TECHNOLÓGIE M2M KOMUNIKÁCIE

Juraj Vaculík¹, Tomáš Korchán²

Úvod.

Technológiou označujeme, ktoré umožňujú, aby zariadenia komunikovali s centrálnym serverom bez ľudského zásahu. Ide o veľmi rýchlo rastúci segment trhu, ktorý je založený na kombinácii niekoľkých technológií – zberu informácií, ich prenosu a spracovaní.

Pojem M2M (Machine-to-Machine) predstavuje súbor technológií, ktoré umožňujú jednak bezdrôtovým tak aj káblovým systémom komunikovať s inými zariadeniami, ktoré majú rovnaké schopnosti. M2M využíva prístroje a koncové prvky, napríklad (napríklad senzor alebo merače) pre zachytenie udalostí (ako je teplota, úroveň zásob a pod.), ktoré sú prenášané prostredníctvom bezdrôtovej, káblovej alebo hybridnej siete na aplikáciu, ktorá transformuje zachytené udalosti do zmysluplných informácií (napríklad položky, ktoré sa musia doplniť, informácia o zmene teploty a ďalšie). Táto oblasť sa nazýva **telemetria** čo si je možné predstaviť ako nízkoúrovňový jazyk, ktorý používajú prístroje v komunikácii s ostatnými prvkami. Takáto komunikácia sa pôvodne dosahovala tým, že vzdialené prístroje a senzory v sieti prenášali informácie späť do centrálného miesta pre analýzu a následne presmerované do hierarchicky vyššieho systému, ako je osobný počítač pre riadenie. V technológii M2M sa stretávajú tri odbory – výpočtová technika, elektronika a telekomunikácie a vytvárajú špecifický ekosystém, ktorý sa niekedy označuje aj termínom Pervasive Internet (všadeprítomný internet).

Bezdrôtové komunikačné technológie predstavujú jednu z rýchlo sa rozvíjajúcich oblastí telekomunikačných technológií. Vznik bezdrôtovej komunikácie spadá do obdobia na prelome 19. a 20. storočia, kedy taliansky fyzik G. M. Marconi uskutočňoval svoje pokusy s rádiovým prenosom. V roku 1896 si podal Marconi v Londýne patent na bezdrôtový telegraf. Ďalej sa bezdrôtová komunikácia používa hlavne k prenosu hlasu a obrazu, či už v analógovej alebo digitálnej podobe. Aplikáciou technológie, ktorá dovoľuje využiť UHF a mikrovlnné pásma, dochádza k rozvoju nízko rýchlostných a vysoko rýchlostných bezdrôtových komunikácií a bezdrôtových sietí. “Bezdrôtové technológie predstavujú systémy, zariadenia a prostriedky, ktoré eliminujú káblové vedenie a súčasne zachovávajú rovnaké služby.” Medzi základné technológie v tejto oblasti patria technológie Blue Tooth, Wi-Fi, RFID a ZigBee.

¹ doc. Ing. Juraj Vaculík, PhD., Žilinská univerzita, fakulta PEDAS, Katedra spojov,
mail: juvac@fpedas.uniza.sk

² Ing. Tomáš Korchán, Žilinská univerzita, Katedra spojov

Technológia ZigBee

Komunikačná technológia ZigBee predstavuje nízko rýchlostný komunikačný štandard bezdrôtovej komunikácie, zameraný predovšetkým na oblasť automatizácie a riadiacej techniky. Ide o bezdrôtovú komunikačnú technológiu schválenú ako medzinárodný štandard nadnárodnej organizácie ZigBee Alliance a štandardizačnej organizácie IEEE, označovaný tiež ako IEEE 802.15.4.

Štandard ZigBee v súčasnej dobe patrí medzi nové, špecifikácia bola vydaná v roku 2004, perspektívne komunikačné technológie, ktorá sa snaží vyplniť medzeru medzi rozšírenými technológiami Wi-Fi a Bluetooth. Je tu však medzera v podobe veľkej skupiny aplikácií, pre ktoré nie sú Bluetooth ani Wi-Fi, prípadne IrDA ideálnym riešením, aj keď sa dajú použiť. Čiže nemá pôsobiť ako priama konkurencia už zavedených komunikačných štandardov typu Bluetooth, ale naopak ako ich doplnok, ktorý má rozšíriť oblasť nasadenia.

