

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

Distribuované řídicí systémy a jejich využití v praxi

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN OTČENÁŠEK

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Otčenášek Martin Bc.

ID: 50479

Ročník: 2

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Distribuované řídicí systémy a jejich využití v praxi

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- Obecné informace o řídicích systémech
- Specifika distribuovaného řídicího systému
- Možnosti a praktické aplikace distribuovaných systémů
- Navrh konceptuálního modelu distribuovaného řídicího systému pro malé elektrárny v rozptýlené výrobě

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího

Termín zadání: 17.12.2007

Termín odevzdání: 28.5.2008

Vedoucí práce: Ing. Petr Baxant, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO
uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Martin Otčenášek
Bytem: Gromešova 1202/6, 62100, Brno-Řečkovice
Narozen/a (datum a místo): 29.3.1983, Brno

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Petr Toman, Ph. D.
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce
- jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Distribuované řídicí systémy a jejich využití v praxi
Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Petr Baxant, Ph.D.
Ústav: Ústav elektroenergetiky
Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- tištěné formě – počet exemplářů 1
- elektronické formě – počet exemplářů 1

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Bibliografická citace práce:

OTČENÁŠEK, M. *Distribuované řídicí systémy a jejich využití v praxi*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 61 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem svou **diplomovou práci** vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Baxantovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

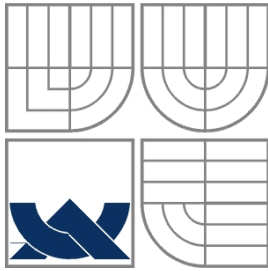
Diplomová práce

Distribuované řídicí systémy a jejich využití v praxi

Martin Otčenášek

vedoucí: Ing. Petr Baxant, Ph.D.
Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2007

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Master's Thesis

Distributed control systems and its utilization in practice

by

Martin Otčenášek

**Supervisor Ing. Petr Baxant, Ph.D.
Brno University of Technology, 2007**

Brno

ABSTRAKT

V řídicí technice je v současné době patrný velice výrazný trend přechodu od výkonných centrálních řídicích systémů k menším systémům, které jsou rozmístěny po technologii a jsou propojeny komunikační sběrnici. Odpadá nutnost stáhnout všechny signály k centrálnímu řídicímu systému, řízení je pak distribuováno a probíhá přímo v jednotlivých částech technologie. Proto se takovým systémům říká distribuované systémy řízení. Distribuované řídicí systémy mají své využití nejen v průmyslových aplikacích, ale také v budovách, v automobilech apod.

KLÍČOVÁ SLOVA: Řídicí systém; distribuovaný řídicí systém; komunikace; síťový protokol OSI; TCP/IP; kombinované zemní lano; optické kabely; kroucená dvojlanka; PLC radiokomunikace; RS 232; RS 485; RS 482; CAN Bus; LonWorks; ProfiBus; Profinet; Modbus; Modbus plus, proudová smyčka, přístupové metody

ABSTRACT

In control technique there is evident highly expressive trend of shifting from efficient central managing systems towards smaller systems which are distributed on technology and which are connected by communication bus. There is no need to link all signals to central management system, operation is then distributed and realized directly in individual parts of technology. That's why these systems are called distributive managing systems. Distributive managing systems are widely used not only in industrial applications but also in buildings, cars, etc..

KEY WORDS: Control system; distributed control system; communication; network protocol OSI; TCP/IP ; combined shield wire; optical cables; twisted pair; PLC radiocommunication; RS 232; RS 485; RS 482; CAN Bus; LonWorks; ProfiBus; Profinet; Modbus; Modbus plus, current loop, access method

OBSAH

Abstract	9
Obsah.....	10
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	14
Seznam symbolů a zkratek.....	15
1 Úvod.....	17
2 Obecné informace o řídicích systémech	18
2.1 Historie řídicích systému.....	18
2.2 Funkce řídicího systému	19
2.3 Struktura počítačového řídicího systému	19
2.3.1 Centralizované řízení	19
2.3.2 Distribuované řízení	20
2.3.3 Distribuované hierarchické řízení	20
2.4 Blokové schéma počítačového řídicího systému	21
3 Základní pojmy problematiky připojování autonomních zařízení do sítě	22
3.1 Síťový protokol OSI.....	23
3.2 Síťový model TCP/IP sítě	24
3.2.1 Jednotlivé vrstvy spojení.....	24
3.3 Komunikace v distribuovaném systému	26
3.3.1 Zdroj/cíl (Source/Destination)	26
3.3.2 Master/Slave.....	26
3.3.3 Peer-to-Peer.....	27
3.3.4 Producent/konzument (Producer/Consumer).....	27
3.3.5 Typy zpráv	28
3.3.6 Vztah Klient/Server.....	28
3.4 Propojovací média a komunikace	28
3.4.1 KZL (kombinovaná zemní lana)	28
3.4.2 Kroucená dvojlinka	30
3.4.2.1 Kategorie	31
3.4.3 PLC komunikace	32
3.4.3.1 Úzkopásmové PLC.....	32
4 Přehled nejběžnějších průmyslových sběrnic a rozhraní řídicích systémů	34
4.1 Rozhraní RS232	34

4.1.1 Základní technický popis	34
4.2 Rozhraní RS485 a RS482.....	35
4.2.1 Provedení linky RS485 a RS422.....	36
4.3 Proudová smyčka	37
4.3.1 Základní princip funkce	38
4.4 Datová komunikační síť CAN.....	39
4.5 Sběrnice LonWorks.....	40
4.5.1 Výhody a využití sítě LonWorks	41
4.6 Průmyslová sběrnice Profibus.....	42
4.7 Profinet.....	42
4.7.1 Standardní komunikace.....	42
4.7.2 Komunikace pro reálný čas.....	42
4.8 MODBUS.....	43
4.8.1 MODBUS PLUS (MODBUS +).....	43
5 Možnosti a praktické aplikace distribuovaných systémů.....	44
5.1 Užití distribuovaných periferních jednotek Simatic ET200.....	44
5.2 Řídicí systémy SPPA-T3000 pro energetiku	46
5.2.1 Modulární uspořádání	46
5.2.2 Hardwarové uspořádání	46
5.2.3 Software systému a jeho architektura	47
5.2.4 Použití v praxi	47
5.3 Měření a dálkové sledování	49
6 Návrh konceptuálního modelu distribuovaného řídicího systému pro malé elektrárny v rozptýlené výrobě.....	51
6.1 Popis systému.....	51
6.2 Popis blokového schématu.....	53
6.2.1 Úroveň procesní	53
6.2.2 Úroveň bezprostředního řízení.....	54
6.2.3 Operátorská úroveň	54
6.2.4 Nejvyšší úroveň řízení.....	55
6.3 Komunikace mezi systémy	55
6.3.1 Operátorská a nejvyšší úroveň	55
6.3.2 Procesní úroveň.....	57
7 Závěr	59
Použitá literatura	60

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Centralizované řízení [16]	20
Obr. 2-2 Distribuované řízení [16].....	20
Obr. 2-3 Distribuované hierarchické řízení [16]	21
Obr. 2-4 Blokové schéma počítačového řídicího systému [16]	21
Obr. 3-1 Síťový model OSI [2]	23
Obr. 3-2 Síťový model TCP/IP [3].....	24
Obr. 3-3 Sestavení síťového paketu [3]	25
Obr. 3-4 Některé protokoly z rodiny TCP/IP a jejich návaznost [3]	25
Obr. 3-5 Blokové schéma komunikace Master/Slave [2]	27
Obr. 3-5 Detail nosného závěsu [4].....	29
Obr. 3-6 Nalevo KZL21 a napravo optická spojka SB3 [4]	29
Obr. 3-7 Konektor RJ45 - znázornění zapojení [18].....	30
Obr. 3-8 UTP kabel [19]	32
Obr. 3-9 modul MT29 [20]	33
Obr. 4-1 Napěťová charakteristika RS232 [9]	35
Obr. 4-2 Přenos jednoho signálu po lince RS485 nebo RS422 [10].....	36
Obr. 4-3 Provedení nevětvené linky RS422 [10]	36
Obr. 4-4 Provedení nevětvené linky RS485 [10].....	36
Obr. 4-5 Příklad struktury proudové smyčky 4-20 mA [21].....	38
Obr. 4-6 Principiální struktura sítě CAN podle ISO 11898 [12]	39
Obr. 4-7 Toleranční pásmo napěťových úrovní logických stavů na sběrnici CAN [11] ..	40
Obr. 5-1 Jednotka ET200M připojená na průmyslovou ethernetovou síť s dvanácti vstupními a výstupními moduly [25]	44
Obr. 5-2 Použití jednotek Simatic ET 200	45
Obr. 5-3 Stanice ET200pro s integrovaným CPU v provedení se stupněm krytí IP65/67 [24]	45
Obr. 5-4 Jiskrově bezpečná periferní jednotka Simatic ET200iSP [23]	46
Obr. 5-5 Schéma hardwarové konfigurace systému SPPA-T3000	48
Obr. 5-6 SIMATIC S7-400 [27].....	48
Obr. 5-7 Schéma konfigurace řešené firmou Endress + Hauser	50
Obr. 5-8 Modul Fieldgate FXA720 [29]	50

Obr. 6-1 Navržený model distribuovaného řídicího systému	52
Obr. 6-2 Blokové schéma navrženého distribuovaného řídicího systému	53
Obr. 6-3 Přístupová metoda Token Bus	56
Obr. 6-4 Přístupová metoda Token Ring	57
Obr. 6-5 Centralizovaný provoz master – slave [17]	58

SEZNAM TABULEK

Tab. 4-1 Datové signály [9]	35
Tab. 4-2 Řídící signály [9]	35
Tab. 4-3 Přehled některých parametrů [12]	40

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ATM	(Asynchronous Transfer Mode) asynchronní přenosový režim
BNC	(Bayonet Locking Connector), konektor s bajonetovým zámkem
CAN BUS	(Controller Area Network) sériová datová sběrnici
CAN	(Controller Area Network) datová komunikační síť
CS	Kontrolní stanice
CSMA/CD	(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection Protokol) protokol pro přístup k přenosovému médium v počítačových sítích
DP	(Decentralized Periphery), kruhová a plánovaná komunikace mezi aktivními stanicemi a pasivními zařízeními
DTR	(Data Terminal Ready) připravenost datového terminálu
Ethernet	lokální síť, která realizuje vrstvu síťového rozhraní
FDDI	(Fiber distributed data interface) rozhraní pro distribuci dat vlákem
FMS	(Fieldbus Message Specification) komunikace na buňkové úrovni
FTP	(File Transfer Protokol) protokol pro přenos souborů v počítačové síti
FUM	Follow-up mode
GPRS	(General Packet Radio Service) je mobilní datová služba přístupná pro uživatele GSM
GSM	(Global System for Mobile Communications) globální systém pro mobilní komunikaci
HTTP	(HyperText Transfer Protokol) protokol pro přenos hypertextu
HW	(Hardware) fyzicky existující technické vybavení počítače
I/O	(input/output - I/O) vstupy a výstupy
IMAP	(Internet Message Access Protokol) protokol pro přístup k e-mailovým schránkám
IP	(Internet Protokol) protokol používaný v počítačových sítích
IRT	(Isochronou Real Time) izochronní reálný čas
ISDN	(Integrated Services Digital Network) digitální komunikační síť s integrovanými službami
kB	(kilobyte) jednotka informace, tisíc bajtů
LAN	(Local Area Network) lokální síť, místní malá síť
MAC	(Media access control) adresa zařízení v lokální počítačové síti
NMOS	(Negative Metal Oxid Semiconductor) technologie, která využívá jako základní stavební prvek unipolární tranzistor MOS
OK	Oběžné kolo
OS	Operátorské pracovní stanice

OSI	(Open System Interconnection) propojení otevřených systémů
P2P	(peer to peer) počítačová síť fungující na principu rovnocenné účasti jednotlivých počítačů namísto využívání serverů
PLC	(Power Line Communication) systém pro přenos dat namodulováním na nosnou frekvenci
PLC	(Programmable Logic Controller) programovatelný logický automat
POP3	(Post Office Protocol version 3) internetový protokol, který se používá pro stahování emailových zpráv ze vzdáleného serveru
RK	Rozváděcí kolo (lopatky)
RS 232, 482, 485	sériové rozhraní (také sériový port nebo sériová linka)
RTS	(Ready To Send) řídicí signál u rozhraní RS-232
RxD	(Receive Data) příjem dat
SCADA	(Supervisory Control And Data Acquisition) dohledové řízení a sběr dat
SMS	(Short message service) krátká textová zpráva
SMTP	(Simple Mail Transfer Protocol) internetový protokol určený pro přenos zpráv elektronické pošty
SNMP	(Simple Network Management Protokol) protokol, který je součástí sady internetových protokolů a slouží potřebám správy sítí.
SPPA	Siemens Power Plant Automation
SSL	(Secure Sockets Layer) protokol, resp. vrstva vložená mezi vrstvu transportní a aplikační, která poskytuje zabezpečení komunikace
STP	(Shielded Twisted Pair) stíněná kroucená dvojlinka
SW	(Software) programové vybavení počítače
TCP	(Transmission Control Protocol) základní protokol ze sady protokolů Internetu
TxD	(Transmit Data) vysílání dat
Telnet	(Telecommunications Network) tento protokol dovoluje uživateli klientského terminálu se připojit ke vzdálené stanici či síťového uzlu pomocí TCP/IP
TP	twistedpair - kroucená dvojlinka
TPDDI	(Twisted Pair Distributed Data Interface) datová komunikační specifikace pro rychlost 100 Mbit.s ⁻¹ pro stíněnou kroucenou dvojlinku
TTL	(transistor-transistor-logic) logika digitálních integrovaných obvodů
UDP	(User Datagram Protocol) nespolehlivý protokol ze sady protokolů Internetu
USB	(Universal Serial Bus) univerzální sériová sběrnice
UTP	(Unshielded Twisted Pair) nestíněná kroucená dvojlinka
VPN	(Virtual private network) virtuální privátní síť
WAN	(Wide Area Network) rozsáhlá síť

1 ÚVOD

Kdybychom si položili otázku, co je to vlastně distribuovaná aplikace nebo systém, našli bychom asi přesnou definici: “Distribuovaný systém se skládá z více autonomních uzlů (počítačů), vzájemně propojených, komunikujících a jevících se (zvnějšku) jako jednotný integrovaný systém”.

Počítače, na kterém daná aplikace běží, musí být samozřejmě nějak hardwarově propojeny. V minulosti bylo právě propojení těchto počítačů slabým místem pro vývoj daných aplikací, protože neexistovalo univerzální spojení více míst.

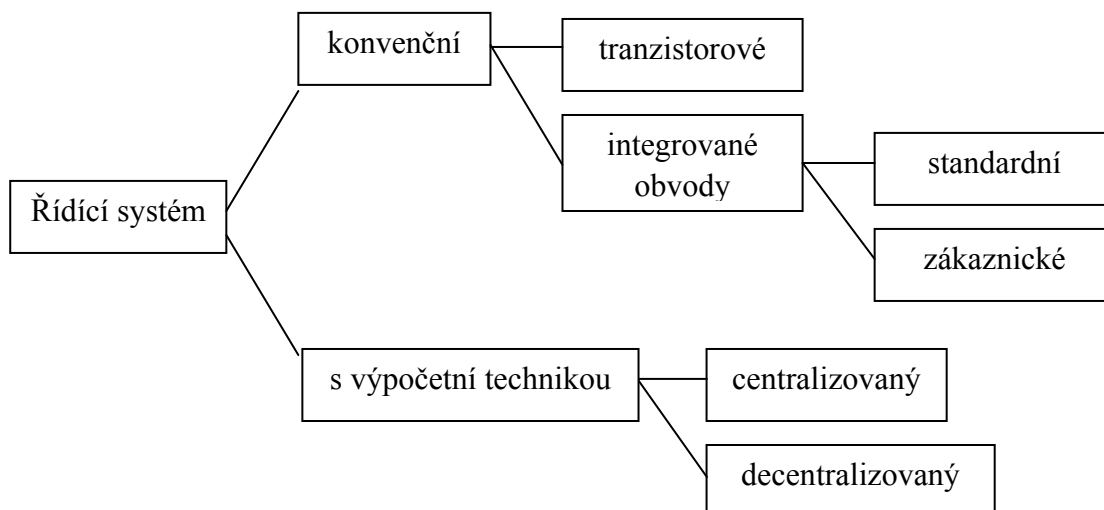
V této době, v době kdy již Internet existuje ve většině vyspělých zemí a neustále se rozrůstá, se distribuované aplikace množí jako houby po dešti, a právě růst sítí sítí vyřešil problém s komunikací jednotlivých počítačů

V naší republice se stále vyskytují stovky rozvoden bez zavedeného řídicího systému. Nová legislativa však zpřísňuje požadavky na kvalitu elektrické energie, kdy její distributoři jsou povinni požadované parametry hlídat tak, aby nedocházelo k poškozování majetku zákazníka.

