

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

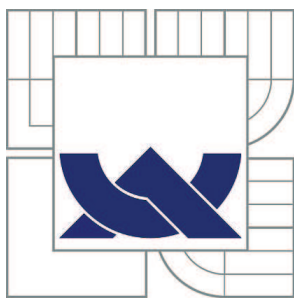
INTELIGENTNÍ SYSTÉMY HROMADNÉHO SBĚRU DAT V
ENERGETICKÝCH SÍTÍCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

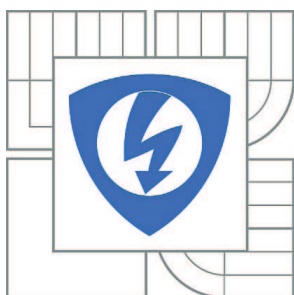
FRANTIŠEK KRETEK

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

INTELIGENTNÍ SYSTÉMY HROMADNÉHO SBĚRU DAT V ENERGETICKÝCH SÍTÍCH

INTELLIGENT SYSTEMS OF MASS DATA ACQUISITION IN POWER GRIDS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

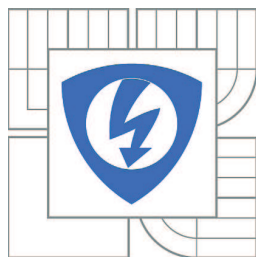
FRANTIŠEK KRETEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MIŠUREC, CSc.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: František Kretek

ID: 106563

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Inteligentní systémy hromadného sběru dat v energetických sítích

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Rozeberte problematiku sběru dat na rozsáhlém území v prostředí sítí IP. Zaměřte se na hierarchický systém sběru dat s koncovými zdroji dat, sběrnými uzly a centrálním uzlem. Navrhněte vhodné typy předzpracování dat sběrnými uzly vhodné pro sledování energetických sítí. Zaměřte se případně i na alternativní datové sítě a respektujte požadavky na zabezpečení přenosu požadovaného objemu dat, priority přenosu, obsluhu havarijních stavů na energetické síti. Proveďte vhodné simulace demonstrující funkčnost navrženého řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] H. SCHULZRINNE, S. CASNER, R. FREDERICK, V. JACOBSON RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, Internet Draft, IETF RFC3550, 2003.

[1] FRONČEK, D. Úvod do teorie grafů. Skriptum Slezská univerzita Opava, ISBN 80-7248-044-8, ČR, 1999

[2] WHITE, R., SLICE, D., RETANA, A. Optimal Routing Design. Cisco Press, ISBN 1-58705-187-7, USA, 2005.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 2.6.2011

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

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou hromadného sběru dat z energetických sítí. Je zde zahrnuto rozdělení energetických sítí. Principy a funkce přenosových technologií PLC, GSM a GPRS. Požadavky na bezpečnost přenášených dat.

Klíčová slova

sběr dat, energetické sítě, PLC modemy, GSM, GPRS, kódování dat, zabezpečení dat

Abstract

This bachelor's thesis deals with problems of multiple data collection over power lines. It is included separation of the power lines. Principles and functions of transport technology PLC, GSM and GPRS. Requirements on security of transported data.

Keywords

data collection, energy networks, PLC modems, GSM, GPRS, data encryption, data security

Bibliografická citace

KRETEK, F. Inteligentní systémy hromadného sběru dat v energetických sítích.

Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací 2011. 44 s.

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

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Inteligentní systémy hromadného sběru dat v energetických sítích jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce 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 této bakalářské práce 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 následujících 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 účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1 Úvod..... | 11 |
| 2 Rozbor problematiky elektrických měření v průmyslu..... | 12 |
| 2.1 Monitoring a analýza kvality elektrické energie | 12 |
| 2.2 Základy technické diagnostiky..... | 13 |
| 2.2.1 Objekt diagnostiky | 14 |
| 2.2.2 Porucha..... | 14 |
| 2.2.3 Diagnóza technického stavu..... | 15 |
| 2.4 Sběr a přenos dat | 15 |
| 2.4.1 Sběr dat..... | 15 |
| 2.4.2 Přenos dat | 16 |
| 2.4.3 Sériový přenos dat..... | 16 |
| 2.4.4 Paralelní přenos dat | 16 |
| 2.4.5 Jednosměrný a obousměrný přenos dat..... | 17 |
| 2.5 Návrh měřící metodiky..... | 17 |
| 2.6 Využití počítačů v řízení měřicího procesu..... | 17 |
| 3 Možnosti měřících jednotek a jejich programové vybavení | 18 |
| 3.1 Monitory distribučních a VN sítí | 18 |
| 3.1.1 Univerzální monitor MDS-U | 19 |
| 3.1.2. Monitor distribučních sítí MDS-3..... | 21 |
| 3.1.3 Monitor výkonů - QV..... | 22 |
| 3.1.4 Monitor kvality napětí - QN..... | 23 |
| 3.2 Datakoncentrátory | 24 |
| 3.2.1 Funkce data-koncentrátoru..... | 25 |
| 3.2.3 Datové přenosy..... | 25 |
| 3.2.4 Datová centrála..... | 25 |
| 4 Digitální komunikace | 26 |
| 4.1 Zdrojové kódování | 27 |
| 4.2 Kanálové kódování..... | 27 |
| 4.3 Modulace..... | 27 |
| 4.4 Komunikační kanál | 28 |
| 4.5 Kvalita přenosu dat..... | 28 |
| 4.6 Zabezpečení přenášených dat..... | 29 |
| 4.7 Princip kódování | 29 |
| 4.7.1 FEC (Forward Error Correction)..... | 30 |
| 4.7.2 Blokové kódování | 30 |
| 4.7.3 Red-Sallomonovy kódy..... | 31 |
| 5. Přenosové technologie..... | 31 |
| 5.1 GSM (Global System for Mobile communication)..... | 32 |

| | |
|---|----|
| 5.2 GPRS (General Packet Radio System)..... | 33 |
| 5.3 Internet | 35 |
| 5.4 PLC..... | 37 |
| 5.5 Wifi – bezdrátová síť..... | 38 |
| 5.7.Smart-metering..... | 39 |
| 6. OPNET Modeler | 40 |
| 6.1 Návrh sítě v OPNETu..... | 41 |
| 7. Závěr..... | 42 |
| Použité zdroje:..... | 43 |
| Seznam zkratk | 44 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 Základní měřící monitorů distribučních sítí..... | 19 |
| Tabulka 2 Přenosové rychlosti GPRS..... | 34 |
| Tabulka 3 Kmitočtová pásma PLC..... | 37 |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek č.1 Monitor výkonů a monitor kvality napětí..... | 24 |
| Obrázek č.2 Blokové schéma přenosu..... | 26 |
| Obrázek č.3 Schéma digitální komunikace..... | 26 |
| Obrázek č.4 Schéma blokového kódování..... | 30 |
| Obrázek č.5 Přenos TCP/IP..... | 36 |
| Obrázek 6 Sběr dat z energetické soustavy..... | 40 |
| Obrázek 7 Návrh zapojení v OPNETu..... | 41 |

1 Úvod

Elektrická energie se za posledních sto let stala jedním z nejdůležitějších faktorů, majících vliv na technický rozvoj a životní úroveň každého z nás. Stálá dodávka této energie a její vysoká kvalita za odpovídající cenu jsou základními požadavky, na něž je kladen velký důraz. Chceme-li tyto požadavky naplnit, je nutno neustále provádět v jednotlivých bodech elektrizační soustavy měření, pomocí kterých získáváme přehled o aktuálním stavu jednotlivých zařízení. Jde přitom o ekonomickou hospodárnost a maximální využití možností stávajících zařízení, sloužících pro přenos elektrické energie. Samotná měření bývají dlouhodobějšího rázu a výsledkem jsou kontinuální záznamy dat velkého objemu, které je nutno vhodným způsobem vyhodnotit. Pro tyto účely dnes existuje celá škála hardwarových a softwarových produktů, ovšem výběr nejvhodnější varianty hromadného zpracování dat může být velmi obtížný. Základními rysy při vyhodnocování velkého množství naměřených údajů by měla být časová nenáročnost, korektnost výsledků a možnost jejich dalšího využití při zvyšování spolehlivosti dodávky koncovým odběratelům elektrické energie.

2 Rozbor problematiky elektrických měření v průmyslu

Kvalitativní stránka elektřiny dnes hraje čím dál tím významnější roli. Souvisí to jednak s liberalizací trhu s elektrickou energií a jednak s možností vzniku velkých problémů či škod při nedodržení parametrů kvality elektřiny.

V ideálním případě by uživatel měl tento produkt dostávat v podobě, v jaké je pro něj v elektrárně vyroben, tj. jako třífázovou souměrnou napěťovou soustavu s konstantním kmitočtem a čistě sinusovým průběhem. Čím dál více faktorů v elektrizační soustavě však působí proti tomuto ideálu. Objevují se různé rušivé vlivy, které mohou mít za následek problémy v procesu přenosu a užití elektřiny – je to zejména důsledek většího počtu spotřebičů s nesinusovým průběhem odebíraného proudu a hrají zde roli i různé poruchové jevy.

2.1 Monitoring a analýza kvality elektrické energie

Uživatel elektřiny na jedné straně a distributor elektřiny na druhé straně smluvního vztahu často potřebují prostředky pro monitoring a analýzu těchto rušivých projevů. V zásadě se jedná o soustavu standardů definujících projevy rušení, metody jejich měření a přípustné limity rušivých jevů a dále přístroje umožňující korektní a opakovatelné měření vybraných elektrických veličin a umožňující analýzu měřených dat s cílem průkazně rozhodnout, zda naměřené hodnoty jsou nebo nejsou v dovolených mezích a dokumentovat tuto skutečnost protokolem z měření.

