigBee dostupná na World Wide Web:
<<http://www.automatizace.cz/article.php?a=638>>

[11] Antonín Vojáček: ZigBee PRO dostupná na World Wide Web:
<<http://automatizace.hw.cz/zigbee-pro-nova-vylepsena-verze-bezdratove-komunikace-zigbee>>

[12] Conel s.r.o.: Telekomunikační datová služba AGNES-CONEL dostupná na World Wide Web: <<http://www.conel.cz/cz/sluzby/agnes-conel/index.php>>

10 Seznam zkratek

| | |
|---|--|
| ACK – ACKnowledgement | DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum |
| ADSL – Asymeric Digital Subscriber Line | DTM - Dual Transfer Mode |
| AES - Advanced Encryption Standard | DUT - Device Under Test |
| AGNES – Advanced GPRS NETwork System | EAP - Extensible Authentication Protocol |
| AID - Association Identifier | ECSD – Enhanced Circuit Switched Data |
| AODV – ad-hoc on-demand distance vector routing | ED - Energy Detektor |
| AP - Access Point | EDGE - Enhanced Data rates for Global Evolution |
| ARQ – Accept ReQuest | EGPRS - Enhanced GPRS |
| ATPC - Automatic-Transmit-Power-Control | ESS - Extended Service Set |
| BCU - Bandwidth Control Unit | EVM - Error Vector Magnitude |
| BE - Best Effort | FC - Frame Control |
| BER - Bit Error Ratio | FFD - Free Form Deformation |
| BSS – Basic Service Set | FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum |
| BSSID – Basic Service Set Identifier | FIR – Fast serial InfraRed |
| CBA - Commercial building automation | FMC - Fixed Mobile Konvergence |
| CBC - Cipher Block Chaining | FOTA - Firmware update Over The Air |
| CBC - Cipher Block Chaining | FUMO - Firmware Update Management Object |
| CCM – kombinuje režim CTR, Counter Mode | GPRS – General Packet Radio Service |
| CF - Compact Flash | GSM – Globální Systém pro Mobilní komunikaci |
| CFP – Contention Free Period | GTS – GigaTexel Shading |
| CFP - Contention-Free Period | HA - Home automation |
| CG - Charging Gateway | HDLC – High level Data Link Control |
| CP - Client Provisioning | HSCSD – High Speed Circuit Switched Data |
| CRC - Cyclic Redundancy Check | HTTPS - HyperText Transfer Protocol-Secure |
| CSMA/CA - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance and optional time slotting | HWAP – Hardware Access Point |
| CTR - Counter Mode | IAPP - Access Point Protocol |
| CTS – Clear To Send | ICMP – Internet Control Message Protocol |
| ČR – Česká Republika | IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| ČTÚ – Český telekomunikační úřad | IP – Internet Protocol |
| ČVUT – České vysoké učení technické | IR – Infra Red |
| D/ID - Duration/Association Identifier | IrDA – Infrared Data Association |
| DA - Destination Address | IrLAP - IrDA Infrared Link Access Protocol |
| DCF – Distributed Coordination Function | IrLMP - IrDA Infrared Link Management Protocol |
| DFW – Distributed Four-Way handshake function | IrOBEX - IrDA Object Exchange Protocol |
| DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol | IrTran-P - Infrared Transfer Picture |
| DIFS - Distributed Coordination InterFrame Space | ISDN – Integrated Services Digital Network |
| DS - Distribution Systém | ISM - Industrial Scientific Medical |
| DSN - Data Source Name | LAN – Local Area Network |
| DSS - Distribution Service Systém | |

LED – Light Emitting Diode
 LLC – Logical Link Control
 LQI - Link Quality Indication
 MAC – Medium Access Layer
 MAN – Metropolitan Area Network
 MCU – Machine Control Unit
 MDM - Mobile Device Management
 MIB - Management Information Base
 MIC - Message Integrity Code
 MIMO - Multiple Input Multiple Output
 MO - Managed Object
 MPDU - MAC Protocol Data Unit
 MSDU – MAC Service Data Unit
 NAT – Network Address Translation
 NAV - Net Allocation Vector
 NLOS – Non Line Of Sight
 nrtPS - Non-real-time Polling Service
 OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 OFDMA – Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
 OMA – DM - Open Mobile Alliance Device Management
 OMA - Open Mobile Alliance
 OSPIH – Internet Hosted Octect Stream Protocol
 OTA - Over The Air
 PAN - Personal Area Network
 PAR – Positive Acknowledgment and Retransmission
 PC - Point Coordinator
 PCF – Point Configuration Function
 PCI – Peripheral Component Interconnect
 PCMCIA – Personal Computer Memory Card International Association
 PCT - Protocol Conformance Test
 PCU - Packet Control Unit
 PCO – Pult Centrální ochrany
 PDA - Personal Digital Assistant
 PHHC - personal health and hospital care
 PIFS - Point InterFrame Space
 PLC – Programmable Logic Controller
 PLME – Physical Layer Managment Entity
 PPP – Point-to-Point Protocol
 PV - Protocol Version
 QoS - Quality of Service
 RA – Receiving station Address
 RADIUS – Remote Access Dial-In User Service
 RAM – Random Access Memory
 RCE - Relative Constellation Error
 RSSI - Received Signal Strength Indicator
 rtPS - Real-time Polling Service
 RTS – Request To Send
 SA - Source Address
 SC - Sequence Control
 SDM - Spatial Division Multiplexing
 SGSN - Serving GPRS Support Node
 SIFS - Short InterFrame Space
 SIM - Subscriber Identity Module
 SLA – Service Level Agreement
 SNR - Signal to Noise Ratio
 SSID - Service Set Identifier
 SSP - Security Services Provider
 TA – Transmitting station Address
 TIM - Traffic Indication Map
 Tiny TP - IrDA Transport Protocols
 TKIP - Temporal Key Integrity Protocol
 UDP - User Datagram Protocol
 UGS - Unsolicited Grant Service
 UMTS – Universal Mobile Telephone Standard
 USB – Universal Serial Bus
 USIM –SIM
 VoD – Video on demand
 VoIP – Voice over Internet Protocol
 VPN - Virtual Private Network
 WEP – Wired Equivalent Privacy
 Wi – Fi - Wireless Fidelity
 WLAN – Wireless Local Area Network
 WPA – Wi-Fi Protected Access
 WSN - Wireless Sensor Network
 ZED – ZigBee End Node
 ZR – ZigBee Router

11 Přílohy

Příloha 1: Mapa Petřkovic 1

Příloha 2: Mapa Petřkovic 2

Příloha 3: CD