Při automatizaci výroby, v systémech řízení budov, správě dopravních cest, sběru ekologických dat a dalších podobných aplikacích se projektanti setkávají se stále většími nároky na množství informací, které je potřebné ze systému získat a tím docílit co největší přesnosti při jejich řízení a správě. Na množství a kvalitě informací je závislá i celková efektivita systému, protože je možné minimalizovat spotřebu energií a zvýšit uživatelský komfort. Protože je správa tak velkého množství informací pro člověka náročná, nebo dokonce úplně nemožná, používají se pro řešení dílčích úloh v rozsáhlých aplikacích distribuované řídicí systémy, do vyšších úrovní řízení jsou pak přenášeny informace o stavu těchto úloh a pouze hodnoty vybraných důležitých vstupů. Kromě schopnosti řídit přidělený subsystém je důležitým parametrem distribuovaných řídicích systému možnost jejich vzdálené správy a modifikace s co nejlepším využitím současné komunikační infrastruktury.

2 OBECNÉ INFORMACE O ŘÍDICÍCH SYSTÉMECH

2.1 Historie řídicích systému



Historie řídicích systému sahá až do roku 1969, kdy se začaly objevovat první TTL (transistor-transistor-logic) obvody. TTL je standardem používaným pro implementaci digitálních (také logických) integrovaných obvodů, vycházejícím z použití technologie bipolárních křemíkových tranzistorů. Objevovala se první zařízení, které měly 60-500 integrovaných obvodů. Byla to v první řadě zařízení jako automatické váhy s výpočtem ceny, svařovací automat se 4 stupni volnosti, nebo se používaly pro řízení dvou os obráběcího stroje.

V roce 1976 převzal řízení systémů, procesor vyrobený firmou Intel. Jednalo se o 8bitový procesor technologie NMOS, s adresovatelným paměťovým prostorem 64 kB. Taktovací frekvence procesoru byl cca 1-2 MHz. Byl to jeden z nejrozšířenějších procesorů své doby, který měl široké využití od průmyslových aplikací po první domácí počítače. V řídicích systémech byl využit především pro řízení průmyslových strojů.

Ke konci sedmdesátých let se začaly objevovat 32 – bitové obvody. Tyto obvody našly uplatnění v různých manipulátorech, které se daly ovládat ve dvou osách, nebo v řízení lopatek turbíny, leteckého motoru ve třech osách.

V polovině let osmdesátých se objevují první procesorové systémy, které nesly označení M6800, I80386. Používaly se především pro řízení železniční dopravy, nebo pro 3 až 5 - osé řízení s přesností 1 μm .

Od roku 1988-2001 se začínají uplatňovat nové technologie a postupy. 1988 plošná montáž a hradlová pole, 1990 signálové procesory, 1992 transputerová technika, 1995 paralelní algoritmy řízení, 1996 PLC – programovatelné logické automaty v síti, 1997 SCADA – dohledové řízení a sběr dat, 1999 web aplikace, 2000 programování řídicích systémů přes internet, 2002 průmyslový ethernet – procesní síť, 2003 komplexní návrhové systémy (HW+SW), Embedded systém (vestavěný systém - jednoúčelový systém, ve kterém je řídicí počítač zcela zabudován do zařízení, které ovládá. Na rozdíl od univerzálních počítačů, jako jsou osobní počítače, embedded počítače jsou většinou jednoúčelové, určené pro předem definované činnosti), 2004 bezpečné řídicí systémy, 2006 Embedded systémy s agenty. [1]

2.2 Funkce řídicího systému

Mezi hlavními funkcemi řídicího systému patří [16]:

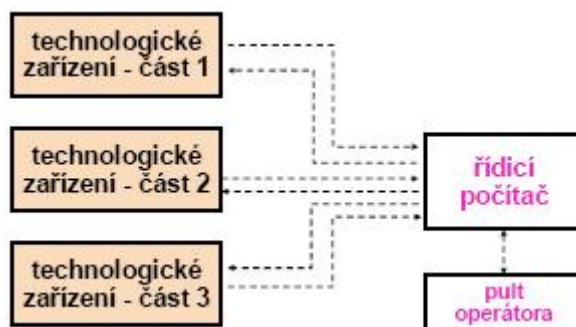
- měření technologických veličin
- stabilizace parametrů procesu - regulace
- logické řízení
- archivace informací o procesu
- analýza procesu – předvídání mezních a havarijních situací
- informace pro operátora o průběhu procesu
- a příjem a zpracování povelů operátora
- realizace vyšších řídicích algoritmů - koordinace, optimalizace, aplikace metod umělé inteligence
- poskytování dat do informační sítě

2.3 Struktura počítačového řídicího systému

Z hlediska struktury rozeznáváme centralizované řízení, distribuované řízení nebo distribuované hierarchické řízení.

2.3.1 Centralizované řízení

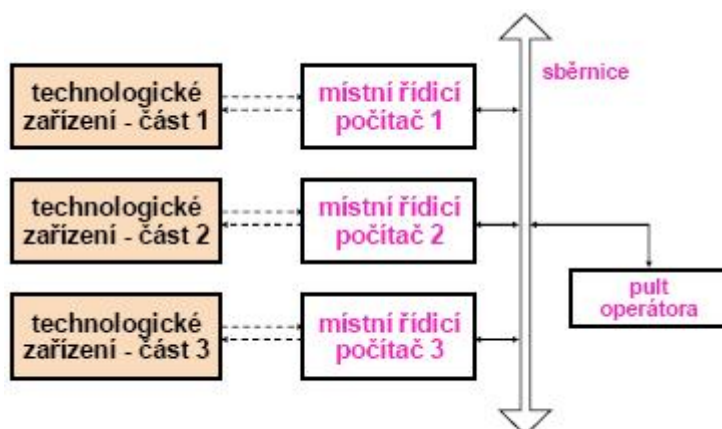
U centralizovaného řízení se používá jediného řídicího počítače pro řízení celého procesu. Dnes se používá jen při malých aplikacích.



Obr. 2-1 Centralizované řízení [16]

2.3.2 Distribuované řízení

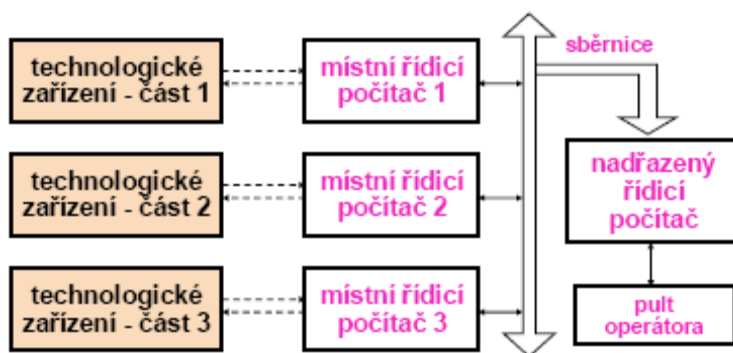
U distribuovaného řízení je řídicích počítačů více. Jsou rozmístěny u jednotlivých technologických bloků a sběrnici jsou napojeny na pult operátora.



Obr. 2-2 Distribuované řízení [16]

2.3.3 Distribuované hierarchické řízení

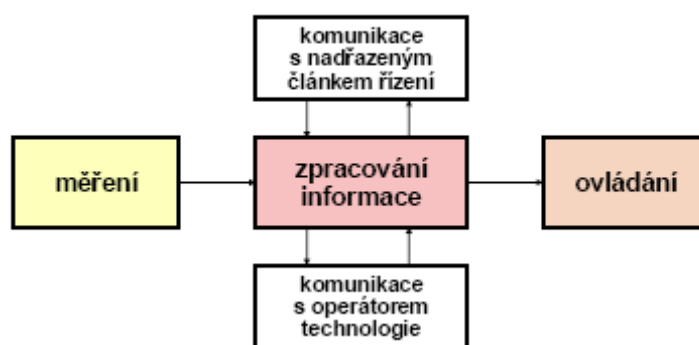
V distribuovaném hierarchickém řízení nad jednotlivými počítači není jen pult operátora, ale nadřazený řídicí počítač. V současné době nejčastěji používaná struktura. Nadřazených počítačů může být v hierarchické struktuře několik. Takto vzniká komplexní řídicí a informační síť.



Obr. 2-3 Distribuované hierarchické řízení [16]

2.4 Blokové schéma počítačového řídicího systému

Řídicí systém můžeme rozdělit do několika bloků



Obr. 2-4 Blokové schéma počítačového řídicího systému [16]

Blok měření zajišťuje snímání stavu technologického procesu a tvoří jej analogové snímače různého typu, dvupolohové (limitní) snímače, převodníky signálů, spojovací vedení pro přenos signálů od snímače k počítači.

Blok ovládání zajišťuje přenos pokynů pro zásah z řídicího systému do technologického procesu a tvoří jej převodníky pro unifikaci signálů, přenosové cesty pro přenos signálu k akčním členům, analogové akční členy (regulační ventily, elektrické ovládací prvky), dvupolohové akční členy (relé, stykače, solenoidové ventily).

Blok komunikace s operátorem zabezpečuje styk řídicího systému s operátorem technologie. Vhodnou formou zobrazuje informace z technologického procesu, přejímá a zpracovává příkazy operátora. Technicky je řešena grafickým terminálem s jednou či více barevnými obrazovkami, klávesnicí a myší.

Blok komunikace s nadřazeným článkem řízení při zařazení systému do širší hierarchické struktury zajišťuje napojení na systém přenosu informací do i z nadřazené úrovně. K přenosu může sloužit běžná sériová komunikace či speciální komunikační sběrnice. [16]

3 ZÁKLADNÍ POJMY PROBLEMATIKY PŘIPOJOVÁNÍ AUTONOMNÍCH ZAŘÍZENÍ DO SÍTĚ

Propojování dosud na sobě nezávislých zařízení a vytváření z nich inteligentní celky je trendem, který hýbe současným světem IT technologií. Dobrým příkladem tohoto trendu je průmyslový provoz. K připojení zařízení do sítě je však třeba použít hardwarové a softwarové řešení.

Současné trendy ukazují, že jak v průmyslu, tak v domácím použití je jediným reálně použitelným standardem současnosti sítí typu TCP/IP.

Ve spotřební oblasti se prosazuje Bluetooth, to je však bezdrátové spojovací rozhraní na problematické frekvenci, určené pro zařízení která komunikují občas a nemusí fungovat zcela spolehlivě, když je například zarušené frekvenční pásmo. Rozhraní USB je doménou pouze periférií k počítačům PC.

V průmyslu již existuje celá řada nejrůznějších rozhraní typu RS 485, CAN BUS atd. Většina těchto rozhraní však byla vyvinuta ke konkrétnímu účelu do konkrétního prostředí. Tato rozhraní sice výborně odolávají průmyslovým rušením a rozvodům na velké vzdálenosti, ale většinou je definována pouze jejich fyzická komunikační vrstva a nemají ani potřebnou datovou propustnost, ani komunikační protokoly pro vytváření složitějších sítí.

Hovořím-li o síti, mám tím na mysli „internetovou síť“ = síť, která komunikuje na základě protokolů TCP/IP. Fyzickým médiem pro přenos těchto protokolů, může být prakticky cokoli od RS232, přes komutovanou telefonní linku, ISDN až například k GSM. V aplikacích lokálních sítí hovoříme převážně o čtyřech linkových protokolech: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabitový Ethernet a FDDI. Tyto linkové protokoly jako fyzické médium pro přenos dat používají nejčastěji optické kabely nebo měděné rozvody kroucenými páry.

Klasický 10 Mbit.s^{-1} Ethernet používá i BNC (10BASE-2) tenký koaxiální kabel. Fast Ethernet (100 Mbit.s^{-1}) již používá pouze optiku, nebo dvoupárovou kroucenou dvoulinku (100BASE-TX) kde je jeden pár určen pro vysílání a druhý pro příjem dat. Od koaxiálního kabelu se ustupuje s klesajícími cenami HUBů a SWITCHů, které zajišťují propojení několika TP (twistedpair - kroucená dvojlinka) vedení.

Pokud tedy potřebujeme připojit jakékoli zařízení do sítě, potřebujeme aby obsahovalo konektor, po kterém je možné se připojit k síti přes fyzickou vrstvu linkového protokolu Ethernet.

3.1 Síťový protokol OSI

Aby byly sjednoceny zásady komunikace, byla v roce 1981 vydána norma IEEE 802. Ta v obecné podobě určuje způsob komunikace mezi stanicemi od úrovně fyzického připojení až po přenos programů či dat. Vyдалa jí ISO pod označením OSI (Open System Interconnection).

Protokol ve zmíněné normě je rozdělen do následujících sedmi vrstev:

- fyzická - definuje přenosové médium, konektory, topologii, kódování atd.
- linková - definuje způsob přenášení zpráv v síti a jejich zajištění proti chybám a ztrátě informace
- síťová - definuje způsob pohybu datových paketů v síti z hlediska přepojovacích uzlů
- transportní - definuje adresaci zařízení a aplikačních programů v síti
- relační - vytváří logické rozhraní pro aplikační programy využívajících služeb sítě
- prezentační – transformuje data do přenosové formy, provádí konverzi kódů, kompresi, šifrování dat atd.
- aplikační - charakterizuje aplikační programy využitě k podpoře sítě.

Jednoduché komunikační protokoly mají pevně definovanou linkovou vrstvu a částečně i fyzickou. Zbývající vrstvy nejsou specifikovány a jsou zcela závislé na konkrétním technickém zařízení. [2]



Obr. 3-1 Síťový model OSI [2]

3.2 Síťový model TCP/IP sítě



Obr. 3-2 Síťový model TCP/IP [3]

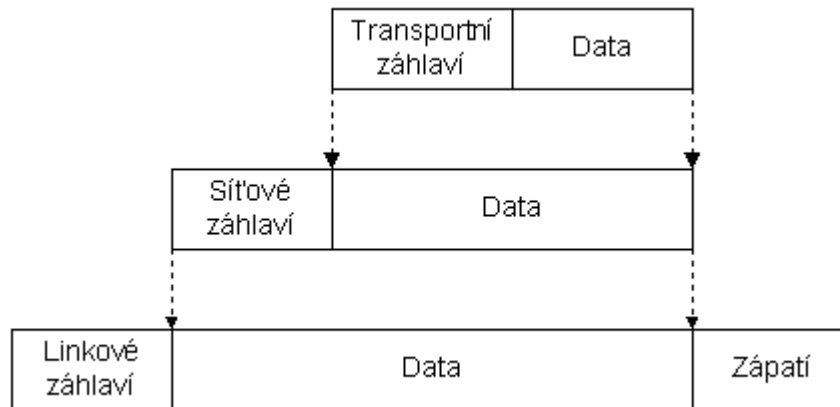
3.2.1 Jednotlivé vrstvy spojení

Na **fyzickou vrstvu**, která definuje elektrické rozhraní, navazuje **vrstva linková**. Každé zařízení (např. síťová karta) obsahuje 6. bytovou MAC adresu, která se skládá z kódu výrobce a sériového čísla karty. MAC adresa by měla být unikátní. Linková vrstva podle MAC adres distribuuje pakety mezi jednotlivými zařízeními nebo segmenty v síti. Klasický opakovač (REPEATER) zajišťuje pouze fyzické mezi jednotlivými zařízeními, přepínač (SWITCH) nebo most (BRIDGE) již posílá zařízení nebo celému segmentu sítě pouze pakety, které se jej týkají. Fyzická vrstva tedy zajišťuje distribuci paketů mezi počítači jedné lokální sítě.