Souhrn těchto prostředků umožňuje monitorovat a analyzovat rušivé vlivy na rozhraní dodávky a spotřeby elektřiny. Zatímco soustava standardů je záležitostí v podstatě jednotnou, danou harmonizací našich norem a norem mezinárodních, nástroje pro měření a analýzu měřených dat jsou k dispozici v široké škále provedení.

Využití technologie virtuální instrumentace (měřicí systémy na bázi personálních počítačů) pro oblast monitoringu a analýzy kvality elektrické energie je dnes velmi žádané. Podoba personálního počítače se stále radikálně mění – při zmenšující se kubatuře narůstá výpočetní výkon, což je základem možné konvergence obou směrů ve vývoji měřicí techniky pro oblast kvality elektřiny (virtuální instrumentace versus jednoúčelová HW zapojení).

Zpc se díky klesající ceně stává konstrukční modul za přijatelnou cenu s ohromnými možnostmi využití.

Využitím počítačů v měření se dají vytvářet i nové struktury měřících přístrojů. Měřící přístroje využívající číslicovou techniku jsou kvalitativně na vyšší úrovni než přístroje bez této techniky a tvoří skupinu speciálních měřících přístrojů. Vhodné umístění mikroprocesorů umožňuje minimalizovat zátěž přenosových kanálů, což umožní zvýšit spolehlivost měřících systémů i hodnověrnost přenášených signálů. Možnost uskutečnění složitějšího zpracování signálů a dat dovoluje použít efektivnější metody kódování, odolného vůči poruchám a kompresi (předzpracování) naměřených dat. Obrovskou výhodou je rychlost zpracování měřených signálů, což umožňuje sledovat diagnostikované zařízení v reálném čase.

2.2 Základy technické diagnostiky

Diagnostiku definujeme jako obecnou nauku o zjišťování poruch, resp. celkového technického stavu zařízení. Technická diagnostika[1] je vědní obor, který sleduje formy projevu poruch v technických zařízeních, vypracovává metody jejich odhalování a také principy konstruování diagnostických zařízení. Pro praxi mají hlavní význam metody tzv. bezdemontážní diagnostiky.

Technická diagnostika zahrnuje a předpokládá řešení řady otázek:

- analýzu konkrétních objektů - je spojena s rozpracováním metod měření
- analýzu a sestavení odpovídajících matematických modelů
- výzkum a sestavení konkrétních diagnostických zařízení, který má tyto cíle:
 - popis existujících diagnostických zařízení
 - seznámení s principy jejich projektování
 - zhodnocení diagnostických zařízení z hlediska rychlosti
 - zhodnocení účelnosti a ekonomické efektivity

Úkolem diagnostiky při výrobě je především ověřovat kvalitu. Účelem diagnostiky v provozu je dosáhnout požadovaného stupně dostupnosti výrobku za minimálně možné náklady s ohledem na dané provozní podmínky.

2.2.1 Objekt diagnostiky

Objekt, u něhož provádíme nebo hodláme provádět prověrku jeho technického stavu (např. výrobní celek, strojní prvek). Diagnostikovaný objekt představuje spojení funkčních prvků, tvoří tedy systém s vnitřní strukturou.

Dělí se na:

- *objekty s nepřístupnou vnitřní strukturou* - u nich sledujeme pouze správnost přiřazení vstup - výstup, ale nesledujeme vnitřní parametry.
- *objekty s přístupnou vnitřní strukturou* - jsou to objekty, které vyšetřujeme jakožto soustavu rozložitelnou na konečný počet prvků, u níž sledujeme vedle vstupních a výstupních signálů též vnitřní signály, tj. vstupní a výstupní signály jednotlivých prvků.

2.2.2 Porucha

Jev spočívající v ukončení schopnosti objektu plnit dokonale požadované funkce podle technických podmínek neboli jev spočívající v přechodu z provozuschopného do neprovozuschopného stavu.

Z hlediska technické diagnostiky je významné toto členění:

- *poruchy náhlé* - vznikají v důsledku náhlé změny parametrů objektu, nemohou být předvídaný.
- *poruchy postupné* - vznikají v důsledku postupné změny parametrů, mohou být předvídaný.
- *poruchy havarijní* - důsledkem postupné změny parametrů objektu je náhlá ztráta provozuschopnosti.
- *poruchy degradační* - důsledkem postupné změny parametrů objektu je postupné zhoršování jeho užitných vlastností, např. kvality nebo efektivnosti produkce.

Dále se poruchy dělí podle rozsahu, příčin a časového průběhu na poruchy částečné a úplné a poruchy z vnějších příčin a vnitřních příčin.

2.2.3 Diagnóza technického stavu

Stav objektu lze určit pomocí pozorování různých příznaků stavu objektu. Za příznaky můžeme považovat fyzikální veličiny, funkce těchto veličin měřené na objektu ve statickém nebo dynamickém režimu jeho práce (U , I , P), nebo fyzikální veličiny, které nenáleží k objektu.

Praktická realizace diagnostických prověrek vyžaduje příslušné diagnostické prostředky, tj. na jedné straně technické vybavení - měřicí a diagnostická zařízení, na straně druhé vybavení programové - měřicí návody, předpisy testů atp.

Z praktického hlediska rozeznáváme diagnostiku:

- *provozní* - která zajišťuje hodnocení okamžitého stavu objektu
- *opravářskou* - sloužící ke specifikaci poruchy (tj. místa a druhu poruchy)
- *servisní* - určující podmínky nutné údržby

2.4 Sběr a přenos dat

2.4.1 Sběr dat

Sběr informací je proces uvědomělého výběru a analýzy údajů o příslušném objektu nebo procesu. Komplexní sběr informací je proces hledání příslušných stavů objektů, jejich analýza, hodnocení souvislostí, předpověď chování objektu, rozpoznání obrazů a situací.

Získávání informací o objektu anebo procesu má přitom dva aspekty. První je nalezení parametrů, které obsahují informaci, přičemž se zkoumají vlastnosti zdroje informací a vazba informačních parametrů se stavy zdroje. Druhá část získání informace je zjištění současného, minulého a budoucího stavu zdroje informací.

V měřicích systémech má hlavní význam získávání informací ze zdroje informací pomocí vhodných převodníků a snímačů. Požadavky, určující kvalitu získané informace jsou např. do-statečně malá chyba, vysoká spolehlivost měřicího zařízení, vytvoření informačního obrazu zdroje v reálném čase, atd. Zpravidla se prvotní informace získává souborem citlivých snímačů.

2.4.2 Přenos dat

Pod pojmem přenos dat si můžeme [2] představit předávání informací mezi dvěma systémy. Neuvažujme přenos dat na krátké vzdálenosti, jako je např. přenos dat mezi mikroprocesorem a pamětí, ale zajímejme se o přenos dat na vzdálenosti střední (do desítek metrů), tzn. mezi počítačem a vzdáleným periferním zařízením a dále pak přenos dat na velké vzdálenosti. Uvnitř počítače se informace obvykle zpracovávají po bytech (8 binárních číslic), resp. po jejich násobcích. Při přenosu dat se pak informace nejčastěji přenášejí buď po jednotlivých bitech (tzv. sériový přenos dat) nebo po bytech (tzv. paralelní přenos dat).

2.4.3 Sériový přenos dat

Sériový přenos dat přenáší jednotlivé bity informace za sebou pomocí jednoho signálového kanálu. Tato metoda přenosu dat minimalizuje náklady na přenosové vedení (je jednoduchý, jde po dvojlince). Naopak vzrůstají náklady na vysílač a přijímač dat díky tomu, že paralelní informace je nutno převést do sériového tvaru a naopak. Ve srovnání s paralelním přenosem dat lze touto metodou dosáhnout podstatně nižšího přenosového výkonu. Je vhodná pro přenos dat na velké vzdálenosti (asi 40 ÷ 50 metrů), kde je podstatné snížení nákladů na přenosové linky.

2.4.4 Paralelní přenos dat

Paralelní přenos dat umožňuje dosáhnout podstatně vyššího přenosového výkonu než přenos sériový. Pro přenos dat na větší vzdálenosti se ale výrazně zvyšuje cena přenosového systému, neboť mezi vysílačem a přijímačem musí existovat přenosová linka obsahující několik signálových kanálů. Tento přenos se proto uskutečňuje na vzdálenosti asi do 5 metrů. Minimální konfigurace pro paralelní přenos je 11 vodičů, tvořených 8 adresovými vodiči (přenos informace po bytech, $A_0 \div A_7$) a 3 vodiči zajišťujícími komunikační protokol (tzv. handshake).

2.4.5 Jednosměrný a obousměrný přenos dat

Při použití jednosměrných přenosových linek se však velmi často používají jejich dvojice. Jedna linka zabezpečuje přenos dat jedním směrem, druhá pak směrem opačným. Při obousměrném přenosu dat je jedna přenosová linka využívána pro přenos dat oběma směry.

2.5 Návrh měřicí metodiky

Návrh měřicí metodiky je základním přístupem při rozhodování o volbě prostředků nutných pro provedení požadovaného měření.

Zahrnuje v sobě následující základní požadavky na:

- rozbor problematiky pro kterou je měřicí metodika navrhována
- požadavky kladené na výběr měřených veličin, jejich úrovně, způsob a přesnost jejich vyhodnocení.
- podmínky získávání měřených veličin a nároky kladené na jejich zpracování.
- způsob přenosu, zpracování a vyhodnocení naměřených dat.
- zhodnocení a prezentace provedených měření.