ZigBee je jednoduchý bezdrôtový komunikačný štandard, kde na prenos dát sa používa nelicencované frekvenčné pásmo 2,4 GHz a umožňuje vzájomnú komunikáciu mnohých zariadení na vzdialenosti desiatok metrov. Vďaka nízkym nárokom na hardware a nízkej spotrebe vysielača a prijímača nachádza uplatnenie v oblasti riadenia budov, spotrebnej elektroniky a priemyslu, napr. v podobe batérievo napájaných bezdrôtových senzorov.

1. Špecifikácia rádiových častí štandardu

Štandard ZigBee je založený na využití fyzickej a linkovej vrstvy podľa medzinárodného štandardu IEEE 802.15.4. Bolo pre neho definovaných niekoľko rádiových pásiem, aby bol akceptovateľný v rôznych krajinách s odlišnými predpismi a kritériami. Základným problémom pri definícii rádiových pásiem sú predovšetkým rozdiely v organizácii rádiových pásiem v Amerike a na európskom kontinente. Aby sa štandard mohol uplatniť v oboch lokalitách, sú pre neho definované tri rádiové pásma (obr. 1):

- globálne použitie: pásmo ISM 2,4 GHz s 16 kanálmi, prenosová rýchlosť 250kbps;
- Amerika a Austrália: pásmo 915 MHz s 10 kanálmi, prenosová rýchlosť 40kbps;
- Európa: pásmo 868 MHz s jedným kanálom, prenosová rýchlosť 20kbps.

Varianta	2.4 GHz	868 MHz	915 MHz
Frekven. pásmo	ISM		ISM
Územie	Celosvetovo	Európa	Amerika
Prenos. rýchlosť	250 kbps	20 kbps	40 kbps
Počet kanálov	16	1	10

Obr. 1 - Rádiové pásma využívané ZigBee

Technológia je založená na implementácii prístupovej metódy CSMA/CA k fyzickému médiu, čo znamená, že vlastná rádiová časť štandardu IEEE 802.15.4 tejto metódy využíva na úrovni fyzickej a linkovej vrstvy komunikačného modelu. Vlastný štandard IEEE 802.15.4

definuje komplexný komunikačný protokol, ktorý je založený na prenose dátových rámcov. Používajú sa štyri typy komunikačných rámcov využívané buď pre prenos užitočných dátových informácií, alebo k režijným účelom súvisiacich so zostavením, správou a riadením siete:

- **Data Frame** – rámeček s dĺžkou užitočných dát 104 byte slúži pre prenos užitočnej informácie pre všetky dátové prenosy v kontexte štandardu;
- **Acknowledgemnt Frame** – rámeček slúži pre prenos potvrdzujúcej informácie; je využiteľný iba na úrovni MAC pre potvrdzujúcu komunikáciu a je vysielaný v tzv. „mŕtvom čase“ ihneď po prenose paketu;
- **MAC Command Frame** – rámeček slúži k centralizovanému konfigurovaniu, nastaveniu a riadeniu klientskych zariadení v sieti ZigBee;
- **Beacon Frame** – rámeček slúži k synchronizácii zariadení v sieti a je hlavne využívaný pri konfigurácii siete v móde *beacon enable*, v ktorom umožňuje uvádzať klientske zariadenia do spánkových režimov s extrémne zníženou spotrebou.

Na základe časovej synchronizácie medzi centrálnou stanicou a koncovou stanicou dochádza u „uspanej“ koncovej stanice k prebudeniu vo vymedzenom časovom intervale a potom sú prenesené užitočné informácie.