Na **vrstvu linkovou navazuje síťová vrstva** tvořená protokolem IP (InterNet Protocol) z jehož jména vzniklo slovo Internet. Linkové protokoly přenášejí data v rámci jedné sítě, zatímco IP přenáší data mezi dvěma sítěmi, skrz mnoho jiných sítí. IP protokol operuje se svojí vlastní 4. byte dlouhou IP adresou. Síťová vrstva tedy přenáší síťové pakety mezi odesilatelem a adresátem skrz rozsáhlé sítě.

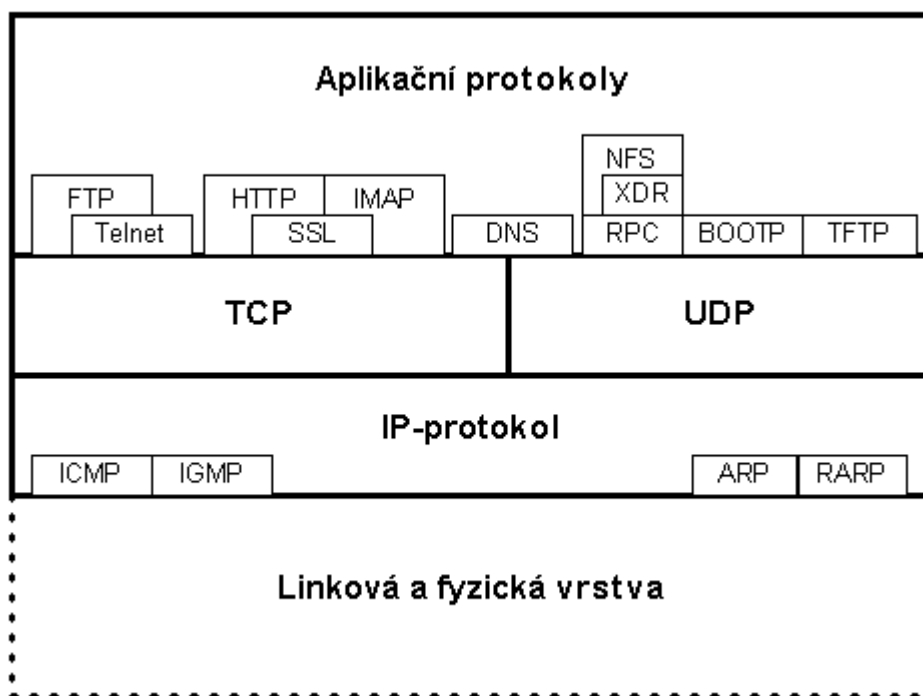
Transportní vrstva se zcela spoléhá na služby nižších vrstev a zpřístupňuje spojení nadřazené aplikaci. Těchto aplikací může být i několik, takže mezi dvěma počítači může být realizováno několik spojení pro různé aplikace současně. Typickým příkladem jsou protokoly TCP a UDP. Zatímco TCP ověřuje doručení paketu a v případě ztráty jej zopakuje, UDP pouze odesílá datagramy a již neověřuje jejich doručení. Tento rozdíl je důležitý pro nadřazené aplikace, které nemohou spoléhat na doručení datagramu, nicméně i UDP má mnoho oblastí použití.

TCP protokol tedy vytváří po dobu spojení mezi dvěma aplikacemi obousměrný duplexní virtuální okruh. Přenášené pakety jsou číslovány, ztracená nebo poškozená data jsou znovu vyžádána. Integrita dat je zabezpečena kontrolním součtem. Zabezpečení však nešifruje a nechrání proti útočníkům, to je starost jiných protokolů z rodiny TCP/IP - například SSL.



Obr. 3-3 Sestavení síťového paketu [3]

Aplikační protokoly používají již ke komunikaci pouze TCP/IP protokoly a hovoříme o nich jako o jednotlivých internetových protokolech, nebo službách. Příkladem je SNMP pro správu sítě nebo uživatelské protokoly HTTP, SMTP, Telnet, FTP, IMAP, POP3 atd.



Obr. 3-4 Některé protokoly z rodiny TCP/IP a jejich návaznost [3]

Jakékoli zařízení, které by mělo komunikovat po síti, musí mít tedy implementovány popsané protokoly, aby mohlo využívat ty aplikace, které na ně navazují. Od linkové vrstvy

se jedná již pouze o software pro řídicí procesor každého zařízení, a proto se těžiště celé problematiky přesouvá právě do oblasti softwaru. [3]

3.3 Komunikace v distribuovaném systému

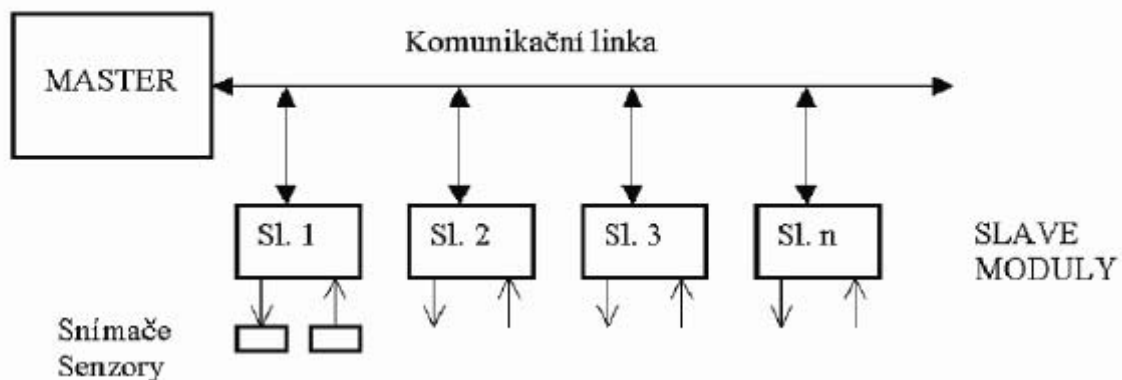
Jednou z hlavních funkcí linkové vrstvy je stanovení tzv. přístupové metody. Je-li na síti více účastníků, je nutné nějakým způsobem stanovit, kdo má kdy vysílat. Dojde-li k situaci, že se několik stanic pokouší vysílat současně, tak se obvykle žádné stanici nepodaří zprávu vyslat, protože současné vysílání několika stanic způsobí neplatnost údajů na sběrnici. Přístupová metoda je tedy definice pravidel vedoucích k získání oprávnění vysílat zprávu. V závislosti na přístupové metodě závisí i způsob přenosu informací mezi stanicemi a používaná terminologie. Podle způsobu adresování se přenos dat provádí buď stylem zdroj/cíl, kde je přesně znám odesílatel i příjemce, nebo producent/konzument, kde významný je pouze obsah zprávy a nikoliv odesílatel či adresát.

3.3.1 Zdroj/cíl (Source/Destination)

Přenos informací typu zdroj/cíl je ve své podstatě přenos dat mezi dvěma zařízeními. Informace přenášení ve formě paketů mají jednoznačně určený zdroj (adresa odesílatele) a jedinečný cíl (unikátní adresa příjemce). V okamžiku, kdy je nutné předat stejná data více příjemcům, musí být pro každého příjemce vyslána zvláštní zpráva, což zbytečně zatěžuje přenosové médium. Navíc každý příjemce obdrží tuto zprávu v jiný okamžik, což znesnadňuje synchronizaci mezi stanicemi. Při přenosu dat způsobem zdroj/cíl může být vztah mezi zařízeními buď typu Master/Slave, nebo Peer-to-Peer.

3.3.2 Master/Slave

Komunikace Master/Slave vychází z principu, že Master je oprávněn vyslat zprávu vždy, když to uzná za vhodné, zatímco Slave smí vyslat zprávu pouze tehdy, když je k tomu vyzván Masterem. Přenos dat ze zařízení Slave do zařízení Master probíhá tak, že Master pošle výzvu a Slave po obdržení této výzvy posílá odpověď. Přímý přenos dat mezi zařízeními typu Slave není obvykle možný. Přenos dat mezi zařízeními Slave probíhá tak, že Master si vyžádá data o jednoho zařízení (Slave A) a vzápětí tyto data pošle druhému zařízení (Slave B). Na síti je obvykle jedno zařízení Master a několik zařízení typu Slave. Některé sítě a protokoly umožňují existenci více zařízení typu Master na jedné síti (tzv. Multi-master konfigurace). [17]



Obr. 3-5 Blokové schéma komunikace Master/Slave [2]

3.3.3 Peer-to-Peer

Komunikace mezi zařízeními typu Peer-to-Peer vychází z principu, že všechna zařízení jsou si rovna. Tedy všechna zařízení na síti mohou vysílat tehdy, když to uznají za vhodné. Na síti neexistuje pevně vyhrazené zařízení typu Master. Stanice si předávají tzv. Token, což je oprávnění k vysílání. Stanice která vlastní Token je oprávněna vysílat. Ostatní stanice jsou na příjmu. Aby se zabránilo zahlcení sítě jedinou neustále vysílající stanicí, je obvykle oprávnění k vysílání omezeno na určitou dobu a toto oprávnění je cyklicky předáváno od jedné stanice k druhé stanici (tzv. token passing). [17]

3.3.4 Producent/konzument (Producer/Consumer)

Při přenosu dat tímto způsobem není významné, které zařízení zprávu vyslalo, ale podstatný je obsah zprávy. Adresa odesílatele je tak nahrazena identifikátorem obsahu zprávy (tzv. identifikátor zprávy). Všechny stanice na síti "slyší" všechny přenášené zprávy a mají možnost tuto zprávu přijmout. Na základě identifikátoru zprávy se každé zařízení rozhoduje, zda má o data obsažená v dané zprávě zájem a tedy zda zprávu přijme a zpracuje, nebo zda bude tuto zprávu ignorovat. Odesílatel zprávy obecně nemá informaci o tom, kolik je příjemců zprávy. Na odeslání stejných dat více zařízením je tak nutné vyslání pouze jediné zprávy. Na sítích s přenosem dat typu Producent/konzument lze samozřejmě realizovat jak přenos dat typu Master/Slave, tak přenos dat typu Peer-to-Peer. Z hlediska přístupu k přenosovému médium jsou si zařízení rovna (není-li protokolem stanoveno jinak) a k vysílání zpráv dochází na základě nějakého podnětu. Podněty podle [17] k vysílání jsou následující:

- Obdržení žádosti o data od jiné stanice;
- Nutnost získat data od jiné stanice (stanice tedy odesílá žádost o data);

- Došlo ke změně nějaké veličiny a stanice má povinnost každou změnu této veličiny hlásit ostatním stanicím;
- Stanice má povinnost periodicky informovat okolní stanice o hodnotě dané veličiny, a od předchozího odeslání informace již uplynul vymezený čas.

3.3.5 Typy zpráv

Přenášené zprávy lze obecně rozdělit podle počtu příjemců na zprávy typu:

Unicast - zpráva má jediného příjemce;

Multicast - zpráva je určena více příjemcům;

Broadcast - zpráva je určena všem stanicím na síti.

3.3.6 Vztah Klient/Server

Mnohdy se při přenosu dat používá pojem klient a server. Pojmy klient a server jsou rozlišovány stanice z hlediska poskytování služeb a informací. [17]

Klient - stanice, která vyžaduje službu nebo informace,

Server - stanice, která poskytuje službu nebo informace.

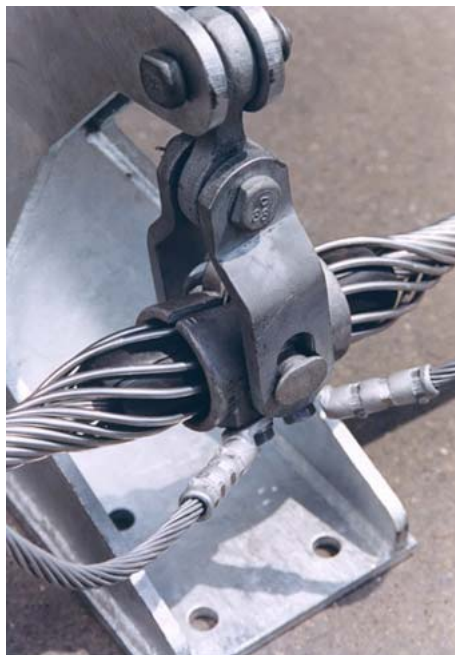
3.4 Propojovací média a komunikace

V datových sítích LAN a WAN, které jsou už v současné době vybudovány se používají převážně optické vodiče případně metalická vedení. Komunikace mezi distribuovaným řídicím systémem a dispečinkem je možná i pomocí bezdrátové technologie. Nejrozšířenější bezdrátová síť je GSM, která právě umožňuje komunikaci SMS nebo GPRS.

Implementace optických vodičů je dnes u nových přenosových vedení samozřejmostí. Nejvíce se optické sítě provozují jako kombinovaná zemní lana nad silovým vedením.

3.4.1 KZL (kombinovaná zemní lana)

Na ochranu před atmosférickou elektřinou je vedení vybaveno jedním nebo dvěma zemnicími lany. Ta jsou natažena nad fázovými vodiči a slouží jako ochrana před přímým úderem blesku do vedení. Zemnicí lana se běžně používají v kombinaci s optickými vlákny, po kterých jsou vedeny datové spoje, které slouží k signalizaci, k telekomunikaci a k řízení jednotlivých prvků v síti.



Obr. 3-5 Detail nosného závěsu [4]



Obr. 3-6 Nalevo KZL21 a napravo optická spojka SB3 [4]

Optické kabeláže tvoří prostředí pro přenos informace prostřednictvím světelného paprsku. Optické vlákno má oproti standardním metalickým kabelům několik podstatných výhod:

Přenos signálu na velké vzdálenosti - Nízký útlum a vysoká integrita přeneseného signálu umožňují optickým systémům přenosy na daleko větší vzdálenosti než u metalických vedení.

Větší šířka pásma, menší průměr a nižší hmotnost - Optické vlákno má oproti standardním metalickým kabelům nesrovnatelně vyšší šířku pásma, což dovoluje po jednom vláknu přenos podstatně vyššího množství informace než po celém kabelovém svazku měděných párů. Menší průměr a nižší hmotnost se projeví mimo jiné i podstatně nižších nároků na kabelovou trasu a instalační technologie.

Dielektricitá - Optické kabely v nemetalickém provedení pláště umožňují využívat přenos informace v prostředích s vysokým stupněm elektrického nebo vysokofrekvenčního zamoření. Proto optické kabely lze instalovat v těsném sousedství silových kabelů pro rozvod elektrické energie, aniž by byly jakkoli omezeny přenosové nebo bezpečnostní parametry.

Bezpečnost - Vzhledem k tomu, že pro přenos informace se nevyužívá elektrických principů, je optické kabely velmi obtížné, ne-li nemožné odposlouchávat. Jakékoli přerušení kabelu je přitom snadno detekovatelné. [5]

3.4.2 Kroucená dvojlinka

Kroucená dvojlinka je tvořena páry vodičů, které jsou po své délce pravidelným způsobem zkrouceny a následně jsou do sebe zakrouceny i samy výsledné páry. Oba vodiče jsou v rovnocenné pozici (i v tom smyslu, že žádný z nich není spojován se zemí či s kostrou), a proto kroucená dvojlinka patří mezi tzv. symetrická vedení. Zakončuje se konektorem RJ 45.