2.6 Využití počítačů v řízení měřicího procesu

Organizace činnosti při měření a vlastní jednoduché měření může vykonávat člověk s použitím měřicích přístrojů s jednoduchou manipulací a výpočet naměřených hodnot. Je to tehdy, když je měření časově nenáročné a nevyžaduje se řízení rychlých a často se opakujících měření.

Realizace složitých měření, při kterých dochází k součinnosti více přístrojů a zařízení, tzn. procesy, u kterých dbáme na kvalitu měřicího procesu i jeho řízení, se uskutečňují pomocí výpočetní techniky. Souhrn všech měřicích a řídicích prostředků tvoří automatizovaný anebo automatický měřicí systém.

Takový systém potřebujeme tam, kde se:

- realizuje měření ve složitém komplexu sběru, přenosu a zpracování informací
- sleduje rychlý děj, během kterého je třeba dělat různé zásahy
- řídí měření v dialogovém režimu
- opakuje vícekrát stejné měření
- provádí měření ve zdraví škodlivém prostředí
- provádí měření na vzdálených anebo pohybujících se objektech
- vyžaduje úspora obsluhy
- vyžaduje zvýšení přesnosti měření

Při složitých měření se výpočetní technika, konkrétně mikropočítač, zabuduje přímo do měřicího přístroje. Mikroprocesor řídí činnost vstupně – výstupních obvodů, přenosy adres, údajů a řídicích signálů z a do paměti.

Součinnost a koordinace činnosti více měřicích přístrojů a zařízení může na vysoké úrovni zabezpečit centrální procesor řídicího počítače. Ten vytváří automatizovaný měřicí systém, kterým se dá realizovat komplexní měření, přenos a zpracování údajů z relativně komplikovaného objektu měření. Použití řídicího počítače má tu výhodu, že výměnou software (programu) se dá získat zařízení pro jiný typ měření, tzn. takový automatický měřicí systém, který je univerzální.

3 Možnosti měřicích jednotek a jejich programové vybavení

3.1 Monitory distribučních a VN sítí

Monitory distribučních [3] sítí MDS1 až MDS5 umožňují bezobslužné dlouhodobé měření napětí, proudů a účinníků v provozních podmínkách charakterizovaných širokým rozsahem napájecích napětí a pracovních teplot. Monitory MDS se liší počtem měřicích vstupů v rozmezí od 3 napětí a 3 proudů do 24 napětí a 24 proudů, možností měření a případné vyhodnocení signálů HDO a měření teplot. Ve vyhodnocovacím programovém

vybavení se dopočítávají další údaje např. výkony a elektrické práce jalové a činné, distribuční funkce a histogramy, amplituda a fáze proudu v nulovém vodiči aj.

Tyto monitory přispěly k poznání míry změn v tocích elektrické energie vyvolaných restrukturalizací průmyslu a i dnes jsou využívány pro predikci spotřeby a optimalizaci investic do sítí a transformátorových stanic.

| <i>Typ monitoru</i> | <i>Měřené veličiny</i> |
|----------------------------|--|
| <i>MDS 5, sledovač HDO</i> | <i>3 x U, 3 x I, 3 x cos φ, 3 x UHDO, 1 x T, snímání telegramu HDO</i> |
| <i>MDS-U</i> | <i>3 x U, 3 x I, 3 x cos φ, 3 x UHDO, 1 x T, snímání telegramu HDO v sítích nn, vn a vvn</i> |
| <i>MDS 1</i> | <i>3 x U s fázovými posuvy, 12 x I, 12 x cos φ, 2 x T</i> |
| <i>MDS 2</i> | <i>6 x U s fázovými posuvy, 24 x I, 24 x cos φ, 4 x T</i> |
| <i>MDS 3</i> | <i>3 x U, 3 x I, 3 x cos φ, 3 x UHDO, 1 x T</i> |
| <i>MVNS</i> | <i>6 x U, 24 x I + cos φ, 4 x teplota a telegramy HDO</i> |

Tabulka 1 Základní měřicí schopnosti jednotlivých druhů monitorů distribučních sítí

Pozn.: Funkce jednotlivých monitorů MDS jsou podobné, proto jsou v další části popsány funkce jen některých typů těchto měřících přístrojů.

Pro komplexní měření kvality napětí dle normy ČSN EN 50 160 byly v poslední době vyvinuty monitory kvality napětí QN a monitory výkonů QV, které taktéž slouží k měření kvality elektrické energie.

3.1.1 Univerzální monitor MDS-U

Monitor MDS-U je automaticky pracující měřicí přístroj určený pro nepřetržité měření veličin a sledování vysílání HDO. Měří, předzpracovává a zaznamenává hodnoty napětí, proudů a účinnů v sítích nn, vn i vvn. Dále umožňuje měření signálů obsažených v síťovém napětí, jejichž frekvence spadá do frekvenčního rozsahu HDO, příjem telegramů HDO a

měření maximální a minimální velikosti impulsů telegramů HDO ve všech třech fázích. MDS-U neobsahuje žádné ovládací prvky, ani pohyblivé mechanické části. Změřené hodnoty jsou zaznamenávány v kruhově organizované, nedestruktivní FEPRAM paměti s kapacitou 512 kB.

Trvale připojeným PC k MDS-U lze průběžně, aniž by bylo ovlivněno měření, sledovat posloupnost vysílaných telegramů HDO a vybraných dalších veličin.

Uživatelskými programovými prostředky lze na PC v prostředí Windows zobrazit jak časové průběhy změřených i vypočítaných veličin, tak i jejich statistiky.

Technické údaje:

- měřené veličiny: 3 střídavá napětí

3 střídavé proudy

3 účinníky (fázové posuvy mezi napětími a proudy)

1 teplota

výpadky napájení

3 složky napětí o frekvenci HDO *)

1 složka napětí o frekvenci HDO **)

maximální a minimální velikosti telegramů HDO až ve 3 fázích**)

příjem telegramu HDO **)

Pozn.: MDS-U měří buď *) nebo **)

- počítané veličiny: činné výkony, výkony jalové induktivní i kapacitní činné energie, jalové induktivní a jalové kapacitní energie (1/2 hod, 1 hod) výpočet amplitudy a fáze proudu nulovým vodičem

Monitor MDS-U využívá pro měření efektivních hodnot střídavých napětí i proudů metodu vzorkování. Ze 128 vzorků sejmutých 10ti bitovým A/D převodníkem za dobu 20 ms mikroprocesor vypočte efektivní hodnotu, která reprezentuje velikost měřené veličiny v dané sekundě.

Přenos dat z monitoru MDS-U do PC se děje sériovou komunikací - RS 232C (V.24/V.28) rychlostí 9,6 kB nebo 5,76 kB. Při přenosu dat může monitor nadále průběžně měřit.

3.1.2. Monitor distribučních sítí MDS-3

Monitor MDS-3 je určen pro použití v energetických provozech při velkých teplotních rozdílech. Rovněž měří, předzpracovává a zaznamenává pravé efektivní hodnoty proudů, napětí a hodnoty účinníku. Umožňuje měření hodnot napětí i při přídavné zátěži a měří hodnoty signálů HDO. Střídavé veličiny vzorkuje A/D převodník a mikroprocesor ze změřených vzorků vypočte efektivní hodnoty.

Změřené hodnoty předzpracovává a zaznamenává do nedestruktivní FEPRAM paměti podle předem zvoleného pracovního režimu.

Technické údaje:

- měřené veličiny: 3 střídavá napětí
 - 3 střídavé proudy
 - 3 účinníky
 - 1 teplota
 - 3 složky napětí o frekvenci signálu HDO
- počítané veličiny: časový průběh činného a jalového výkonu, činnou a jalovou energii
 - denní diagram zatížení
 - úbytky napětí, časové průběhy poklesů napětí při zatížení
 - histogramy a distribuční funkce změřených veličin
 - odpory fázových vodičů a odpor nulového vodiče

MDS-3 rovněž nemá ovládací prvky, ale lze jej programovat prostřednictvím osobního počítače programem MDS3OVL. Programování monitoru i snímání zaznamenaných dat se děje přes sériové rozhraní - RS 232C.

3.1.3 Monitor výkonů - QV

Je určen pro analýzu dodávaného i odebíraného výkonu sítí nn i vn. Umožňuje dlouhodobá měření bez přítomnosti obsluhy, ale i přímá měření, kdy jsou měřená data zobrazována na PC. Osobním počítačem jsou rovněž nastavovány měřicí režimy a jejich parametry, to se může uskutečnit buď předem nebo až na místě měření na základě aktuálně zjištěných skutečností.

Stejně jako řada předchozích monitorů neobsahuje žádné ovládací prvky, ani pohyblivé mechanické části. Může pracovat v rozmezí teplot -20 až +70 °C.

Základní použití je analýza zdrojů, které vyvolávají zhoršení parametrů kvality dodávané elektrické energie v distribuční síti. Jedná se o zdroje zkreslení (vyšších harmonických), zdroje flicker efektu, nesymetrie. Díky současnému měření napětí a proudů ve třech fázích lze z analýz výkonů zjistit, zda je odběratel zdrojem či spotřebičem výkonů vyšších harmonických složek, s jakým účinníkem a to i v delším časovém intervalu. Dále lze zjišťovat činné, zdánlivé a jalové výkony v třífázové síti. Samozřejmě lze zjišťovat i velikosti napětí a proudů a to jak jejich efektivních hodnot, tak i časových průběhů okamžitých hodnot. Monitorem QV lze optimalizovat distribuční síť.

Monitor QV obsahuje 6 externích měřicích vstupů, které slouží pro připojení:

- tři napětí, navzájem galvanicky oddělených pro rozličná měřicí zapojení.
- tři proudů pomocí měřicích transformátorů

Vstupní signály jsou upraveny filtry a digitalizovány čtrnáctibitovým A/D převodníkem.