2. Topológia siete ZigBee

Štandard IEEE 802.15.4 využíva pre adresovanie jednotlivých zariadení binárne adresované kódy, ktoré môžu byť buď dlhé (64 bitov) alebo skrátené (16 bitov). Lokálna adresa skráteného adresovaného kódu umožňuje v jednej sieti adresovať max. 65 535 zariadení. Každá zostavená sieť je ďalej identifikovaná 16bitovým identifikátorom PAN ID, ktorý slúži pre rozlíšenie prekrývajúcich sa sietí v prípade, že v jednom priestore dochádza k vytvoreniu a zostaveniu viacerých sietí štandardu IEEE.802.15.4. Každú sieť s jedinečným PAN ID zakladá a spravuje koordinátor (centrálna stanica), pričom ostatné stanice pracujú v móde koncovej stanice. Každá koncová stanica môže byť konfigurovaná pre funkciu smerovača alebo koncového zariadenia. Podľa funkčnosti sa zariadenia delia na plne funkčné zariadenia (FFD), ktoré môžu vykonávať funkciu koordinátora alebo smerovača a na redukované zariadenia (RFD), ktoré môžu fungovať iba ako koncové zariadenia.

Štandard ZigBee založený na fyzickej a linkovej vrstve IEEE 802.15.4 definuje tri typy sieťovej topológie (obr. 2).

Obr. 2 -Topológia siete ZigBee: typ hviezda (a), sieť (b) a strom (c)

Základná je topológia typu hviezda (star topology), v ktorej je vždy definované jedno zariadenie, ktoré preberá funkciu koordinátora siete a ostatné zariadenia pôsobia vo funkcii koncových zariadení. V topológii typu strom (tree topology) slúži jedno zariadenie ako koordinátor a ostatné ako koncové zariadenia. Na rozdiel od topológie hviezda však nemusia všetky zariadenia komunikovať priamo s koordinátorom, ale môžu využiť iné koncové zariadenia v konfigurácii FFD vo funkcii smerovača ako prostredníka. Vďaka tomu umožňuje uvedená konfigurácia zväčšiť vzdialenosť medzi koncovým zariadením a koordinátorom. Topológia typu sieť (mesh topology) kombinuje vlastnosti oboch predchádzajúcich. Prináša najväčšiu funkčnosť, pretože umožňuje zostaviť sieť ľubovoľným spôsobom.

1.1.1 Synchronizácia zariadenia ZigBee

Synchronizácia jednotlivých zariadení v sieti ZigBee je realizovaná na základe tzv. rámca beacon. Synchronizačnou autoritou je tu vždy koordinátor siete, ktorý v daných okamžikoch vysiela synchronizačné sekvencie, resp. beacon. Sekvencie prijímajú ostatné zariadenia a synchronizujú sa podľa nich s vysielačou stranou, čiže s koordinátorom. Tento postup umožňuje koncové zariadenia na dlhú, vopred definovanú dobu "uspať" a značne znížiť tak ich spotrebu. Interval synchronizačných sekvencií môže byť v rozmedzí 15 ms až približne 15 minút. Pre prenos je možné využiť potom tzv. superrámce, začínajúce práve sekvenciou beacon, po nich nasleduje interval CFP, kedy zariadenie voľne súťaží o prístup k médiu.

Komunikačný štandard ZigBee je navrhnutý pre aplikácie, v ktorých zariadenia potrebujú vysielať a prijímať iba malé objemy dát a kde sa požaduje extrémne nízka spotreba. U koncových zariadení sa predpokladá napájanie z batérie, avšak koordinátor a smerovače by nemali byť napájané prostredníctvom batérií, pretože funkčnosť siete je na nich závislá.

Pri najjednoduchšej topológii – hviezda a využití technológie beacon sa koncové zariadenie aktivuje po prechode sekvencie beacon a vyšle svoje dáta. Koordinátor dáta prijme a uloží do pamäte. Pri prijatí ďalšej sekvencie beacon indikuje koordinátor cieľovému zariadeniu, že má pre neho dáta. Koordinátor pošle dáta vo chvíli, keď si ich koncové zariadenie vyžiada. Tento spôsob zaručuje najnižšiu spotrebu energie pre koncové zariadenia, ktoré sú väčšinou prepnuté do úsporného režimu. Najväčšie nároky sú kladené na koordinátora, ktorý musí byť schopný uložiť všetky dáta pre jednotlivé zariadenia.