Obr. 3-7 Konektor RJ45 - znázornění zapojení [18]

Důvodem kroucení vodičů je zlepšení elektrických vlastností kabelu. Minimalizují se přeslechy mezi páry a snižuje se interakce mezi dvojlinkou a jejím okolím, tj. je omezeno vyzařování elektromagnetického záření do okolí i jeho příjem z okolí.

3.4.2.1 Kategorie

Jak se časem objevovaly a vyvíjely nové a vyspělejší technologie či aplikace, které mají stále větší nároky na přenosovou rychlost, vyvíjela se i kroucená dvojlinka. Tento vývoj můžeme rozdělit do několika kategorií. V dnešní době se výhradně používá kategorie 5 a vyšší.

Kategorie 1: Tento typ rozvodů není určen k datovým přenosům, lze jej použít např. k telefonním rozvodům. Přenosové rychlosti do 1 Mbit.s^{-1} , vhodné např. pro analogové telefonní rozvody, ISDN a podobně.

Kategorie 2: Určen pro přenos dat, s maximální šířkou pásma 1,5 MHz. Používá se pro digitální přenos zvuku a především pro rozvody IBM Token Ring. Přenosové rychlosti kolem 4 Mbit.s^{-1} .

Kategorie 3: Rozvody určené pro rozvody dat a hlasu s šířkou pásma 16 MHz a přenosovou rychlostí do 10 Mbit.s^{-1} . Využívá se u datových přenosů označovaných jako 10BASE Ethernet.

Kategorie 4: Určen pro přenos dat, s šířkou pásma 20 MHz a přenosovou rychlostí do 16 Mbit.s^{-1} .

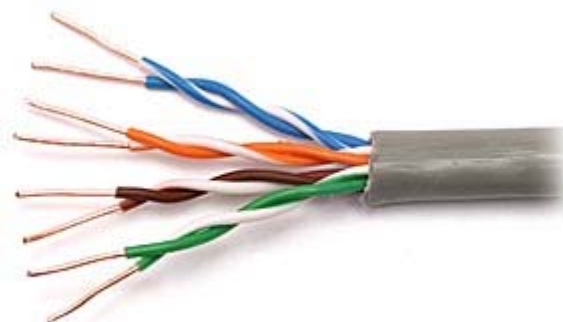
Kategorie 5: Pracuje v šířce pásma do 100 MHz. Rozvody pro počítačové sítě s přenosovou rychlostí 100 Mbit.s^{-1} , resp. 1 Gbit.s^{-1} v případě využití všech 8 vláken. Využíván u 100 Mbit.s^{-1} TPDDI a 155 Mbit.s^{-1} ATM. V současné době je nahrazen standardem kategorie 5E.

Kategorie 5E: Pracuje rovněž v šířce pásma do 100 MHz, avšak vyžaduje nové způsoby měření parametrů a v některých parametrech je přísnější. Cílem je provozovat 1 Gbit.s^{-1} . Využíván u 100 Mbit.s^{-1} TPDDI, 155 Mbit.s^{-1} ATM a GigabitEthernet.

Kategorie 6: Pracuje s šířkou pásma 250 MHz. Využívá se pro ultrarychlé páteřní aplikace v oblasti lokálních sítí. V současné době nejpoblárnější kabeláž pro nově budované rozvody.

Kategorie 6A: Pracuje s šířkou pásma 500 MHz. Používá se pro zvláště rychlé páteřní aplikace v oblasti lokálních sítí. Využívá se i pro 10GBASE-T Ethernet (10 Gbit.s^{-1}).

Kategorie 7: Pracuje v šířce pásma do 600 - 700 MHz. Kabel je plně stíněný - každý pár je stíněn zvlášť Al fólií a kabel sám má ještě celkový štít. Tato „plně stíněná“ konstrukce má ale za následek větší váhu, větší vnější průměr a menší ohebnost kabelu než UTP nebo STP. Používá se pro přenosy plné šířky videa. V současné době se provádí první pokusy s tímto standardem. Ke komerčnímu využití, nejvíce překáží vysoká cena komponentů a především neznalost protokolu i fyzického využití. [6]



Obr. 3-8 UTP kabel [19]

3.4.3 PLC komunikace

V energetice také můžeme využít pro přenosy fázové vodiče vvn a vn. Užití najdeme především pro přenos hovorů a dat. PLC systém komunikuje na frekvenci 30 kHz - 750 kHz při šířce kanálu 2,5 kHz nebo 4 kHz. Signalizace v instalacích nízkého napětí v kmitočtovém rozsahu od 3 kHz do 148,5 kHz

PLC systémy můžeme rozdělit na úzkopásmové a širokopásmové. Širokopásmová PLC není zatím v ČR mnoho využívána. Využívá se především pro přenos dat po nn vedení a řízení v rámci jedné budovy.

3.4.3.1 Úzkopásmové PLC

Používají se pro lokální aplikace pro účely měření, signalizace, ovládání a sběr dat, například pro přenos údajů měřičů energie (elektřina, voda, plyn, teplo aj.), ovládání klimatizace a větrání, ovládání osvětlení, přenos signálů od bezpečnostních čidel, a jiné.

Příklad úzkopásmového telekomunikačního systému – Modemtec

Skládá se ze sestavy modulů měřicích a komunikačních. Modem PLC pro síťovou úroveň nn, využívá pásmo 95 - 145 kHz, dosah až 3 km, přenosová rychlost 4,8 - 72 kbit.s⁻¹, rozhraní I2 - V.24/V.28, užívá se vícekanálová modulace PSK s detekcí chyb. [7]

Užití pro aplikace:

- Dálkové měření teploty, průtoku, vlhkosti aj.,
- Dálkové monitorování stavů elektroměrů, plynoměrů apod.
- Dálková regulace fyzikálních veličin
- Centrální dispečerské řízení



Obr. 3-9 modul MT29 [20]

Na obr. 3-9 je znázorněn PLC modul MT29. Tyto moduly jsou čítače určené pro čtení vstupních pulsů z měřičů elektrické energie, plynu, vodoměrů apod. a následné zasílání načtených veličin po PLC síti do řídicího centra.

PLC moduly MT29 jsou programovatelné. Nastavování parametru PLC modemu nebo parametrů čítače je možné provádět buď přímo přes sériový port PLC modulu MT29 anebo vzdáleně s řídicího počítače přes PLC síť.

4 PŘEHLED NEJBĚŽNĚJŠÍCH PRŮMYSLOVÝCH SBĚRNIC A ROZHRAŇÍ ŘÍDÍCÍCH SYSTÉMŮ

Vzájemné fyzické propojení několika prvků systému zajišťuje sběrnice. Často je pod tímto pojmem označována jak fyzická vrstva (např. RS – 485 – kroucený dvoudrát), tak vrstva linková (protokoly).

Distribuované řídicí systémy se nejčastěji používají pro spojitě zpětnovazební řízení, přímé logické řízení a ovládání rozsáhlých technologických celků. Jako první řídicí systémy začaly využívat sériové komunikační sběrnice a počítačově řešené prostředky pro styk s obsluhou (monitorovací a ovládací systémy).

4.1 Rozhraní RS232

Standard RS-232, resp. jeho poslední varianta RS-232C z roku 1969, (také sériový port nebo sériová linka) se používá jako komunikační rozhraní osobních počítačů a další elektroniky. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení, tzn., že jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně za sebou (v sérii) po jediném vodiči podobně jako u síťové technologie Ethernet nebo rozhraní USB. [8]

Rozhraní RS232 je oficiálně (podle specifikace) možné použít pro propojení dvou zařízení mezi sebou, a to jen do vzdálenosti 15 metrů při přenosové rychlosti do $20 \text{ kb}\cdot\text{s}^{-1}$, což vyplývá z povolené kapacity kabelu 2500 pF.

V praxi jsou dosahovány výsledky mnohem lepší ($115200 \text{ b}\cdot\text{s}^{-1}$ při vzdálenosti až 50 metrů) díky použití kabelů s kapacitou pod 1000 pF. [9]

4.1.1 Základní technický popis

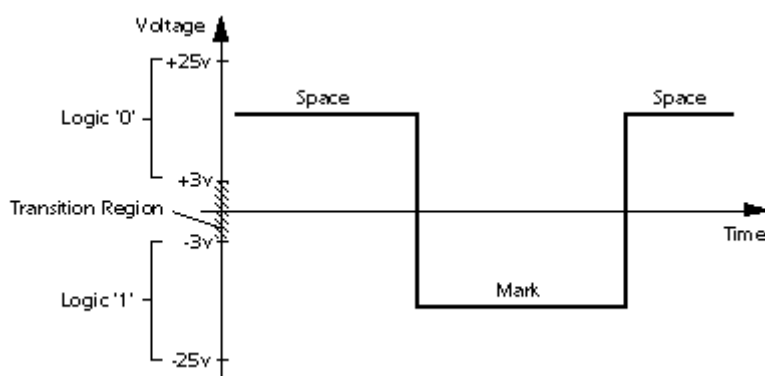
RS 232 používá dvě napěťové úrovně. Logickou 1 a 0. Log. 1 je někdy označována jako marking state nebo také klidový stav, Log. 0 se přezdívá space state. Log. 1 je indikována zápornou úrovní, zatímco logická 0 je přenášena kladnou úrovní výstupních vodičů. Povolené napěťové úrovně jsou uvedeny v tabulce. Nejběžněji se pro generování napětí používá napěťový zdvojovač z 5 V a invertor. Logické úrovně jsou potom přenášeny napětím +10 V pro log. 0 a -10 V pro log. 1. [9]

Tab. 4-1 Datové signály [9]

Datové signály		
Úroveň	Vysílač	Přijímač
Log. L	+5 V to +15 V	+3 V to +25 V
Log. H	-5 V to -15 V	-3 V to -25 V
Nedefinovaný	-3 V to +3 V	

Tab. 4-2 Řídicí signály [9]

Řídicí signály		
Signál	Driver	Terminátor
"Off"	-5 V to -15 V	-3 V to -25 V
"On"	5 V to 15 V	3 V to 25 V



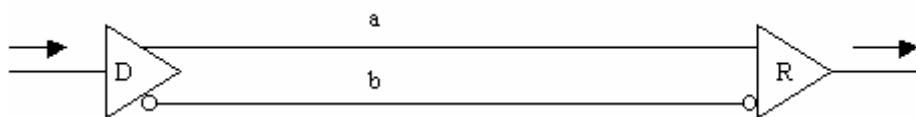
Obr. 4-1 Napěťová charakteristika RS232 [9]

Pro propojení dvou zařízení s rozhraním RS232 v minimální konfiguraci stačí tři vodiče (RxD, TxD, Gnd - tzv. null modem kabel), pak se ale nevyužívá řídicích signálů. Při propojení řídicích signálů počet vodičů roste podle požadavků na způsob řízení toku dat. Pro přenos dat na větší vzdálenosti se používá rozhraní RS422 nebo RS485. [9]

4.2 Rozhraní RS485 a RS482

Pro přenos dat na větší vzdálenosti je vhodné použít linku RS485 nebo RS422. Linky mohou být vedeny až na vzdálenost 1600m (vodiče s kapacitou do $65 \text{ pF} \cdot \text{m}^{-1}$) a lze je větvit. Maximální přenosové rychlosti mohou dosahovat až $10 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$

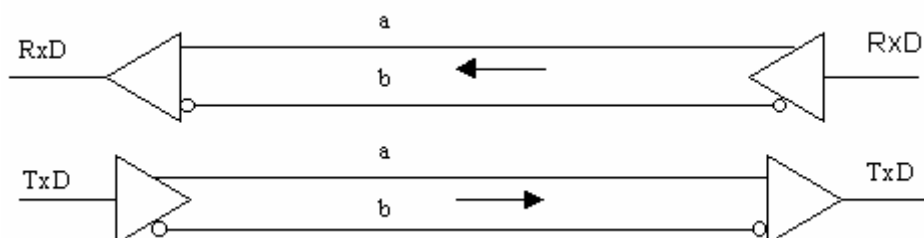
Každý ze signálů linky je přenášen po dvojici vodičů, nejlépe v provedení twistový pár. Vodiče označované a a b jsou vysílačem buzeny v protifázi a přijímač vyhodnocuje jejich napěťový rozdíl. Tímto principem se odstraní součtové (aditivní) rušení.



Obr. 4-2 Přenos jednoho signálu po lince RS485 nebo RS422 [10]

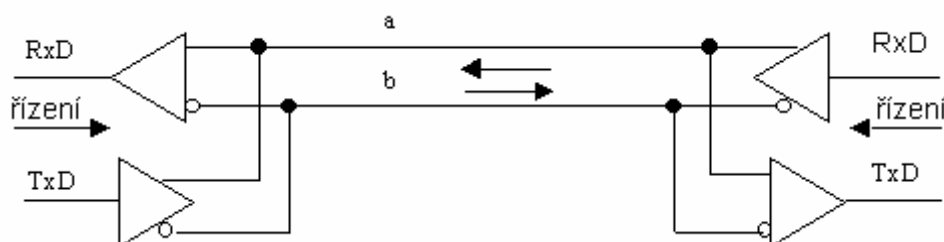
Zatímco linka RS232 pracuje s úrovněmi typicky -15V a $+15\text{V}$, úrovně linky RS485 nebo RS422 jsou menší, typický rozdíl mezi vodiči je 2V . Aby přijímač mohl pracovat diferenciallyně, nesmí být rozdíl mezi zemí vysílače a zemí přijímače větší než 7V . V opačném případě se vstupy přijímače zahltí a dojde k přerušení komunikace. Proto je nezbytné používat linky RS485 a RS422 vždy s galvanickým oddělením, jinak se jejich výhody ztratí.

4.2.1 Provedení linky RS485 a RS422



Obr. 4-3 Provedení nevětvené linky RS422 [10]

Linka RS422 používá jeden pár vodičů pro signál RxD a druhý pro signál TxD. Z toho vyplývá, že použijeme-li linku RS422 k prodloužení přenosové vzdálenosti místo “třídrátové” RS232 (RxD, TxD, GND), nic se nemusí na způsobu komunikace měnit a není tedy třeba ani zásah do software.



Obr. 4-4 Provedení nevětvené linky RS485 [10]

Linka RS485 používá jeden pár vodičů pro oba směry toku dat. Je tedy třeba směr komunikace přepínat a to může být problém zvláště v případech, kdy s touto možností software nepočítá.

Přepínání směru komunikace jistě bude vyřešeno u zařízení, které obsahuje už standardně linku RS485. Pokud však používáme zařízení s vyvedenou linkou RS232 (například počítač PC) a následným převodníkem RS232/RS485, je třeba přepínání směru

zajistit. Nejvhodnější způsob je použít pro přepnutí některý volný řídicí signál linky RS232 (například DTR nebo RTS), jeho ovládání však musí umožnit použitý program.

Jestliže není signál pro přepnutí k dispozici, je jedinou možností použít převodník linky RS232 na RS485 s automatickým přepínáním. I to má však úskalí. Takový převodník je stále přepnut na příjem z linky RS485 a při zjištění dat vysílaných ze strany linky RS232 se přepne na vysílání. V režimu vysílání však převodník zůstane ještě po nějakou dobu (protože nemůže přesně identifikovat konec dat). Jestliže během této doby začne na linku vysílat někdo jiný, dojde ke kolizi a data nejsou přijata.

Problémy s přepínáním lze však po prozkoumání konkrétní situace téměř vždy vyřešit. Poslední možností je použít linku RS422, která přepínání nepotřebuje.

RS-422 v základu zajišťuje jen jednosměrný přenos od jednoho vysílacího zařízení až k 10 přijímačům. RS-485 je sběrnici pro vzájemné obousměrné propojení až 32 jednotek.

Jak již z výše uvedeného vyplývá, dá se RS-422 prezentovat a často se tak i děje, i jako jednosměrný průmyslový ekvivalent k RS-232, když se nevyužívá řízení komunikace, tzv. handshaking. Při použití dvou RS-422 tak prakticky lze vytvořit náhradu RS-232 pro přenos dat na velké vzdálenosti až několika stovek metrů.