Zpracování naměřených hodnot i ovládání celého monitoru zajišťuje digitální signálový procesor Texas Instruments TMS320C50-80 s operační pamětí 64 kB. Naměřené hodnoty

jsou ukládány do paměti FEPR0M 512 kB. Doba záznamu není pevná, ale silně závisí na nastavených režimech.

Komunikace s nadřazeným systémem (PC-Notebook) je řešena pomocí galvanicky odděleného sériového kanálu RS232C, případně opticky dle standardu IrDA.

3.1.4 Monitor kvality napětí - QN

Monitor kvality napětí QN měří a statisticky vyhodnocuje parametry kvality střídavých napětí sítí nn, vn a vvn. Monitor QN je programovatelný měřicí přístroj, jehož princip činnosti a metody vyhodnocení vychází z normy EN 50 160. Základní doba měření a vyhodnocení se předpokládá 1 týden, lze ji však podle potřeb změnit. Monitorem QN lze měřit parametry kvality napětí, případně měřit pouze hodnoty napětí. Monitor QN je konstruován pro měření v provozních podmínkách energetiky při vysokém rozsahu pracovních teplot.

Komunikace s nadřazeným systémem (PC-Notebook) je řešena pomocí galvanicky odděleného sériového kanálu RS232C.

Programy pro ovládání monitoru QN i vyhodnocení jím změřených dat jsou zhotoveny v prostředí Windows.

Technické údaje:

- měřené veličiny: 3 střídavá napětí; $U_{jm} = 57,7 \text{ V}, 100\text{V}, 230\text{V}$ (rozsah 0 až 1,2 U_{jm})

pravá efektivní hodnota za 20 ms

- počítané hodnoty: 1 frekvence napětí

1 nesymetrie trojfázového napětí

3 hodnoty tvarového zkreslení (1. až 40. harmonická)

3x25 hodnot 1. až 25. harmonické napětí

3x5 hodnot napětí signálů HDO (217, 283, 425, 760, 1060 Hz)

3 hodnoty napětí volitelné meziharmonické složky

3 hodnoty P_{st} a 3 hodnoty P_{lt} flikru

počet poklesů ef. hodnot napětí pod 2 volitelné meze (90 % a 1 %)

počet zvýšení ef. hodnot napětí nad 2 volitelné meze (110 % a 120 %).



Monitor výkonů - QV



Monitor kvality napětí - QN

Obrázek č.1 Monitor výkonů a monitor kvality napětí

3.2 Datakoncentrátoři

Datakoncentrátor tvoří mezistupeň komunikace mezi centrálním systémem a jednotlivými odběrnými místy. Ukládají se zde dočasně data z komunikačních jednotek (v rámci elektroměrů a dalších měřičů) v okruhu jednoho distribučního transformátoru. Celé zařízení se umísťuje do přímé blízkosti distribučního transformátoru na straně NN rozvodu. Data koncentrátor využívá otevřené komunikační protokoly jako je Ethernet (TCP/IP) který je chráněn AES pro přenos směrem elektroměrům nebo SSH v případě komunikace s datovou ústřednou. Data jsou binárně kódována a jsou kontrolována (spolehlivost přenosu) pomocí CRC.

3.2.1 Funkce data-koncentrátoru

Koncentrátor dovoluje vyčítat data z podřízených jednotek periodicky (jak je plánováno). Tato data mohou být přímo přeposílána do centrály nebo zaznamenána do paměti a předložena datové centrále komprimovaně podle požadavků např. v zip formátu. Důležitou funkcionalitou je také monitorování chodu datakoncentrátoru a monitorování průběhu komunikace. Z těchto činností vznikají logovací soubory, které je možné přenést do centrály a vyhodnotit např. rychlost komunikace, doby odezvy apod.

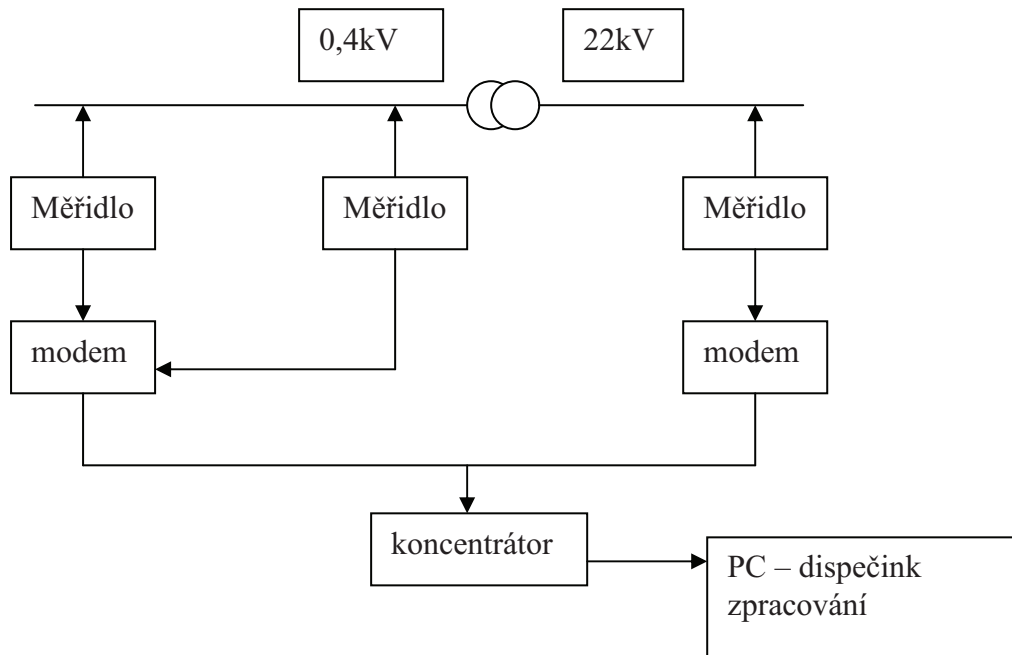
Koncentrátor dat posílá informaci do databázového serveru, ze kterého můžeme dále posprocesingově informace zpracovávat. Měřicí společnost může sledovat jak hodnoty off-line z databázového serveru, tak hodnoty on-line přímo z koncentrátoru dat. Informace on-line získává měřicí společnost pomocí některého standardizovaného formátu a pomocí komunikačních vrstev, na kterých je systém provozován. Tomuto měření se říká „smart metring“.

3.2.3 Datové přenosy

Celek datové přenosy zajišťuje komunikaci mezi koncentrátory (měřidly) a datovou centrálou. Jedná se o datové přenosy jak naměřených dat, tak o povely řídicí koncentrátory a měřidla (dálkové připojení/odpojení, mimořádné odečty, informace o stavu měřidla/koncentrátoru). Zde se pro přenos nejčastěji využívá technologie GPRS (General Packet Radio Service – mobilní datové spojení).

3.2.4 Datová centrála

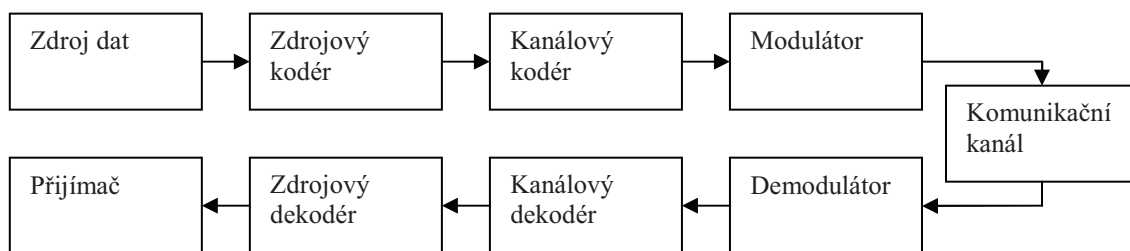
Tento celek je tvořen informačním systémem, který řídí odečty, validaci (validace představuje kontrolu a „odsouhlasení“ odečtených dat – např. porovnáním předchozího a nového odečtu) a agregaci (úpravu změřených „surových“ dat ve smyslu změny formátů, sumy za období – např. měsíc) přijatých dat. Celek dále monitoruje, udržuje a řídí síť měřidel a koncentrátorů a předává data dalším IT systémům.



Obrázek č.2 Blokové schéma přenosu

4 Digitální komunikace

Digitální komunikace nám slouží k přenosu informace přes komunikační kanál. V případě, že vysílač vyšle informaci tato informace je přenesena přes komunikační kanál očekáváme na přijímači opět tuto informaci v nezměněném tvaru. Na tento komunikační kanál působí řada vlivů, která způsobují různá rušení, která by ve výsledku mohla znehodnotit přenášená data. Výsledkem přenosového systému by tedy mělo být přenesení příslušných dat pomocí provedení určitých operací nad přenášenými informacemi. V případě, že máme data v analogové podobě je zapotřebí tyto data pomocí vhodného AD převodníku převést na digitální informaci. Schéma zjednodušené digitální komunikace je na obr. 4



Obrázek č.3 Schéma digitální komunikace

4.1 Zdrojové kódování

Úkolem zdrojového kodéru je spojitý (analogový) signál převést na nespojitý (digitální) signál a co je nejdůležitější je, že na číslicové straně dochází k odstranění zbytečné informace tzv. redundanci, z důvodu snížení datového toku nesoucí potřebnou informaci. Jedná se o bezdrátovou kompresi. Ve zdrojovém dekodéru je původní informace následně obnovena.