Prenášané dáta medzi jednotlivými účastníkmi možno zabezpečiť proti odcudzeniu. Štandard definuje tri režimy a to nezabezpečený prístup, prístup na základe práv a zabezpečený prístup. Ak je použitý prístup na základe práv, potom sa odmietajú rámce od neznámych zariadení. V zabezpečenom režime môžu zariadenia siete využiť ďalšie služby, medzi ktoré patrí:

- prístup na základe práv
- šifrovanie dát pomocou AES 128 bit
- použitie MIC (*Message Integrity Code*)
- odmietnutie opakujúcich sa rámcov (*Sequential freshness*)

Výhodou AES (Advanced Integrity Code) je, že nehrozí útok hrubou silou (t.j. vyskúšanie všetkých možných kľúčov).

MIC je kryptografický kontrolný súčet, ktorý je vložený do vysiellaného rámca. Na prijímajúcej strane sa vykonáva rovnaká operácia a hodnotu súčtu porovná s prijatou. Pokiaľ sa správa počas prenosu zmenila, budú sa hodnoty líšiť a rámec je odmietnutý. Štruktúra protokolu ZigBee je zobrazená na obr. 3:

Obrázok 3 - Architektúra protokolovej štruktúry ZigBee

Je navrhnutá max. úsporne kvôli predpokladanej implementácii do málo výkonných jedno čipových 8bitových mikrokontrolórov s obmedzenými pamäťami. Štruktúra protokolu nepresiahne viac ako 30kB v systémovej pamäti a je vlastne mnohonásobne úspornejší ako štandard Bluetooth, ktorý vyžaduje viac ako 100kB operačnej pamäte.

Nad vrstvami štandardu IEEE 802.15.4 je vo vlastnom štandarde ZigBee definovaná sieťová vrstva (NWK) a štruktúra pre aplikačnú vrstvu (APL). Sieťová vrstva vykonáva pripájanie k sieti a odpájanie od nej, zabezpečenie a smerovanie paketov. Aplikačná vrstva protokolu ZigBee sa skladá z pomocnej aplikačnej podvrstvy (APS), objektov ZigBee (ZDO) a užívateľských aplikačných objektov. Objekt ZigBee definuje úlohu zariadenia v rámci siete ZigBee (koordinátor, smerovač alebo koncové zariadenie).

Profily ZigBee musia byť jednoznačne určené 16bitovým identifikátorom, ktorý vydáva na žiadosť spoločnosť ZigBee Alliance. V rámci profilu ZigBee si následne tvorca aplikácie definuje deskriptory zariadenia, identifikátory správ a poskytované služby.

Záver

Moderná komunikácia M2M rozšírila spojenie bod - bod (one-to-one) do systému sietí, ktoré prenášajú dáta na osobné zariadenia. Rozšírenie bezdrôtovej siete po celom svete dalo základy pre jednoduchšiu komunikáciu a zmenšila množstvo energie a času potrebného pre

komunikáciu medzi takýmito technickým systémami. Tieto siete umožňujú rad nových obchodných príležitostí a spojení medzi napríklad spotrebiteľmi a výrobcami

Literatúra

- [1] MATEIDES A.: Spokojnosť zákazníka a metódy jej merania, 2. diel – metódy, EPOS, Bratislava, 2000, 255 str., ISBN 80-8057-224-0
- [2] KORCHÁN T.: Aplikácia RFID v expresných službách. diplomová práca, Katedra spojov Fakulty prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline, 2009
- [3] Internetové zdroje, wikipedia

Grantová podpora

- 077-059ŽU-4/2010 - Implementácia nových technológií do vzdelávania (vytvorenie RFID laboratória ako podporného prvku pre vzdelávanie)
- 1/0149/10 Difúzne procesy nových mobilných služieb a ich hodnotový reťazec
- OPV-2009/1.2/01-SORO - Systematizácia pokrokových technológií a poznatkov medzi priemyselnou sférou a univerzitným prostredím
- 089-068ŽU-4/2010 Aplikácia RFID pri sledovaní pohybu diplomových a bakalárskych prác v rámci univerzitného campusu