Naopak RS-485 reprezentuje klasickou sběrnici, kde lze jedním párem vodičů propojit mezi sebou více zařízení (až 32), která si mají mezi sebou přenášet data. Aby to však bylo možné je nutné zajistit řízení přístupu na sběrnici. Jde tedy o obousměrný přenos dat, ale protože nelze po jednom páru najednou přenášet data oběma směry, je zde vyžadováno řízení směru přenosu. [10]

4.3 Proudová smyčka

Proudová smyčka 4 – 20 mA se již dlouho využívaný standard pro přenos hodnot naměřených veličin v oblasti průmyslové automatizace. Vlivem velké šumové imunity dovoluje přenos na vzdálenosti stovek metrů a umožňuje napájení připojených komponent přímo ze smyčky.

Proudová smyčka 4 - 20 mA se již dlouhou dobu využívá v průmyslové automatizační technice. V praxi se však lze setkat s dvěmi možnými verzemi:

- analogová proudová smyčka - hodnoty jsou vyjádřené proudy v rozsahu 4 až 20 mA
- digitální proudová smyčka - hodnoty log. 0 je vyjádří proudem 4mA a log. 1 proudem 20mA

Ve většině případů se však využívá analogové varianty. Pro přenos digitálního signálu se častěji využívá proudové smyčky 0-20mA.

Výhodou proudové smyčky je značná imunita proti elektromagnetickému rušení často se vyskytující v průmyslu, přenos na velké vzdálenosti a v jednoduchosti. V případě přenosového média lze využít pouze dvou vodičů, i když vyskytují verze se třemi, případně čtyřmi vodiči pro zlepšení některých parametrů. Výhodou proudu jako signálové veličiny je i snadná detekce přerušeni smyčky v případě, že detekovaný proud klesne k 0 mA. Odolnost

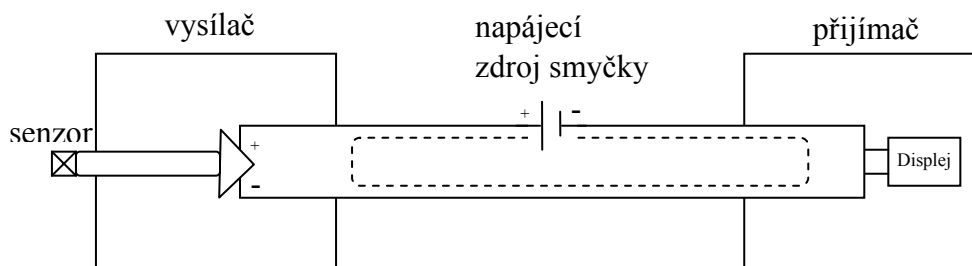
proti rušení je dána nízkým vstupním odporem proudových vstupů připojených zařízení do smyčky (řádově desítky). Dále je možné provádět napájení připojených komponent přímo prostřednictvím smyčky. [21]

Typická smyčka je složen z těchto komponent:

- senzor - převádí měřenou neelektrickou veličinu na napěťový signál
- převodník napětí - proud/vysílač - provádí převod napětí na proud v rozsahu 4 až 20 mA
- napájecí zdroj smyčky - obvykle poskytuje napájení pro vysílač a přijímač, případně ostatní komponenty zapojené ve smyčce vyžadující stejnosměrné napájecí napětí
- přijímač - provádí zpětný převod proudu na napětí, případně i vyhodnocení a zobrazení

4.3.1 Základní princip funkce

Základní funkci smyčky lze popsat *obrázkem 4-5*. Tvoří ji výše uvedené komponenty a propojené vedením. Výstupní napětí generované senzorem je nejdříve převedeno na proud, kdy hodnotě 4 mA odpovídá například nulová hladina měřené veličiny a hodnotě 20 mA plný rozsah. Přijímač (vyhodnocovací zařízení) provede převod proudu opět na napěťový signál, který pak může být libovolně zpracováván analogovým nebo digitální zpracováním signálu. Jak již bylo napsáno v úvodu, je toto řešení přenosu hodnot vhodné pro přenos na dlouhé vzdálenosti stovek i více metrů. [21]



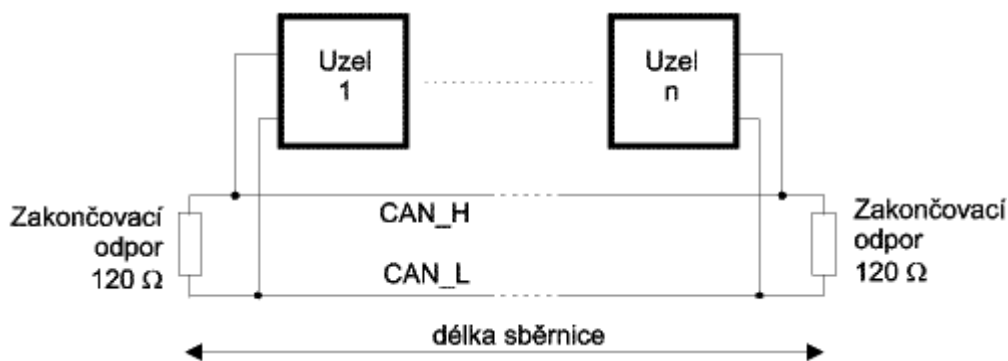
Obr. 4-5 Příklad struktury proudové smyčky 4-20 mA [21]

4.4 Datová komunikační síť CAN

Koncem 80.let navrhla pro své potřeby německá firma Robert Bosch GmbH datovou komunikační síť pod názvem CAN (Controller Area Network). Původním záměrem byla především úspora kabeláže a zabezpečení přenosu informací mezi snímacími, řídicími a výkonovými prvky v automobilech. Vlastnosti, které nově definovaný systém zabezpečuje, mj. relativně vysoká rychlost přenosu, vysoká spolehlivost a odolnost při extrémních podmínkách (teplota, rušení apod.), nízká cena komunikačních obvodů, jsou pochopitelně výhodné, takže tento typ komunikační sítě nachází uplatnění i v dalších oblastech řídicí techniky.

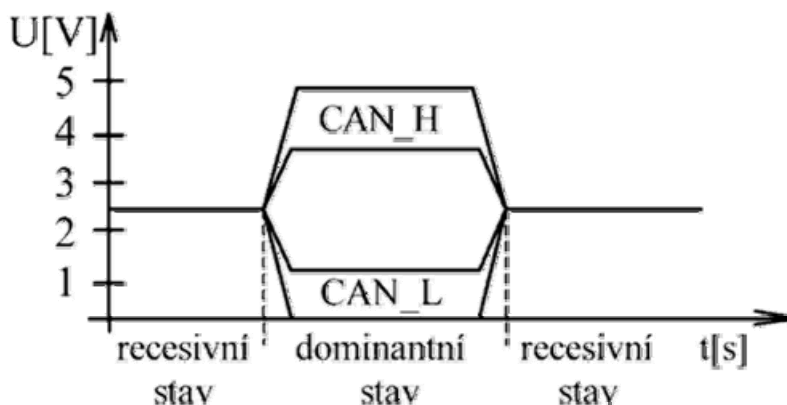
Datová komunikační síť CAN původně používala modifikované rozhraní RS 485, později bylo definováno normou ISO. Tato norma uvádí specifikaci elektrického rozhraní (fyzická vrstva) a specifikaci datového protokolu (linková vrstva).

Přenosovým prostředkem je sběrnice tvořená dvou vodičovým vedením, jehož signálové vodiče jsou označeny CAN_H a CAN_L, a zakončovacími rezistory 120 Ω. K této sběrnici se připojují jednotlivé komunikační uzly. [11]



Obr. 4-6 Principiální struktura sítě CAN podle ISO 11898 [12]

Sběrnici se přenáší dva logické stavy: aktivní (dominant - dominantní) a pasivní (recessive - recesivní), přičemž dominantní stav představuje log.0., recesivní stav log.1. Sběrnice je v dominantním (aktivním) stavu, je-li alespoň jeden její uzel v dominantním stavu. V recesivním (pasivním) stavu je sběrnice tehdy, když všechny její uzly jsou v recesivním stavu. V recesivním stavu je rozdíl napětí mezi vodiči CAN_H a CAN_L nulový, Dominantní stav je reprezentován nenulovým rozdílem napětí. Spínače signálových vodičů jsou konstruovány tak, aby v dominantním stavu na vodiči CAN_H bylo napětí v rozsahu 3,5 až 5V, na vodiči CAN_L napětí v rozsahu 0 až 1,5V. V recesivním stavu je napětí vodičů CAN_H a CAN_L stejné a je zajištěno odporovou sítí na vstupu přijímače. Na obr. 4-7 je na časové ose průběhu signálu znázorněno toleranční pásmo napěťových úrovní logických stavů na sběrnici CAN. [11]



Obr. 4-7 Toleranční pásmo napěťových úrovní logických stavů na sběrnici CAN [11]

Na sběrnici může být čistě teoreticky připojeno neomezené množství uzlů, avšak s ohledem na zatížení sběrnice a zajištění správných statických i dynamických parametrů sběrnice norma uvádí jako maximum 30 uzlů připojených na sběrnici. Maximální délka sběrnice je pro přenosovou rychlost $1 \text{ Mbit}\cdot\text{s}^{-1}$ udána normou 40m. Pro jiné přenosové rychlosti délku sběrnice norma neudává, avšak lze logickým úsudkem dojít k závěru, že pro nižší přenosové frekvence bude maximální délka sběrnice větší. Maximální délky sběrnice pro jinou přenosovou rychlost než $1 \text{ Mbit}\cdot\text{s}^{-1}$ uvedené v tab. 4-3 jsou pouze informativní a závisí na mnoha parametrech (např. typu použitého kabelu). [12]

Tab. 4-3 Přehled některých parametrů [12]

Přenosová rychlost	125 kBit/s až 1 Mbit/s
Počet uzlů v síti	max 30
Maximální délka sběrnice - 1 Mbit/s	40 m
500 kbit/s	112 m
300 kbit/s	200 m
100 kbit/s	640 m
50 kbit/s	1340 m
20 kbit/s	2600 m
10 kbit/s	5200 m
Typická impedance vedení	120 Ohmů

4.5 Sběrnice LonWorks

(LON = Local Operating Network) je průmyslová komunikační síťová platforma (nebo také komunikační sběrnice) vyvinutá v letech 1989 až 1992 firmou Echelon Corporation ve spolupráci s firmami Toshiba a Motorola. Protokol užívaný pro komunikaci na této sběrnici se nazývá LonTalk.

Technologie LonWorks nabízí univerzální komunikaci po libovolném vedení včetně RS-485, síťového rozvodu 230 V nebo kabelové televize. Tím je vhodný nejen pro řízení spotřebičů a automatizaci budov (klimatizace, topení, světlo apod.), ale i dálkové odečty měřičů energií nebo regulaci v průmyslu. Může dosahovat přenosové rychlosti až $1,25 \text{ Mb}\cdot\text{s}^{-1}$, maximální vzdálenost může být 2 km.

4.5.1 Výhody a využití sítě LonWorks

Díky univerzálnosti a otevřené formě lze síť LonWorks použít v libovolné aplikaci od oblasti supermarketů až výrobní továrny, od aut přes železniční dopravu až po letadla, od řízení spotřebičů bytů či malých domácností až po mrakodrapy.

Výhody:

- Nízké instalační nároky - lze využít stávající přenosová média, příp. napájecí síťové kabely, kabelová televize nebo i Internet
- Vysoká spolehlivost a zabezpečení sítě - speciální autentizační algoritmus
- Dobrá flexibilita
- Kvalitní diagnostické možnosti - díky inteligentním uzlům sítě
- Případné jednoduché programování ->možnost naprogramovat a vytvořit vlastní interface a aplikaci
- 2 až 32000 zařízení připojených v síti
- Peer-to-peer architektura (P2P)
- Interface pro RS-232, RS-485, PCI atd.

Využití:

- řízení a automatizace budov - výtah, klimatizace, topení, zapínání / vypínání osvětlení a jiných libovolných zařízení, zabezpečovací zařízení, protipožární ochrana
- řízení domácích spotřebičů
- Sledování spotřeby energií - odečty elektroměrů, plynoměrů, vodoměrů a spotřebičů tepla
- Telekomunikace, metropolitní sítě, přenosu zvuku
- Dálkové řízení libovolných procesů
- řízení v oblasti dopravy
- Bezpečnostní zařízení
- Měření a Regulace (MaR)
- HMI (Human-Machine Interface) - přenos a přímé zpracování dat od libovolných senzorů, klávesnic a zobrazení na displejích, LED apod.
- Ovládání akčních členů / atenuátorů - motory, topná tělesa, sirény apod.

Síť LonWorks využívá peer-to-peer architektury (přímá komunikace systémem uzlu-uzel) s prioritním systémem zasílání zpráv. Základem sítě LonWorks je inteligentní uzel, tzv. node, který je založen na speciálních mikrokontrolérech, nazývané Neuron chip, na němž běží LonTalk protokol. Komunikační model je nezávislý na fyzickém přenosovém médiu a na topologii sítě. Samotné řízení přenosu a směrování paketů (zpráv) provádí LonTalk protokol, který tvoří firmware každého Neuron chipu. [13]

4.6 Průmyslová sběrnice Profibus

Pod označením Profibus jsou v Evropské unii normalizovány tři průmyslové sběrnice. Původní Profibus (nyní značen jako Profibus – FMS) je určen pro rozsáhlé a náročné aplikace, zejména pro komunikaci řídicího systému s podřízenými subsystemy. Maximální délka sběrnic je 1,2 km (4,8 km při použití opakovačů), přenosová rychlost je až $500 \text{ kb}\cdot\text{s}^{-1}$. Jako přenosové médium je použit kroucený dvoudrát se stíněním, všechny stanice jsou galvanicky oddělené. Přístupová metoda může být token paging (adresy stanic tvoří cyklickou posloupnost, každá stanice zná svou adresu a adresu následníka. Mezi stanicemi se cyklicky předává právo k vysílání - token), master slave nebo hybridní.

Pro automatizaci a aplikace na úrovni jednoduchých procesů byla vyvinuta a normalizována verze Profibus – DP. Ta využívá opět galvanicky oddělené a stíněné sběrnice RS – 485, ale předpokládá vyšší maximální přenosovou rychlost. Je určena pro úroveň senzor – akční člen.

Další modifikace s názvem Profibus – PA je určena pro jednoduché aplikace, nebo subsystemy. Používá též dvoudrátovou sběrnici, ta se však v tomto případě používá nejen pro přenos dat, ale i pro napájení čidel nebo akčních členů s malým příkonem. [2]

4.7 Profinet

Profinet je standardizovaný, otevřený, na výrobci či dodavateli nezávislý komunikační systém pro všechny úrovně průmyslové automatizace, založený na průmyslovém Ethernetu. Je schopen zajistit odezvu v reálném čase a umožňuje i izochronní přenosy dat. Izochronní reálný čas je určen pro specifické aplikace vyžadující rychlou odezvu a přesné taktování, např. řízení pohybu. IRT (Isochronou Real Time) je schopen dosáhnout časového cyklu sběrnice pod 1 ms. Do sítě Profinet je možné bez problémů začlenit distribuovanou přístrojovou techniku různých výrobců.

PROFINET je součástí normy IEC 61158 a je založen na mezinárodním standardu Ethernet (IEEE 802.3). Jedná se tedy o Fast Ethernet ($100 \text{ Mbit}\cdot\text{s}^{-1}$). PROFINET používá odstupňovanou komunikační architekturu založenou na Ethernetu. Rozlišujeme tyto typy: standardní komunikace (TCP/IP), komunikace pro reálný čas (RT) a izochronní reálný čas (IRT).

4.7.1 Standardní komunikace

Jedná se o datové přenosy přes TCP/IP a UDP/IP, které nejsou časově kritické, tzn. většinou komunikačního charakteru, např. parametrizace a konfigurace. Pokud jde o komunikační protokoly na poli IT, TCP/IP je dnes již všeobecně považován za standard.