4.2 Kanálové kódování

- cílem kanálového kódování je zabezpečit signál proti chybám vznikajících při přenosu v komunikačním kanálu. Chyby mohou být způsobeny šumem, různým druhem rušení, únikem signálu, odrazy atd... Podstatou zabezpečení signálu je mírné, úmyslné a kontrolované zvýšení jeho redundance (např. přidáním kontrolních bitů). To se projeví malým zvýšením přenosové rychlosti signálu a tím i nutné šířky přenosového pásma kanálu, při výrazném snížení chybovosti signálu BER (Bit Error Rate). Pro tento účel se používají kódy, které dokáží jak chybu nalézt tak i následně opravit. Jedná se o zabezpečení FEC (Forward error correction).

4.3 Modulace

- modulace je proces, pomocí něhož se vysokofrekvenční nosná vlna ovlivňuje pomocí nízkofrekvenčního informačního signálu. Jestliže je informace spojitá (analogová), označujeme modulaci za analogovou. Pokud má informace digitální podobu bude i modulace digitální. Digitální modulaci označujeme též jako klíčování. Rozlišujeme tři druhy digitální modulace:
 - ASK – Amplitude Shift Keying
 - FSK – Frequency Shift Keying
 - PSK – Phase Shift Keying

Rozlišujeme dva druhy digitálních modulací a to dvoustavovou modulaci a více stavovou modulaci. U dvoustavové modulace může nabývat nosná pouze hodnot 1 a 0, kdežto u více stavové modulace nabývá hodnot více. Např. u čtyř stavové modulace nabývá nosná hodnot (00, 10, 01, 11). Tyto modulace ale snižují s porovnáním s dvoustavovou modulací přenosovou rychlost a mají vyšší nároky na přenos.

4.4 Komunikační kanál

Při přenosu informací je jedním z rozhodujících faktorů přenosová rychlost kanálu. Dosažitelná přenosová rychlost je dána souhrnem fyzikálních vlastností přenosového média (vodičů, kabelů apod.) a vlastnostmi dalších technických prostředků jako jsou např. modemy. Každý přenosový kanál je schopen přenášet jen signály o frekvenci z určitého omezeného intervalu. Šířka intervalu frekvencí, které přenosový kanál je schopen přenést se nazývá šířka pásma nebo-li – bandwidth. Obecně platí, že čím větší je šířka pásma přenosového kanálu, tím větší je přenosová rychlost, kterou na něm můžeme dosáhnout.

4.5 Kvalita přenosu dat

Mezi základní požadavky na přenos dat je přenosová rychlost, délka zpoždění a ztrátovost. U systému určených k regulaci a řízení jsou na tyto požadavky kladeny vysoké nároky z důvodu nutnosti rychlé odezvy. Na této úrovni můžeme hovořit o real-time systému – komunikace v reálném čase. V případě nedokonalosti tohoto systému můžou vzniknout velké škody.

Vysoké nároky jsou kladeny taktéž na délku zpoždění a ztrátovost. Ztrátovost bývá způsobena rušením a nepříznivými vlivy působící na přenosovou cestu. Jako příklad můžu např. uvést vícekanálovou fázovou modulaci PSK, která využívá k přenosu signálu změnu fáze nosného signálu. V zarušeném prostředí může tedy dojít k nežádoucímu posunu fáze a tím i ke změně nesené informace. Fáze nosného signálu bude posunuta o jiný úhel, než je definováno a tím vyhodnotí přijímač zprávu jinak, než byla odeslána. Tudiž přenesená data budou chybná. Tomuto jevu můžeme zabránit vhodným kódováním odesílané zprávy. Pokud

kódy chybu objeví a následně opraví nenastává problém. V případě, ale že chyba je většího charakteru, kterou opravné kódy nedokáží opravit, musí být tato chyba alespoň detekována a přenos dat opětován aby nedošlo k doručení chybných dat.

Tento problém se vyskytuje i v paketových sítích, kde zavádíme pojem ztrátovost paketů. Tento problém bývá způsoben například zahlcením sítě, poškozením vedením atp. Zde tedy musí být zavedena kontrola přenesených paketů, aby byla nesená data opět doručena nepoškozena.

4.6 Zabezpečení přenášených dat

Na zabezpečení přenášených dat je kladena vysoká priorita. Ať už hovoříme o zabezpečení kvality přenosu tedy eliminace chyb přenesené informace, tak o zabezpečení dat kvůli neoprávněnému zneužití a manipulace s nimi. Zabezpečení dat proti chybám se provádí tzv. kanálovým kódováním. Zabezpečení proti zneužití je realizováno šifrováním dat.

4.7 Princip kódování

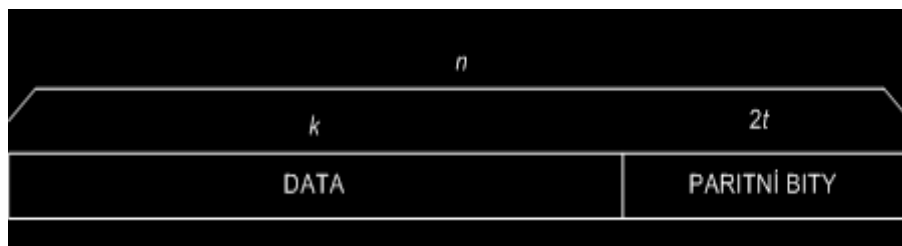
Principem zabezpečovacích kódů je to, že vysílací kodér, podle předem stanovených pravidel vloží do zprávy k odesílané informaci kontrolní bity. Dekodér na straně přijímače ověří zda-li se kontrolní bity shodují s danými pravidly. Pokud ano, tak kodér tyto kontrolní bity odstraní a odešle je nadřazené vrstvě k dalšímu zpracování. V případě ale, že se kontrolní bity neshodují následují dvě možnosti řešení v závislosti na použitém protokolu. Rozlišujeme dva druhy těchto kódovacích protokolů. V prvním případě hovoříme o protokolu ARQ (Automatic Repeat Request) jedná se o protokol s detekčním kódem. Tento protokol funguje tak, že chybu dokáže pouze detekovat a v případě detekce si vyžádá od vysílače opakování odeslané zprávy. Tato zpráva se bude odesílat tolikrát dokud nebude zpráva odeslána bez detekce chyby a nebo dokud nevyprší maximální počet opakování. V druhém případě se jedná o protokol FEC (Forward Error Correction) tento protokol nejen že dokáže chybu detekovat ale pomocí korekčního kódu dokáže i detekovanou chybu opravit. Proto se tento protokol využívá u přenosu dat po silových vedeních z důvodu vysoké pravděpodobnosti výskytu chyb.

4.7.1 FEC (Forward Error Correction)

FEC je široce používaná metoda pro zkvalitnění spojení v digitálních komunikacích. Hlavní výhodou tohoto protokolu je, že korekce chyb vzniklých při přenosu informací probíhá v přijímači bez nutnosti opětovného přenosu. Mezi hlavní funkce FEC [7] je přidání nadbytečné (redundantní) informace, která umožní přijímači opravit chyby vzniklé při přenosu vlivem nějakého zkreslení, šumu atp. Dle teorie přenosu informace má každý přenosový kanál určitou přenosovou kapacitu kanálu, která závisí na odstupě signál šum a šířce pásma. Kapacita tohoto kanálu ale bývá zpravidla mnohem nižší než jsou tyto teoretické hodnoty. Proto využíváme kódy které nám pomáhají využít co nejefektivněji šířku tohoto pásma. Tyto korekční kódy můžeme rozdělit na dvě skupiny a to na blokové a konvoluční kódy.

4.7.2 Blokové kódování

Základním parametrem blokových kódů je, že odesílaná zpráva je napřed rozdělena na bloky o konstantní délce k – jedná se o zdrojová slova. Tyto bloky jsou poté transformovány na zabezpečené bloky, každý o délce n bitů a musí platit podmínka že $n > k$. Tento kód pak označujeme symbolicky jako (n,k) .



Obrázek č.4 Schéma blokového kódování

Blokové kódy rozdělujeme do dvou kategorií:

- Binární – cyklický, haminggův, BCH
- Nebinární – Red-Sallomonovy kódy

V telekomunikační technice se nejvíce využívá -Sallomonovy kódy, které jsou odvozeny z BCH kódu. Využívají se proto, že mají vysokou schopnost opravovat shluky chyb.

4.7.3 Red-Sallomonovy kódy

Tyto kódy řadíme do kategorie korekčních blokových kódů. RS kódy jsou symbolově orientované, což znamená že pracují s celými symboly a ne s jednotlivými bity. RS dekodér je schopen opravit maximálně t chybných symbolů, ale zároveň platí, že $2t = n - k$. RS kód tedy funguje tak, že na vysílací straně přidá k blokům dat nadbytečné (redundantní) bity a právě pomocí těchto bitů je dekodér schopen opravit chyby vzniklé při přenosu dat. Počet opravitelných dat závisí na daných parametrech RS.

V praxi se RS kódy hodně využívají. Můžeme je například nalézt v přenosových protokolech DVB-T, ve vysokorychlostních modemech ADSL, v přenosových médiích CD a DVD a dále například v satelitních přenosech.

Parametry RS kódu zadáváme pomocí čísel (n,k) , které určují následně vlastnosti kódu. Parametrem k určujeme kolik symbolů vstupuje do kodéru a parametrem n určuje počet symbolů vystupujících z kodéru. Každý symbol se skládá z m bitů. Počet symbolů které používáme pro zabezpečení je dán hodnotou $2t$. Proměnná t nám určuje kolik jsme schopni opravit symbolů. Z tohoto může poté odvodit parametry RS kódu.

5. Přenosové technologie

Na výběr vhodnosti použití komunikačního kanálu je kladen vysoký důraz. Jelikož musíme brát v potaz základní parametry na přenos odesílaných dat. Jak už bylo uvedeno mezi základní požadavky na přenos je minimální ztrátovost, zpoždění, přenosová rychlost a zabezpečení. Při volbě vhodného komunikačního kanálu musíme tedy řešit, zda daná technologie bude v určité lokalitě fungovat a bude mít dostatečné pokrytí. V případě že tyto dvě podmínky budou splněny tak jako další hledisko je bráno ekonomická náročnost použité technologie.