4.7.2 Komunikace pro reálný čas

Reálný čas (RT) je určen pro časově kritická procesní data, např. cyklická uživatelská data nebo událostmi řízená přerušení. Pro splnění požadavků automatizačních řešení na odezvu v reálném čase disponuje PROFINET optimalizovaným realtime komunikačním kanálem. Toto řešení výrazně zkracuje časový cyklus a tím zvyšuje výkonnost aktualizace

procesních dat. Výkonnost je plně srovnatelná se současnými průmyslovými sběrnicemi a poskytuje časovou odezvu v rozsahu 5-10 ms. Současně jsou v těchto zařízeních výrazně sníženy požadavky na výkonnost procesoru a lze zde používat standardní síťové komponenty. [15]

4.8 MODBUS

MODBUS je otevřený protokol pro vzájemnou komunikaci různých zařízení (PLC, dotykové displeje, I/O rozhraní apod.), který umožňuje přenášet data po různých sítích a sběrnicích (RS-232, RS-485, Ethernet TCP/IP, atd.). Komunikace funguje na principu předávání datových zpráv mezi klientem a serverem resp. masterem a slavem.

MODBUS je protokol pro přenášení zpráv pracující na aplikační hladině OSI modelu a poskytuje komunikaci na principu klient / server (master / slave) mezi zařízeními komunikujícími na různých typech sběrnic a sítích. Struktura standard byla vyvinuta firmou firmou Modicon v roce 1979 a postupně se z něho stal průmyslový standard. MODBUS je protokol typu žádost / odpověď (request / reply) a poskytuje přenos služeb specifikované tzv. kódem funkce (function code). Protože je MODBUS plně otevřená architektura, umožňuje komunikaci po mnoha různých typech struktur sítí. [14]

4.8.1 MODBUS PLUS (MODBUS +)

Protokol pro linkovou vrstvu OSI modelu označovaný jako MODBUS PLUS původně vyvinula firma Schneider Automation pro výměnu informací mezi firemními produkty. Jedná se o otevřený protokol, který definuje komunikaci typu peer-to-peer s výměnou tokenu. Jde tedy o strukturu sítě Token Ring s fyzickým přístupem založeným na přenosové rychlosti $1\text{Mb}\cdot\text{s}^{-1}$.

Každá síť podporuje až 64 adresovatelných uzlů (zařízení). Při délce sítě 450 m jich může být až 32. Délku sítě lze prodloužit pomocí opakovače (repeater) až na 1800 m. Minimální délka propojovacího kabelu mezi dvěma uzly je 3 m. Jako fyzického média se využívá stíněného krouceného páru. Síť může být strukturována pomocí mostů (bridges). Zařízení se sériovým rozhraním se mohou připojit prostřednictvím Bridge Multiplexerů.

Každé řídicí zařízení, které je připojeno k síti, má adresu v rozsahu 1 až 64, která je nezávislá na fyzické lokalizaci jednotky v síti a je jedinečná. Pro větší počet připojených zařízení je nutné dvě podsítě navzájem oddělit mostem. Při komunikaci přímá dané zařízení token od předchozího zařízení a odesílá ho následujícímu. Aplikační program tak může získat přístup k registrům všech komunikujících zařízení. Předávání tokenu začíná u zařízení s nejnižší adresou a postupně s předává zařízení s adresou nejbližší vyšší. Když je obslouženo zařízení s nejvyšší adresou, token opět přechází na zařízení s adresou nejnižší. Každé zařízení po získání tokenu může vyslat zprávy každému v síti definováním své a cílové adresy v rámci. [14]

5 MOŽNOSTI A PRAKTICKÉ APLIKACE DISTRIBUOVANÝCH SYSTÉMŮ

5.1 Užití distribuovaných periferních jednotek Simatic ET200

Použití distribuovaných periferních jednotek (remote IO) v kombinaci s některou z průmyslových sběrnic je dnes v automatizaci jasným trendem. Společnost Siemens v této oblasti neustále rozšiřuje nabídku produktů a přichází s novinkami, které mají usnadnit a zefektivnit práci při projektování, montáži, programování i servisu zařízení.

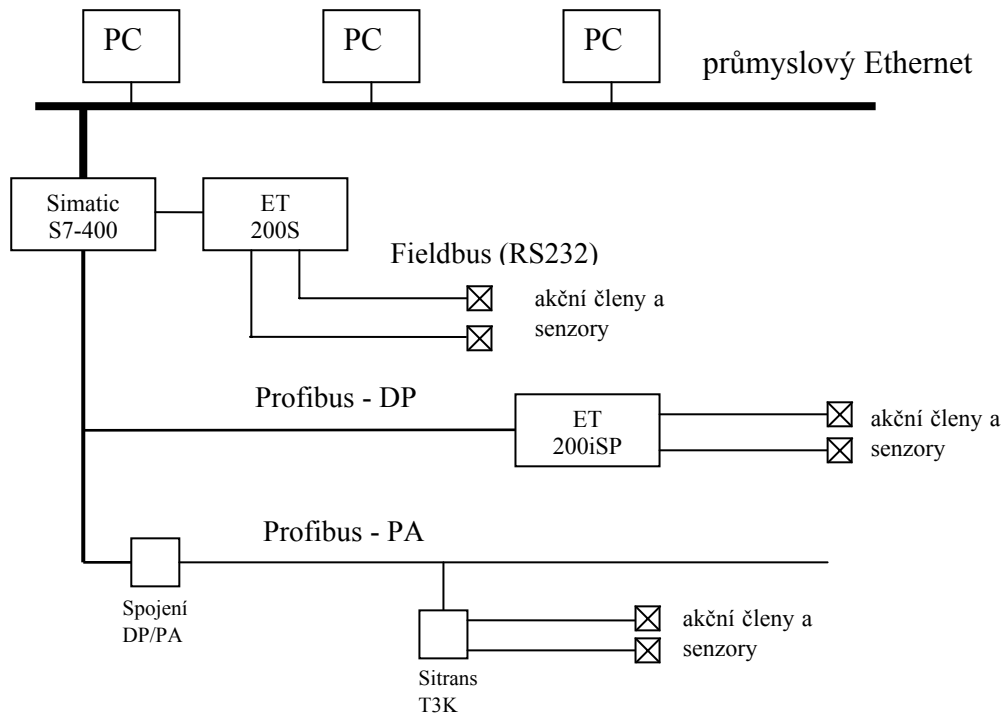
Koncepce distribuovaného řízení společnosti Siemens je založena na použití průmyslové sběrnice Profibus nebo standardu Profinet, který poskytuje možnost komunikovat v reálném čase po průmyslové ethernetové síti. Řídicí systém se tedy potom skládá z těchto komponent:

- síť Profibus či průmyslová ethernetová síť,
- PLC nebo PC fungující jako Profibus-DP master či Profinet IO-Controller,
- podřízené stanice (Profibus slaves, Profinet IO-Devices). PLC (popř. PC) cyklicky komunikuje s ostatními jemu podřízenými stanicemi použité sítě.

Výhody začleněných distribuovaných periferních jednotek řady Simatic ET200 jsou zřejmé. Instalují se v těsné blízkosti akčních členů a senzorů, a tak je možné minimalizovat délku připojovacích kabelů, jimiž jsou signály přiváděny do řídicího systému. Díky tomu se vytvoří flexibilní a prostorově úsporné řešení, v němž je jediný kabel určen k propojení jednotlivých stanic i k přenosu dat mezi nimi. Výhodou takové struktury je přehlednost, spolehlivost, možnost detailní diagnostiky a zejména úspory finančních prostředků a času při vypracovávání návrhu systému, jeho uvádění do provozu i při jeho chodu. [22]



Obr. 5-1 Jednotka ET200M připojená na průmyslovou ethernetovou síť s dvanácti vstupními a výstupními moduly [25]

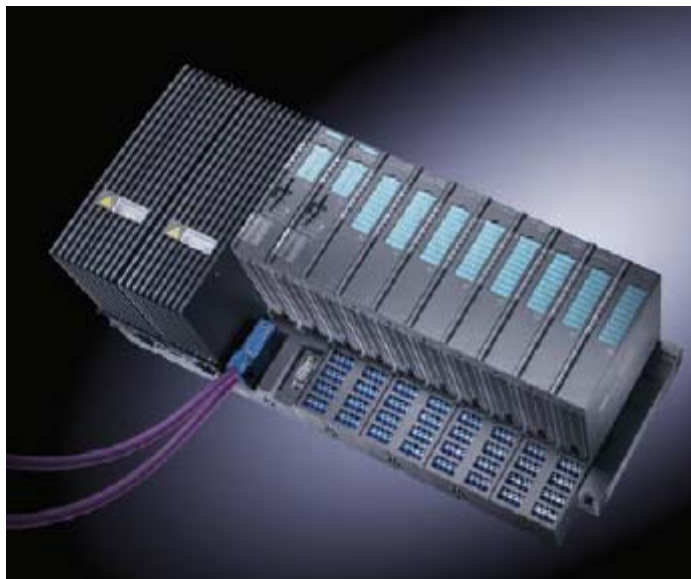


Obr. 5-2 Použití jednotek Simatic ET 200

Řada distribuovaných periferních jednotek Simatic ET200 zahrnuje velmi širokou nabídku produktů. To uživateli poskytuje možnost vybrat si řešení „na míru“. Při volbě vhodného typu je nutné nejprve zvážit, zda budou periferní jednotky použity v rozváděčích, nebo namontovány přímo na stroji. Pro začlenění do rozváděčů jsou vhodné periferní jednotky se stupněm krytí IP20 v produktových řadách ET 200S, ET 200M (obr. 5-1), ET 200iSP (obr. 5-4) a ET200L. Pro montáž bez rozváděče jsou v nabídce jednotky s vyšším stupněm krytí IP65/67 v řadách ET 200pro (obr. 5-3), ET 200eco, a ET200R. V obou případech je přitom možné pro propojení jednotlivých stanic využít síť Profibus nebo průmyslovou ethernetovou síť (komunikace Profinet IO). [22]



Obr. 5-3 Stanice ET200pro s integrovaným CPU v provedení se stupněm krytí IP65/67 [24]



Obr. 5-4 Jiskrově bezpečná periferní jednotka Simatic ET200iSP [23]

5.2 Řídicí systémy SPPA-T3000 pro energetiku

5.2.1 Modulární uspořádání

Celý řídicí systém elektrárny, teplárny nebo spalovny se skládá z modulů, které spolu tvoří celek, označovaný SPPA. Základní modul systému, SPPA-T3000, zajišťuje primární funkce systému decentralizovaného řízení (DCS). Další části, jako jsou např. R3000 – regulátor turbín, P3000 – modul pro optimalizaci procesů, E3000 – modul řízení rozvodu nebo D3000 – diagnostika, jsou dodávány jako samostatné moduly a používány podle požadavků projektu.

5.2.2 Hardwarové uspořádání

SPPA-T3000 je řídicí systém, který je zčásti založen na hardwarové platformě Simatic S7. V současné automatizaci je již samozřejmostí sběr dat s využitím sběrnic, např. Profibus-DP, Profibus-PA. Koncept sběru dat FUM je založen na inteligentních kartách I/O, které mají vlastní logiku. Součástí karet I/O jsou např. regulátor polohy, karta záskoku čerpadla apod. Koncept SIM je založen na binárních nebo analogových kartách bez vlastní inteligence. Veškeré logické řízení je realizováno v serverech řídicího systému. Pro koncept SIM se používají decentralní periferie Simatic ET200M. K vlastnímu řízení procesu, logickému řízení a regulaci se využívají automatizační servery, což jsou stanice Simatic S7-414 nebo S7-417.

Základní hardwarová architektura systému SPPAT3000 je na obr. 5-5. Systém je spravován prostřednictvím uživatelských serverů, které zajišťují kompletní správu softwaru, provozní řízení, správu dat a řízení toku komunikací mezi jednotlivými podsystémy. Protože

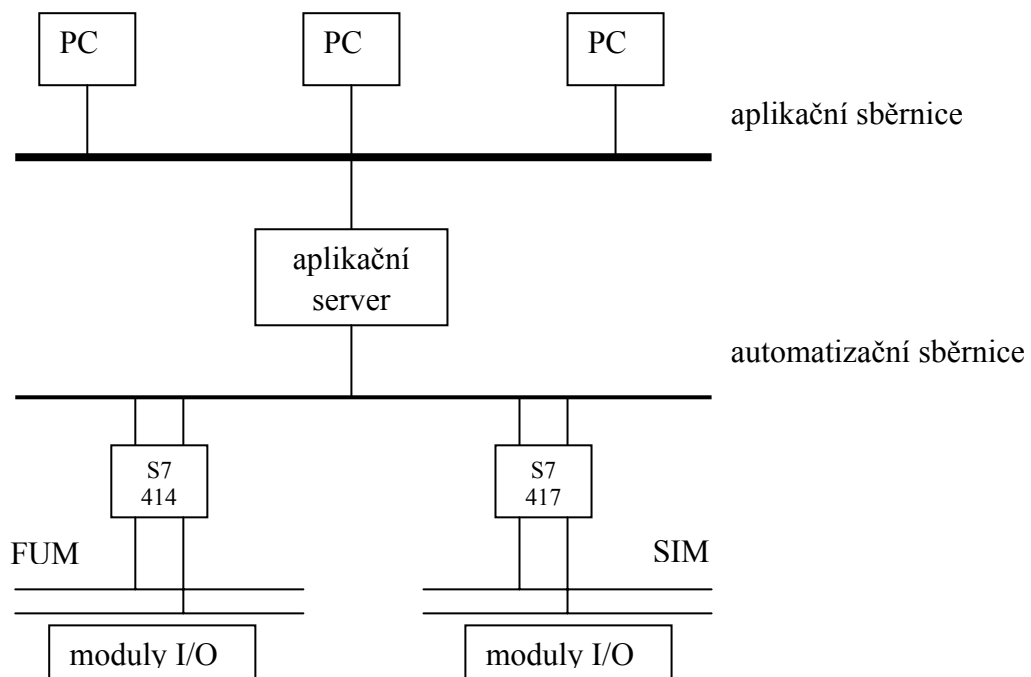
tyto servery mají hlavní podíl na chodu celého systému, jsou vždy v redundantním provedení a pro větší projekty je navrhováno i rozdělení systému na několik uživatelských serverů, které mohou mít vzájemně zástupnou roli. K vizualizaci se využívá systém tenkých klientů, takže operátorské a inženýrské stanice jsou pouze konzolami systému, neobsahují licenční software a lze je v podstatě kdykoliv vyměnit jako běžné PC. Protože klientské stanice se neliší instalací softwaru, je přístup řízen pomocí přístupových práv.

5.2.3 Software systému a jeho architektura

Kompletní softwarový systém, tj. uživatelský software vizualizace a automatizačních stanic, je součástí uživatelských serverů. Provozní data, archivy a alarmy jsou rovněž uloženy v serverech. Softwarová platforma systému serverů je založena na operačních systémech Windows 2000 Server, klientské stanice jsou vybaveny Windows XP a běžným prohlížečem webových stránek. Kompletní vizuální rozhraní vyžaduje ještě jazyk Java. Jelikož je systém určen zejména pro energetiku, je vybaven množstvím softwarových modulů, např. pro optimalizaci procesů z pohledu účinnosti výroby, teplotního namáhání nebo při najíždění technologie. K dispozici je i modul pro výpočet životního cyklu komponent, který u vybraných dílů zajišťuje sledování provozního namáhání, provozních hodin atd. Tyto moduly patří k hlavním přednostem systémů SPPA.

5.2.4 Použití v praxi

Řídicí systém SPPA je v současné době stále doplňován novými moduly a možnostmi v oblasti řízení. Systém je již v provozu v mnoha elektrárnách a nyní je implementován v elektrárně Tušimice II. Zde je použit systém v dvojblokovém uspořádání s dvojicí uživatelských serverů. Pro sběr dat byl vybrán koncept FUM a pro část řízení pohonů zařízení Simocode ovládané prostřednictvím sběrnice Profibus. [26]



Obr. 5-5 Schéma hardwarové konfigurace systému SPPA-T3000



Obr. 5-6 SIMATIC S7-400 [27]

5.3 Měření a dálkové sledování

Řešení firmy Endress+Hauser založené na modulech Fieldgate a softwaru Fieldgate Viewer se uplatní tam, kde je třeba dálkově sledovat, kolik látky je v zásobníku či silu, jaký je úhrnný průtok v potrubí, popř. zjišťovat výšku hladiny spodní vody. Řešení umožňuje dálkový přístup z několika míst v podniku nebo i mimo něj, popř. i sledování prostřednictvím internetu.

Jak ukazuje schéma (*obr. 5-7*), mohou být na procesní úrovni připojeny k modulům Fieldgate senzory s analogovým výstupem 4 až 20 mA, a rozhraním Profibus. Moduly Fieldgate přenášejí hodnoty z jejich výstupu na dálku prostřednictvím analogové telefonní linky, sítě GSM nebo prostřednictvím Ethernetu a protokolu TCP/IP.

Modul Fieldgate funguje jako ústředna. Snímač do něj přenáší data a Fieldgate je vysílá na dálku na počítač vybavený softwarem Fieldgate Viewer pro automatický sběr dat a jejich zobrazení. Tento počítač sbírá, ukládá a prezentuje data z různých modulů a ukládá je do databáze. Plní funkci webového serveru – může se napojit na podnikový intranet a umožnit přístup k datům účastníkům v podniku, kteří mají přístupová práva. Není tedy třeba mít pro každého účastníka klientskou licenci programu. Přenášené údaje lze pak zobrazit na webových stránkách. Data lze analyzovat pomocí webového prohlížeče, aniž je potřeba další software.

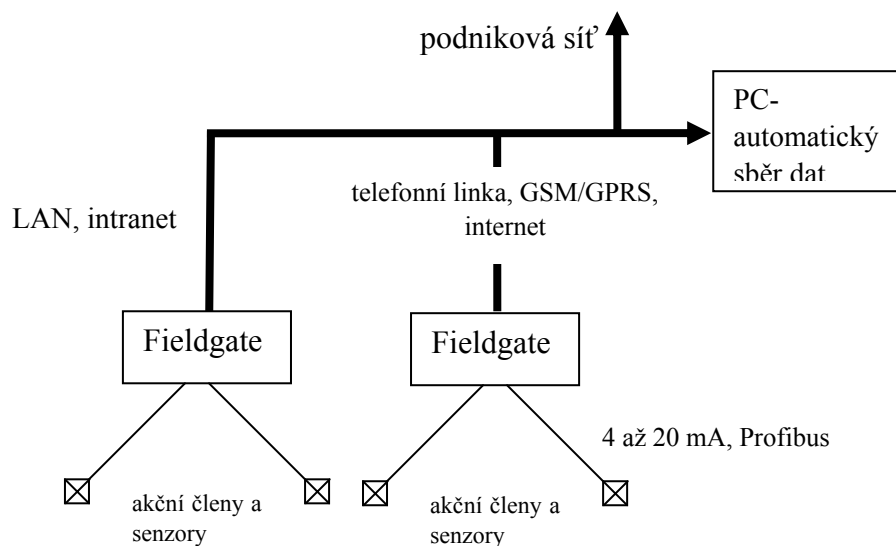
Software Fieldgate Viewer plní tyto funkce:

- správa uživatelů a skupin,
- filtrování a třídění,
- zobrazení průběhu měřených hodnot (historical trending),
- exportování naměřených dat,
- integrace s hostitelskými systémy.

Volitelnou možností je rozšíření vizualizace přes internet. Pro tuto funkci je třeba zřídit tzv. Fieldgate Portal, který vytváří připojení k virtuální privátní síti (VPN) a prostřednictvím podnikového firewallu otevírá přístup k datům přes internet.

Popsané řešení umožňuje dálkové sledování z jakéhokoliv místa na zemi a diagnostiku a konfiguraci senzorů s Profibus na dálku přes linku Ethernet TCP/ /IP, telefonní analogovou nebo mobilní linku (GSM). Naměřené hodnoty jsou dostupné na internetu a mohou být analyzována pomocí webového prohlížeče.

Údaje přenášené na dálku prostřednictvím modulů Fieldgate a webového serveru, mohou také sloužit jako vstupní data jehož cílem je optimalizovat procesy. Toto pružné řešení umožňuje sběr aktuálních a správných údajů o zásobách v nádržích a silech, včetně odlehlých, prostřednictvím kvalitní místní měřicí infrastruktury. [28]



Obr. 5-7 Schéma konfigurace řešené firmou Endress + Hauser



Obr. 5-8 Modul Fieldgate FXA720 [29]

6 NÁVRH KONCEPTUÁLNÍHO MODELU DISTRIBUOVANÉHO ŘÍDÍČÍHO SYSTÉMU PRO MALÉ ELEKTRÁRNY V ROZPTÝLENÉ VÝROBĚ

6.1 Popis systému

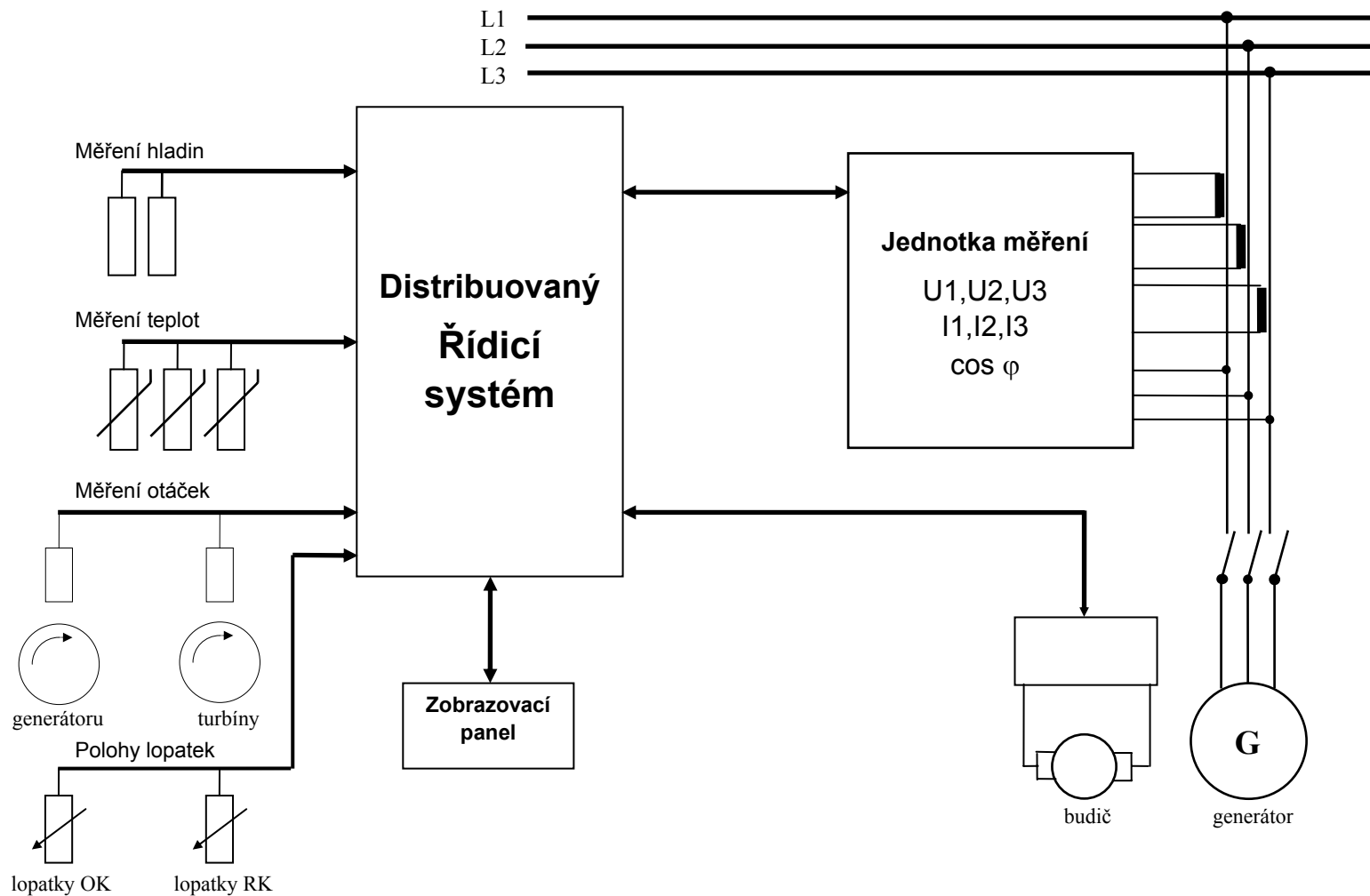
Na *obr. 6-2* je zobrazen navržený model distribuovaného řídicího systému pro malou vodní elektrárnu v rozptýlené výrobě. Tento model je konceptuální a může být jednoduše přestavěn na jiný typ malé elektrárny např. na větrnou, solární, popřípadě kogenerační. Rozdíl by spočíval v jednotlivých blocích modelu, které by obsahovaly jiné čidla, senzory nebo řídicí moduly.

Navržený model je otevřený inteligentní řídicí systém pro bezobslužné řízení provozu vodních elektráren. Modulární stavba umožňuje přizpůsobit systém přesně na míru konkrétním podmínkám. Návrh systému by měl vždy vycházet z požadavku na maximální využití energie vodního toku pro výrobu el. energie při dodržení vstupních podmínek (výška hladiny, průtok přes jez, apod.).

Koncepce systému umožňuje monitorování a řízení elektrárny na dálku buď po telefonní lince, pomocí mobilního telefonu a sítě GSM/GPRS, nebo pomocí internetu.

Rovněž je možno propojovat několik systémů mezi sebou a řídit tak celou soustavu elektráren, pokud se nacházejí na jednom toku a mohou se vzájemně ovlivňovat.

Základní provozní stavy elektrárny jsou indikovány barevnými kontrolkami, činné a jalové výkony jednotlivých soustrojí se zobrazují na digitálních ukazatelích. Všechny provozní stavy, kódy poruch, chybová hlášení, parametry provozu a ostatní údaje je možno zobrazit na komunikačním panelu řídicího počítače.



Obr. 6-1 Navržený model distribuovaného řídicího systému

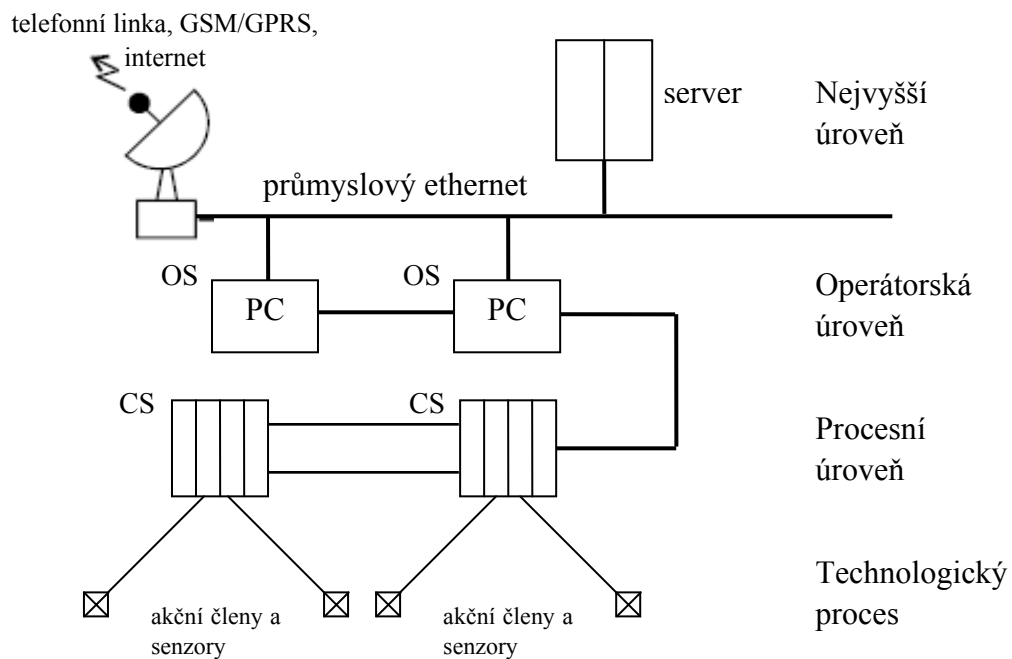
6.2 Popis blokového schématu

Tento systém je charakterizován důslednou hierarchickou výstavbou se třemi úrovněmi řízení, které jsou zdola nahoru:

- úroveň senzorů a snímačů
- úroveň bezprostředního řízení, nazývaná též 1. úroveň řízení (technologické řízení a regulace)
- operátorská úroveň (2. úroveň řízení nebo úroveň řízení procesu)
- nadřazená úroveň (3. úroveň řízení nebo úroveň řízení výroby)

Lze uvažovat i o připojení na další vyšší podnikové a mezipodnikové řídicí úrovně.

Přístroje v jedné úrovni a úrovně mezi sebou jsou propojeny komunikačními podsystémy (sériovými sběrnici).



Obr. 6-2 Blokové schéma navrženého distribuovaného řídicího systému

6.2.1 Úroveň procesní

Jde o běžné snímače a akční členy, připojené k řídicím systémům 1. úrovně. Připojení zpravidla standardizovaným dvoubodovým proudovým spojem (4 mA – 20 mA), sériovým rozhraním RS-232, RS-422, RS-485.

Jedná se zde především o snímače, které měří výšku hladiny, teploty vinutí a ložisek, otáčky (generátoru, turbíny), a vyhodnocují vstupní signály pro natáčení lopatek OK, RK.

6.2.2 Úroveň bezprostředního řízení

Úroveň bezprostředního řízení je vybavena procesními stanicemi, s operačními systémy reálného času. Vnitřní sběrnice procesních stanic jsou CAN Bus, LonWorks, ProfiBus, Profinet, Modbus, Modbus plus aj. Stanice obsahují komunikační procesory a karty pro řízení pohonů, ventilů a pod. Moduly I/O musí při výpadku stanice uchovávat poslední žádanou hodnotu. Dále systém musí umožňovat výměnu karet za chodu procesu. V případě angažovaných procesů jako chemie, elektrárny a další procesy, je na úrovni procesních stanic realizováno zálohování procesorů.

Vzájemné propojení procesních stanic je uskutečněno redundantní systémovou sběrnici. Tato sběrnice je většinou firemním systémovým real-time busem, umožňujícím práci v reálném čase. Redundantní sběrnice umožňuje permanentní paralelní chod obou sběrnic s identickými aktuálními daty, takže v případě výpadku komunikace na jednom busu je možné s minimálním zpožděním využívat aktuální informaci z druhého podsystému.

Do úrovně bezprostředního řízení patří například přesné udržování výšky hladiny (hladinová regulace), řízení součinnosti několika turbín, kontrola sítě a napájení, resp. řízení ochran (podpět'ová, přepět'ová, frekvenční, symetrie fází, zpětná wattová ochrana, ochrana generátorů), automatické fázování, natáčení lopatek turbíny.

6.2.3 Operátorská úroveň

Operátorská úroveň (2. úroveň řízení) má pro řízení technologického procesu rovněž zásadní význam. Z této úrovně je možné systém projektovat (strukturalizace systému měření a regulace, konfigurace systému, parametrizace a vlastní programování), diagnostikovat (průběžná kontrola provozních stavů technologie vodní elektrárny, diagnostika poruch a chyb), dokumentovat (deník událostí - záznam provozních a chybových stavů včetně reálného data a času, hlídání servisních intervalů), sledovat a řídit (včetně ošetření poruchových hlášení). Tyto stanice tvoří standardní výkonné počítače, určené pro nepřetržitý provoz, dále operátorská konzola, myš, klávesnice, velkoplošná obrazovka.