5.1 GSM (Global System for Mobile communication)

Jedná se o technologii pro poskytování telekomunikačních služeb, která pracuje na kmitočtech 900 nebo 1800MHz. GSM [6] je buňková síť, což znamená že mobilní telefony se připojují do sítě pomocí nejbližší buňky. Rozlišujeme čtyři druhy buněk. Oblast použití jednotlivých buněk se liší podle prostředí. Za makro buňky považujeme ty, kde je umístěna anténa základové stanice na stožáru nebo na budově nad úrovní střech. Mikro buňky mají anténu umístěnou pod úrovní střech typické použití je v zastavěných oblastech. Pikobuňky jsou malé buňky s průměrem pár desítek metrů a používají se uvnitř budov. Naopak deštníkové buňky se používají pro pokrytí oblastí ve stínech a na vyplnění mezer mezi jednotlivými buňkami. Velikost pokrytí závisí na výšce antény, výkonu antény a na podmínkách šíření. Ta se pohybuje od několika stovek metrů do vzdálenosti několika desítek kilometrů. V současné době neexistuje způsob jak bez znalosti šifrovacího klíče data v reálném čase dešifrovat. V této síti můžeme taktéž mimo hovorových služeb využívat i služby datové. Tuto komunikaci nazýváme CSD (circuit switched data). Tato přenosová cesta má pevně danou kapacitu kanálu. Přenos probíhá rychlostí 22,8kbit/s. Většina této rychlosti pokrývá kanálové kódování a zajištění funkce GSM. Pro přenos dat zbývá rychlost 13kbit/s. V sítích GSM můžeme využívat služby jen v případě, že v zařízení máme vloženou SIM kartu a pro funkci datových služeb mít potřebnou aktivaci. Aby bylo spojení dosaženo, je nutné se nacházet v oblasti pokryté signálem daného telekomunikačního operátora. Při potřebě přenosu dat se vytočí telemetrická centrála a může být zahájen přenos. Na obrázcích níže je zobrazeno pokrytí signálem operátory, které poskytují služby GSM (Vodafone, T-mobile, O2)

Přenos dat pomocí CSD již v této době je značně neefektivní. V místech se slabým signálem je pomalý přenos, platí se za dobu spojení. Jako výhody můžeme uvést zabezpečení dat proti odposlechu, snadná instalace a vysoká dostupnost pokrytí signálem. V dnešní době se preferuje přenos přes GPRS.

5.2 GPRS (General Packet Radio System)

Celý přenos dat touto technologií spočívá na principu přepojování paketů. Přenosové kapacity zde nejsou nikomu trvale vyhražovány, ale jsou k dispozici všem uživatelům zároveň. Takovéto řešení má několik zásadních výhod. První výhodou je maximálně efektivní využití přenosové kapacity těmi uživateli, kteří skutečně potřebují data v daný okamžik přenášet. To je zásadní odlišnost od předchozí varianty s přepojováním okruhů, kdy byla každému uživateli vyčleněna taková přenosová kapacita o kterou požádal, bez ohledu na její skutečné využívání. Další podstatnou výhodou, která vyplývá z principu přepojování paketů, je způsob zpoplatňování. Technologie GPRS [6] umožňuje platbu nikoliv za čas (dobu spojení), ale podle objemu skutečně přenesených dat. Celý proces zavedení GPRS do sítě GSM si lze v jednoduchosti představit jako "přeložení" další sítě (fungující na principu přepojování paketů) přes stávající pevnou část sítě GSM a provázání těchto dvou sítí s řídicími prvky. Změny v původní síti se týkají jednak programového vybavení, v některých případech i samotného zařízení. Důležitou změnou je rozšíření základnové řídicí jednotky BSC o blok PCU (Packet Controller Unit), který je bodem kde se obě sítě střetávají. Novými prvky v celé architektuře jsou potom především uzly pro podporu GPRS, tzv. GSN (GPRS Support Node).

Přenosové rychlosti jsou opět nejvíce limitovány rádiovým rozhraním GSM, kde na každý slot připadá přenosová rychlost 33,8 kbit/s. Když se do ní započítá režie připadající na fungování sítě, zbývá přenosová rychlost 22,8 kbit/s. Z této rychlosti se pak u standardního přenosu odečítá ještě dalších 13,2 kbit/s připadajících na zajištění samotného přenosu, zejména jeho spolehlivosti (u klasických a HSCSD přenosů rychlostí 14,4 kbit/s je tato režie jen 8,4 kbit/s). I v případě GPRS je možné vyjít opět jen z oněch 22,8 kbit/s a snažit se minimalizovat počet dalších režijních bitů připadajících na zajištění přenosů. Zde velmi záleží na konkrétních podmínkách šíření signálu - při optimálních podmínkách je možné výrazněji oslabit režii na zajištění přenosu, a při horších podmínkách šíření je naopak nutné ji zase zvětšit. GPRS proto zavádí čtyři různé třídy, které označuje jako kódovací schémata (coding scheme), jejichž přehled je uveden v následující tabulce.

Tabulka 2 Přenosové rychlosti GPRS

| Třída | Přenosová rychlost |
|--------|--------------------|
| CS -1 | 9,05 kbit/s |
| CS -2 | 13,4 kbit/s |
| CS -3 | 15,6 kbit/s |
| CS - 4 | 21,4 kbit/s |

Pokud by GPRS mohlo využít maximální počet 8 slotů současně, pak by to při optimálních podmínkách šíření signálu (kdy lze použít CS-4) odpovídalo rychlosti 8 x 21,4, neboli 171,2 kbit/s. Je ale třeba zdůraznit, že se jedná skutečně spíše jen o teoretické maximum, protože jde o souběh dvou optimálních případů - optimálních podmínek šíření signálu a možnosti alokovat všech 8 slotů současně.

Pro GPRS byly definovány tyto třídy terminálů:

A - terminály této třídy jsou schopny současně ovládat služby na základě spojování okruhů i spojování paketů. Oba druhy služeb jsou ovládány nezávisle na sobě.

B - tyto terminály ovládají v jeden okamžik jen jednu z těchto služeb, ale je možné automaticky přecházet mezi těmito dvěma režimy. Může přerušit přenos paketů při příchozím hovoru a pokračovat později.

C - u těchto terminálů je nutné nastavit režim (paketový nebo okruhový). Při nastavení na spojování okruhů nemůžete využívat GPRS a naopak.

Dále GPRS vychází vstříc skutečnosti, že různé druhy datových přenosů mohou mít různé požadavky na jejich kvalitu, resp. kvalitativní parametry. GPRS nabízí různé úrovně kvality služeb QoS (Quality of Service) pokud jde o:

Prioritu - zde jsou definovány tři úrovně priority: vysoká, střední a nízká.

Spolehlivost - zde jsou definovány opět tři varianty, resp. třídy spolehlivosti, které definují určité kombinace pravděpodobnosti toho, že dojde ke ztrátě paketu, k přijetí duplikátu, k poškození paketu či jeho doručení mimo pořadí.

Zpoždění - definovány jsou 4 třídy vztažené k průměrnému zpoždění a ke zpoždění 95% přenášených paketů.

Propustnost - zde je definována maximální (špičková) a střední přenosová rychlost.

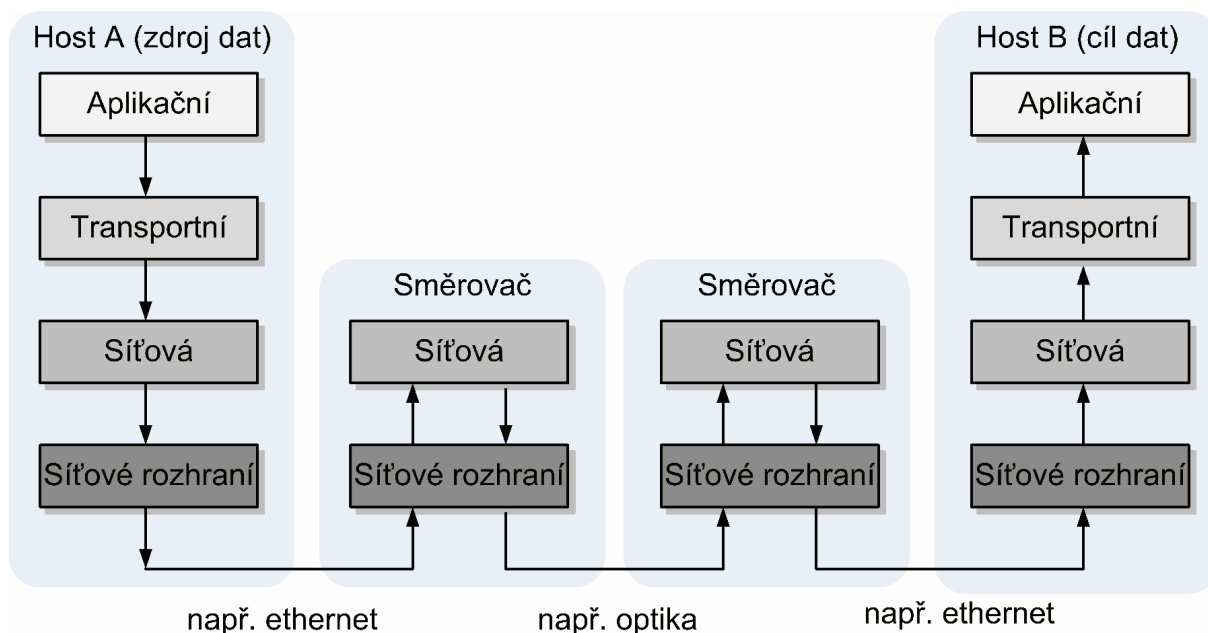
Technologie GPRS dle standardů počítá s tím, že bude přenášet datagramy vyšších protokolů jako např. IP nebo X.25. Pakety jsou doručovány stejně jako v normální TCP/IP síti jako klient nám slouží zařízení které má v sobě implementovanou SIM kartu a na druhé straně je přístupový bod operátora. Kam data posíláme, záleží na záhlaví paketu a na směrovači operátora. Data pomocí technologie GPRS můžeme přenášet pouze, je-li k dispozici na straně odesílatele modem. Aby modem byl funkční, obdrží uživatel SIM kartu, pomocí které se potom připojuje k přístupovému bodu APN.

GPRS nám tedy při přenosu telemetrických dat plně vyhovuje, když přenosová rychlost není příliš velká na přenos malého objemu dat, nám zcela postačí. Technologie zabezpečení přenášených dat vůči rušení a proti zneužití je vyhovující. Jako nevýhodu můžeme uvést, že připojení GPRS nemá přednost před spojením GSM tzn. že může dojít k odmítnutí spojení přes GPRS. Přenosy dat přes GPRS jsou plně závislé na kvalitě signálu, takže v případě použité této technologie musíme zajistit dostatečnou kvalitu signálu alespoň 50% vysílaného signálu.

5.3 Internet

Internet [9] je celosvětová počítačová síť, ve které mezi sebou počítače komunikují pomocí protokol označovaných TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Jde v podstatě o propojení jednotlivých podsítí dohromady.

Každá stanice v síti vyžaduje IP (Internet Protocol) adresu. Pomocí ní je stanice v síti identifikována. Provoz je směrován pomocí směrovače (routeru). Komunikace je zachycena na obrázku 5.



Obrázek č.5 Přenos TCP/IP

Popis jednotlivých vrstev:

Aplikační: Definiuje aplikační protokoly TCP/IP a způsob spolupráce hostitelských programů se službami přenosové vrstvy při využívání sítě.

Transportní: Zajišťuje správu komunikačních relací mezi hostitelskými počítači. Definiuje úroveň služeb a stav připojení při přenosu dat.

Síťová: Vkládá data do datagramů IP obsahujících informace o zdrojové a cílové adrese, které slouží k přenosu datagramů mezi hostiteli a sítěmi. Provádí směrování datagramů IP.

Síťové rozhraní: Určuje podrobnosti týkající se fyzického přenosu dat po síti včetně jejich převodu na elektrické signály používané hardwarovými zařízeními, která pracují přímo se síťovými médii, jako jsou koaxiální kabely, optická vlákna nebo kroucené měděné dvoulinky.

5.4 PLC

PLC (Power Line Communications) [11] je způsob komunikace, který využívá jako komunikační kanál stávající energetické rozvody nízkého napětí. Elektrické rozvody tvoří rozlehlou infrastrukturu s velkým pokrytím. Použití již vybudovaných rozvodů přináší množství výhod i nevýhod. Zásadní výhodou jsou již vybudované komunikační trasy. Nevýhod je celá řada, jako například rozdílné impedance vedení, překážky v podobě transformátorů, silné rušení atd..

Data mohou být přenášena různými rychlostmi od jednotek bit/s, až po Mbit/s. Přenos se může také uskutečnit s různým nosným kmitočtem, podle toho rozdělujeme přenos po elektrickém vedení na dva druhy. Přenos širokopásmový, nazývaný též BPL (Broadband power line) a přenos úzkopásmový.

Úzkopásmová technologie nachází své uplatnění v průmyslu, při dálkové kontrole a dálkovém sběru dat, může být použita v mnoha dalších podobných aplikacích.

Pro přenos dat v evropských sítích jsou povoleny kmitočty, které jsou rozděleny do čtyřech pásem. Z poznatků o zdrojích rušení, se považuje za spodní kmitočtovou hranici pro komunikaci frekvence 100Hz. Nejvyšší frekvence by měla být dána AM vysílači na dlouhých vlnách, což je zhruba 150 kHz – evropská norma CENELEC EN 50065 -1.

Kmitočtové pásmo 9kHz do 148,5kHz je rozděleno na 4 subpásma A, B, C, D.

| Pásmo | Rozsah | Užití |
|-------|-----------------|---|
| | 3 – 9 kHz | Omezeno pro dodavatele |
| A | 9 – 95 kHz | Pro dodavatele a pro spotřebitele se souhlasem dodavatele |
| B | 95 – 125 kHz | Jen pro odběratele |
| C | 125 – 140 kHz | Jen pro odběratele spolu s přistoupením k dohodě |
| D | 140 – 148,5 kHz | Jen pro odběratele |

Tabulka 3 Kmitočtová pásma PLC

Dosah pro úzkopásmové PLC se pohybuje okolo 1500 m. Pokud je potřeba přenést data dále využívá se opakovaců. Přenosové rychlosti jsou v řádu jednotek a stovek kbit/s.

5.5 Wifi – bezdrátová síť

Bezdrátové lokální sítě [10] jsou tvořeny ze dvou klíčových komponent, z přístupového bodu a z bezdrátových stanic. Podle způsobu vzájemného uspořádání těchto prvků je definována tzv. sada služeb. Základní standardy 802.11 definovaly tři sady služeb. Prvním je základní sada služeb (Basic Service Set – BSS), která se skládá z jediného přístupového bodu připojujícího skupinu bezdrátových klientů k pevné síti. V případě takového uspořádání sítě není povoleno, aby bezdrátové stanice komunikovaly přímo. Komunikace musí probíhat vždy přes přístupový bod. Rozšířená sada služeb (Extended Service Set – ESS) se skládá ze dvou či více přístupových bodů. Přístupové body jsou spojeny pomocí distribučního systému.

WIMAX

Systémy založené na širokopásmovém bezdrátovém připojení. Na standardu 802.16 je založena tato technologie.

Wimax pracuje v licenčním tak v bezlicenčním spektru v pásmu 2-11 GHz, v režimu bez požadované přímé viditelnosti a má maximální dosah ve venkovských oblastech do 50 km a v husté zástavbě do 3-5 kilometrů. Značný dosah signálu umožňuje jednak vyšší vysílací výkon a také použití směrových antén, nejčastěji tři sektorové antény na základnové stanici.

WiMAX nabízí kapacitu do 75 Mbit/s, kterou ovšem sdílejí všichni uživatelé připojení k téže základnové stanici. Technologie 802.16 je navržena tak, aby vyhověla požadavkům na spolehlivost a dostupnost komunikační sítě v 99%. Proto se může uplatnit jak v přístupových sítích, tak v metropolitní bezdrátové komunikaci i pro kritická data.

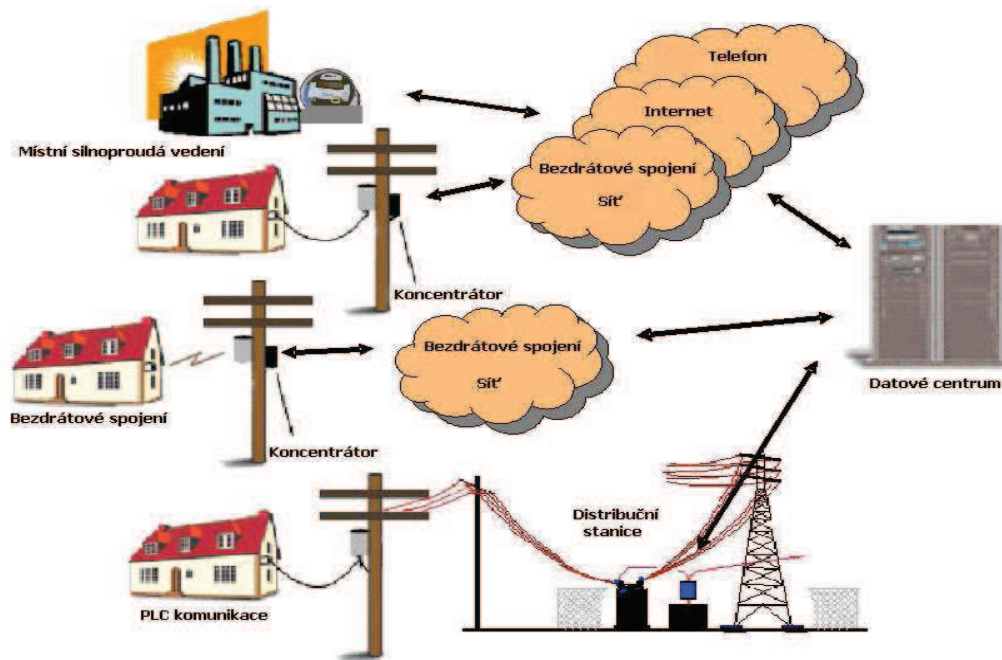
5.7.Smart-metering

Charakteristickým rysem této koncepce je dálková obousměrná komunikace mezi centrálou a měřidlem. Má umožnit nejen sběr dat z měření, jejich automatické vyhodnocení, ale např. i řízení sítě, připojení a odpojení měřicího místa, informovanost zákazníka o aktuální spotřebě apod. Cílovou skupinou pro nasazení této technologie jsou zákazníci kategorie maloodběr podnikatelé a obyvatelstvo.

V souvislosti s rozvojem dálkové komunikace s měřidlem a jeho inteligencí se používá řada pojmů a zkratk. Pro lepší pochopení uvádíme jen ty základní:

AMR (Automated Meter Reading) – slouží pro odečet dat o spotřebě energie u zákazníka. Data jsou odesílány do datové centrály, kde se zpracovávají. Jde v podstatě pouze o dálkové automatické odečty. Výhodou těchto systém je především zajištění efektivních odečtů, při kterých není potřeba, aby fyzická osoba navštěvovala každé odběrné místo a prováděla odečet manuálně.

AMM (Automatic Meter Management) – Takto označené systémy jsou charakteristické obousměrnou komunikací, čím se rozšíří možnosti AMR systému o další funkce, jako například řízení tarifu, dálkové odpojení odběrného místa, nebo třeba dálkové nastavení maximálního vstupního příkonu. Tento systém by měl být schopen nahradit hojně využívaný systém hromadného dálkového ovládání (HDO), který je v současné době používán na území české republiky.

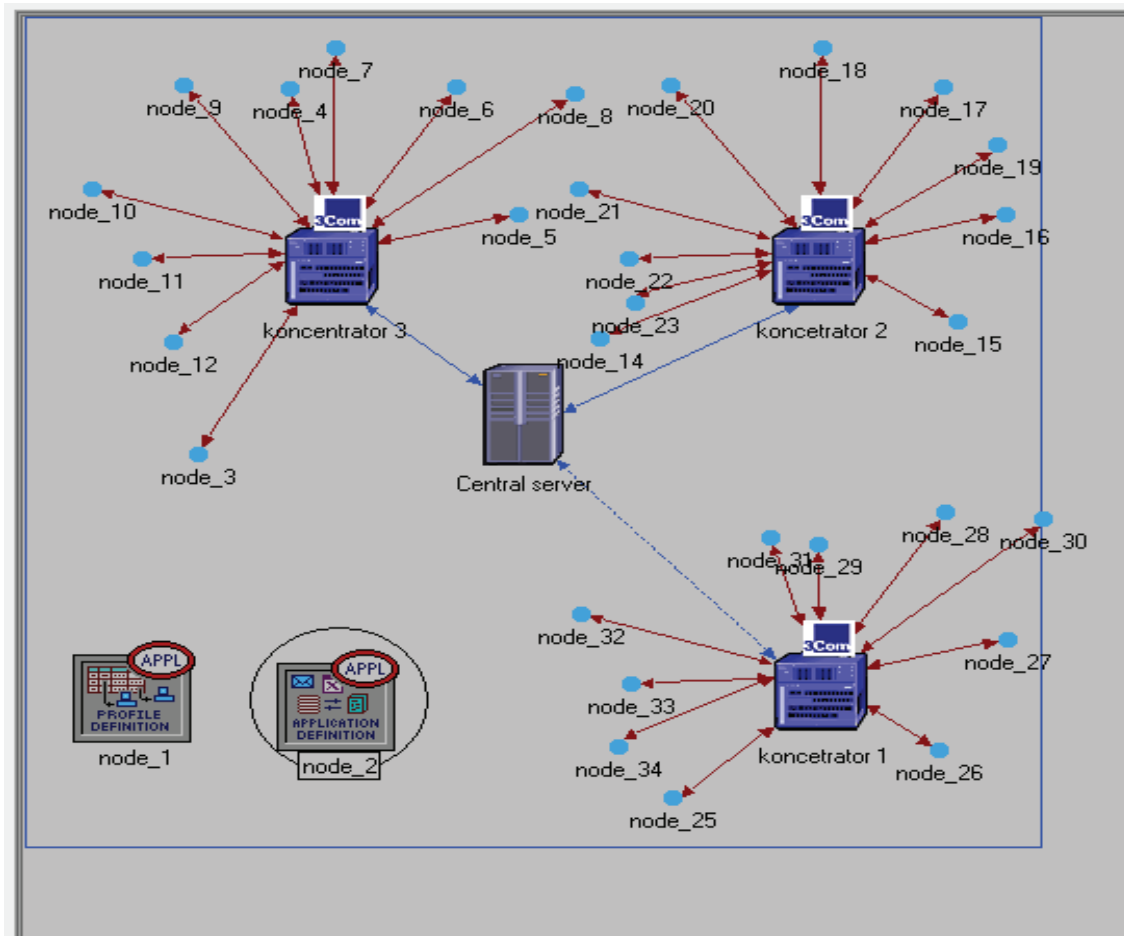


Obrázek 6 Sběr dat z energetické soustavy

6. OPNET Modeler

Program OPNET Modeler (OM) je simulační prostředí, které bylo vyvinuto firmou OPNET Technologies Inc., a slouží pro návrh, simulaci a analýzu různých síťových technologií a mechanismů. Velice efektivně a podrobně dokáže modelovat chování rozsáhlých heterogenních sítí včetně komunikačních protokolů pracujících na různých úrovních modelu sítě. Základním kamenem OM je jeho grafické prostředí, díky kterému je práce v něm efektivnější a rychlejší. Velmi důležitou vlastností OM je široká možnost tvorby různých statistik z dané simulace. Tato vlastnost nabádá k použití OM všude tam, kde je třeba ověřit chování reálného objektu v různých extrémních podmínkách (např. chování serveru při vysoké zátěži apod.). S tím také souvisí, že někdy nemůžeme na reálném objektu ověřit chování, které ani nemusí nastat, ale díky OM si jej můžeme nasimulovat, abychom znali výsledek chování reálného objektu v určité situaci a mohli díky této znalosti předcházet nežádoucím stavům.

6.1 Návrh sítě v OPNETu



Obrázek 7 Návrh zapojení v OPNETu

7. Závěr

V této bakalářské práci je podrobně rozebrána problematika přenosu dat v energetických sítích. V úvodní kapitole jsou popsány základy diagnostiky přenosové soustavy chyby, které mohou nastat v distribučních sítích. V inteligentních sítích jsou kladeny vysoké nároky na koncová zařízení, které nám vyhodnocují a monitorují přenosovou síť. V kapitole 3 jsou uvedeny některé tyto monitory, které je možné zapojit do přenosové soustavy. Získaná data z těchto monitorů jsou přenášena do sběrných uzlů – datakoncentrátorů, kde se tyto data shromažďují a dále jsou odeslány do centrálního systému k vyhodnocení. Dále se tato práce zabývá principy zabezpečení dat, které jsou přenášena, ať už hovoříme o zabezpečení proti chybám tak i šifrováním přenášených dat proti zneužití. Dále uvádím přenosové technologie, které nám slouží k přenosu naměřených dat a jsou zde uvedeny jednotlivé parametry.

V uvedeném návrhu jsem naznačil možnost řešení inteligentní sítě za použití popsaných technologií. Model této sítě pracuje s technologií GPRS, Wifi a ethernet jelikož tyto technologie podporují koncové monitory a jsou neoptimálnější pro přenos těchto dat. Tento návrh jsem bohužel nedokázal zrealizovat v akademické licenci Opnet. Jelikož tato licence nepodporuje bezdrátové technologie, ale pouze Ethernet. Tudiž výsledné simulace a funkčnost zapojení nebylo možné ověřit.

Použité zdroje:

- [1] Vladimír Musil, Milan Recman, Roman Prokop *Diagnostika a testování elektronických systémů* VUT Brno
- [2] Přenos dat Pavel Plhal dostupné z <http://telefon.unas.cz/prendat/prendat2.htm>
- [3] Monitory distribučních a VN sítí dostupné z <http://www.egubrno.cz/sekce/s005/pristroje/mds.html>
- [4] NOVOTNÝ V. *Architektura sítí* Skriptum FEKT VUT v Brně, 2002.
- [5] ZEMAN V., ŠILHAVÝ P. *Datová komunikace – laboratorní cvičení* Skriptum FEKT VUT v Brně.
- [6] HANUS S. - *Bezdrátové a mobilní komunikace* Skriptum FEKT VUT v Brně, RadioMobil, a.s., Brno 2003.
- [7] JEŘÁBEK, Jan. *Pokročilé komunikační techniky*. Brno: VUT, 2010.
- [8] ZEMAN, Václav. *Power Line Communication. Přednášky*. Brno: VUT, 2010.
- [9] MOLNÁR, Karol; ZEMAN, Otto; SKOŘEPA, Michal. *Moderní síťové technologie: Laboratorní cvičení* Brno: VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky, Ústav telekomunikací, 2008 http://www.utko.feec.vutbr.cz/~molnar/mmos/MMOS_lab.pdf
- [10] ŠKORPIL, Vladislav; KAPOUN, Vladimír; GREGOŘICA, Miroslav. *Přístupové a transportní sítě*. Brno : VUT, 2004.
- [11] *Plc.cz* [online]. 2008 Dostupné z www.plc.cz
- [12] Němec K., *Datová komunikace*. Skriptum VUT FEKT Brno, VUT FEKT, 2007
- [13] Filka, M., *Přenosová média*. Skriptum VUT FEKT. Brno, VUT FEKT, 2002
- [14] AIS, spol. s.r.o., *Měřicí a informační technologie pro energetiku*. http://www.ais-brno.cz/clanky/synchronni_mereni.pdf?lang=cz

Seznam zkratek

| | |
|--------|---|
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line |
| AMM | Automatic Meter Management |
| AMR | Automated Meter Reading |
| ARQ | Automatic Repeat Regest |
| ASK | Amlitude Shift Keying |
| BER | Bit Error Rate |
| CSD | Circuit Switched Data |
| FEC | Forvard error correction |
| GPRS | General Packet Radio Systém |
| HDO | Hromadné Dálkové Ovládání |
| MDS | Monitor Distribuční Síť |
| OM | OPNET Modeler |
| PCU | Packet Controller Unit |
| PLC | Power Line Communication |
| PSK | Phase Shift Keying |
| QoS | Quality of Service |
| TCP/IP | Transmission Control Protocol/Internet Protokol |