Stanice OS (operátorské pracovní stanice) jsou navzájem mezi sebou a dále se všemi stanicemi CS (kontrolní stanice) funkční úrovně propojeny systémovou sběrnici - průmyslovým Ethernetem. Operátorská úroveň musí umožnit nadřazené řízení procesu. Operátoři procesu musejí mít on-line přístup k žádaným hodnotám regulátorů, realizovaných na 1. úrovni řízení a měnit tak stav systému a najíždět, tlumit provoz a přecházet do libovolného pracovního bodu v reálném čase.

6.2.4 Nejvyšší úroveň řízení

Na nejvyšší úrovni řízení, která je určena pro řízení výroby, jsou uživatelům nabídnuty komfortní podmínky pro zpracování a vizualizaci vlastní produkce. Jedná se o systém, který umožňuje:

- volně konfigurovatelnou tvorbu výrobních diagramů, tabulek a grafů při zachování principu on-line konfigurování tohoto nadřazeného systému
- výpočet a zobrazení výrobních proměnných prostřednictvím dat z procesu,
- tisk výrobních dat na obrazovku nebo tiskárnu ve formě textu, tabulek, diagramů,
- přenos těchto dat do systému datové podpory, přenos povelů až do úrovně bezprostředního řízení procesu a další.

Nejvyšší úroveň řízení rovněž propojuje daný distribuovaný řídicí systém s jiným distribuovaným řídicím systémem. Celý systém je zpracováván prostřednictvím serveru, který zajišťuje kompletní správu softwaru, provozní řízení, správu dat (sbírá data z procesních stanic, udržuje aktuální databázi a archivuje historická data) a řízení toku komunikací mezi jednotlivými podsystémy.

6.3 Komunikace mezi systémy

Pro účely automatizace (distribuovaného řídicího systému) jsou vhodné přístupové metody, které umožňují a zaručují definovaný přístup účastníků k síti, kde se vyžaduje řízení v reálném čase. Jsou to především metody master/slave a token passing metody.

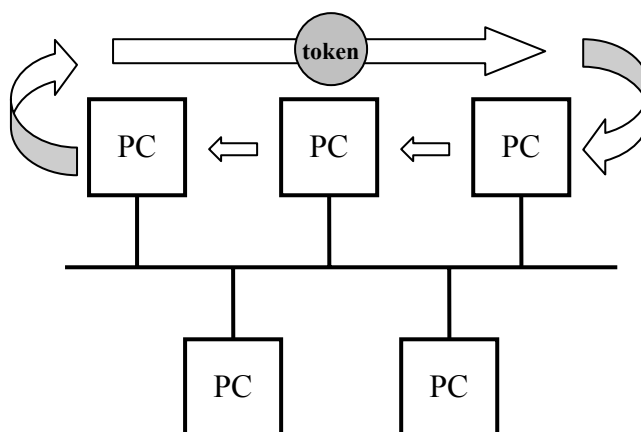
6.3.1 Operátorská a nejvyšší úroveň

Přístupová metoda Token Passing představuje bezkolizní metodu s odevzdáváním povolovacího vysílacího práva. Ve stavu klidu, tj. když žádná stanice nepožaduje právo na vysílání, mezi stanicemi cyklicky putuje rámeček Token - vysílací právo. Libovolný počítač sítě může začít s vysíláním dat až tehdy, když získá vysílací právo. Tato metoda má podle použité topologie dvě varianty. Metoda se váže k fyzickému kruhu (Token Ring) nebo ke sběrnici (Token Bus).

Přístupová metoda Token Bus

Linková vrstva využívá ve vrstvě MAC deterministickou přístupovou metodu s odevzdáním přístupového práva po sběrnici, proto má taky označení Token Bus. Metoda zabezpečuje přístup každého uzlu na síť nejpozději po uplynutí určitého přesně definovaného intervalu, poskytuje možnost dynamického přidávání nových uzlů do sítě a řeší poruchy vyvolané uzly sítě..

Základem metody odevzdávání vysílacího práva po sběrnici je tzv. logický kruh, který je virtuálně vytvořený na fyzické sběrnici sítě. Logický kruh je sestaven z posloupnosti uzlů uspořádaných vzestupně podle MAC adres sítě. Uzel sítě vždy odesílá vysílací právo tomu uzlu, který má nejbližší vyšší MAC adresu. Každý uzel proto musí znát nejen adresu nejbližšího uzlu v logickém kruhu, ale taky adresu předcházejícího uzlu, od kterého přijímá vysílací právo Token. Logický kruh je tak vlastně tvořený obousměrně. V případě připojení dalšího uzlu do sítě, musí být kruh rekonfigurován, protože se musí vzestupná posloupnost adres uzlů aktualizovat podle nové MAC adresy stanice. [30]

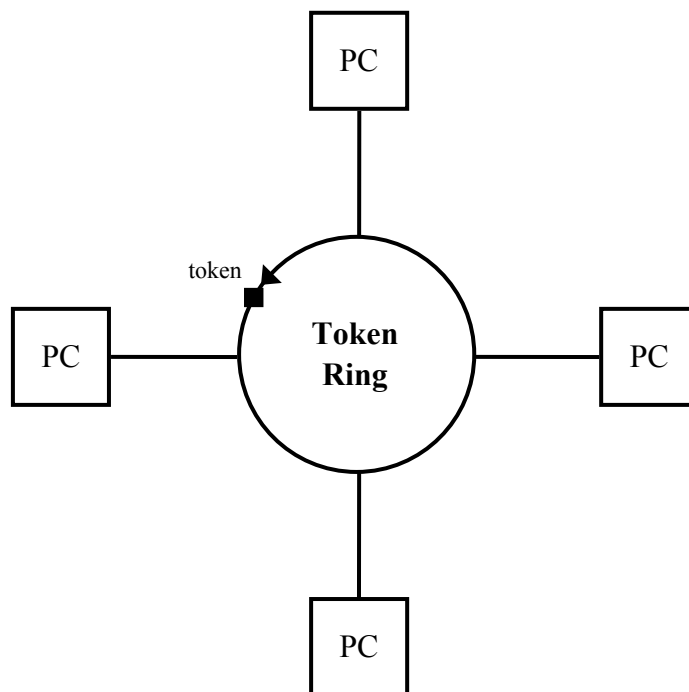


Obr. 6-3 Přístupová metoda Token Bus

Přístupová metoda Token Ring

Jednotlivé stanice jsou uspořádány fyzicky, ale i logicky, do kruhu (Ring), tj. po poslední stanici, jež dostala povolení k vysílání, získává oprávnění opět první stanice. Token takto putuje vždy ve stále stejném pořadí v jednom směru od jedné k sousední stanici. Pokud stanice o vysílání nemá zájem, odevzdá Token další stanici, která následuje v pořadí. Jakmile ho získá, může začít vysílat datový rámeček, což je část vysílané zprávy. Pokud je zpráva delší než je přípustná délka rámečku vysílají se postupně rámečky za sebou a to tak, že vysílající počítač uvolní Token pro vysílání rámečku z jiné stanice. Po úplném cyklu v kruhu čeká stanice opět na povolení vyslat následující rámeček zprávy. Rámečky postupují přes jednotlivé počítače sítě, rekonstruuji se, až se dostanou k adresátovi.

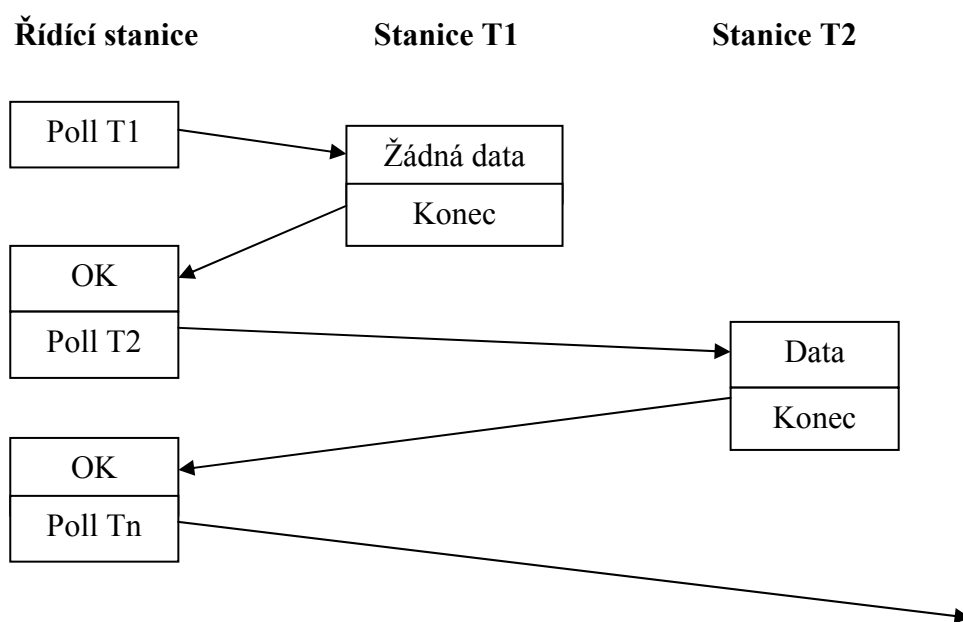
Po přijetí zprávy odesílatelem dojde k přenosu zprávy. Rámec dokončí celý cyklus, vysílač vyhodnotí přenos rámce a odevzdá povolovací vysílací právo dalšímu počítači sítě. Výhodou této metody je, že každý počítač má zaručeno získání vysílacího práva určitého času. Poněvadž data jsou dopravována jen jedním směrem, nevznikají kolize dat tak. [31]



Obr. 6-4 Přístupová metoda Token Ring

6.3.2 Procesní úroveň

Procesní stanice budou pracovat v režimu "master-slave". Tyto metody vyžadují arbitra sítě, který dbá o přesné přidělování času každému účastníku k vysílání. Způsob předávání zpráv se nazývá polling. Na dalším obrázku (*obr. 6-5*) je vysvětlen způsob předávání zpráv poolingem a to při master-slave organizaci.



Obr. 6-5 Centralizovaný provoz master – slave [17]

Centralizovaný provoz je nejpřísnější formou pollingu, kde výměna informace probíhá jen mezi řídicí stanicí a podřízenými stanicemi (slave). Řídicí stanice vyzývá dvě podřízené stanice postupně se žádostí o data. První stanice nemá data k dispozici, posílá jen informaci o konci vysílání. Druhá stanice je vyzvána výzvou Poll T2, má připravena data, předává data a hlásí konec vysílání. Pak následuje výzva řídicí stanice další stanici Tn atd. [17]

7 ZÁVĚR

Distribuované řídicí systémy neboli autonomní systémy, které se skládají z více uzlů a na venek se tváří jako jednotný integrovaný systém jsou především o komunikacích. Ve všech průmyslových oblastech, jsou určitým způsobem použity navzájem komunikující počítače, programovatelné automaty nebo jednočipové procesory a činnost celého systému je ovlivněna fungováním a vzájemnou komunikací jeho jednotlivých částí. Každá oblast, kde se distribuované systémy používají, klade jiné nároky na výkonnost použité komunikační sítě, na rychlost odezvy, na množství přenášených dat, atd.

Tato diplomová práce „Distribuované řídicí systémy a jejich využití v praxi“ v první části seznamuje s touto problematikou a popisuje obecné informace o řídicích systémech. Poukazuje na možnosti komunikací mezi řídicími systémy a dále uvádí nejčastěji používané komunikační sběrnice. Od té nejstarší, sériové linky RS 232, až po nejmodernější sběrnice, které využívají především síť Ethernet jako je Profinet.

V následující části je poukázáno na systémy, které se již využívají v praxi, na jejich možnosti a praktické aplikace. Jedná se především o systémy užívající periferních jednotek Simatic od společnosti Siemens. Je zde popsán i konkrétní řídicí systém s názvem SPPA-T3000, který je implementován v uhelné elektrárně Tušimice II. Jako poslední příklad praktické aplikace byl vybrán systém pro měření od společnosti Endress+Hauser, které umožňuje dálkové sledování, diagnostiku a konfiguraci senzorů na dálku.

Poslední a závěrečná část diplomové práce je věnována problému návrhu konceptuálního modelu distribuovaného řídicího systému pro malé elektrárny v rozptýlené výrobě. Bylo navrženo blokové schéma distribuovaného řídicího systému, které je implementováno na praktickém příkladě malé vodní elektrárny. Dálkový dohled nad touto elektrárnou může být prováděn pomocí telefonní linky, mobilní komunikace přes GSM nebo GPRS data, případně přes internet pomocí optického nebo metalického spojení. Řízení a komunikace mezi jednotlivými jednotkami je rozděleno do několika úrovní.

Na nejvyšší a operátorské úrovni jsou moduly mezi sebou propojeny rozhraním průmyslovým ethernetem, který se od klasického ethernetu liší přístupovou metodou výměny dat. V současnosti nejvíce používaná přístupová metoda u sítí typu LAN je CSMA/CD, která patří do skupiny metod s náhodným (libovolným) přístupem, jsou nahrazeny v průmyslu metodami, které využívají sběrnici pro řízení v reálném čase, tzv. token passing.

Procesní úroveň bývá rovněž propojena sběrnici pro řízení v reálném čase. Mezi tyto sběrnice především patří Profibus, Profinet, MODBUS či CAN bus. Fyzické spojení mezi moduly, může být opět provedeno buď metalicky, nebo optickými vlákny. Samotná výměna dat mezi distribuovanými jednotkami probíhá pomocí metody master/slave.

V dnešní době, kdy řízení nepřetržitě provozovaných technologických procesů bývá stále náročnější, se vlastní řízení přesouvá na nejnižší úroveň přímého distribuovaného řízení provozu, kde se stále více začíná využívat inteligentních čidel a akčních členů. Klasické řídicí systémy převezmou úlohu nadřazeného řízení technologických skupin a celků. S rostoucí složitostí celé soustavy řízení bude stále větší úlohu hrát automatika jednotlivých řízených soustav.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Řídící systémy : Rozvoj řídicích systémů* [online]. 2006 [cit. 2007-10-17]. Dostupný z WWW: <http://dce.felk.cvut.cz/rs/>
- [2] *Distribuované průmyslové měřicí systémy* [online]. [2006] , 11.12.2007 [cit. 2007-12-01]. Dostupný z WWW: http://www.rss.tul.cz/download/cms/12_distrsyst.pdf
- [3] *Základní pojmy problematiky připojování autonomních zařízení do sítě* [online]. 2001, 12.9. 2001 [cit. 2007-10-03]. Dostupný z WWW: <http://hw.cz/Produkty/ART419-Zakladni-pojmy-problematiky-pripojovani-autonomnich-zarizeni-do-site.html>
- [4] *EGÚ Brno, a.s., Sekce sdělovacích systémů : Kombinovaná zemnicí lana KZL* [online]. [2005] [cit. 2007-11-11]. Dostupný z WWW: <http://www.egubrno.cz/cz/sekce4/>
- [5] *Obecné principy využití přenosu světla : Optické kabeláže* [online]. [2005] , 3.12.2007 [cit. 2007-11-02]. Dostupný z WWW: http://www.axec.cz/produkty_optika_principy.html
- [6] *Kroucená dvojlinka* [online]. c2007 , 9.11. 2007 [cit. 2007-09-15]. Dostupný z WWW: <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/455879-kroucena-dvojlinka>
- [7] JAROSLAV, Svoboda. *Konference Radiokomunikace : PLC - přenosové systémy po energetických vedení* [online]. 2007 [cit. 2007-09-09]. Dostupný z WWW: <http://www.comtel.cz/files/download.php?id=3402>
- [8] *RS-232* [online]. 2006 , 9.10. 2007 [cit. 2007-08-06]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- [9] *Základní parametry RS-232* [online]. c2003 [cit. 2007-10-15]. Dostupný z WWW: <http://rs232.hw.cz/#parametry>
- [10] VOJÁČEK, Antonín . *Základní informace o RS-485 a RS-422 pro každého* [online]. 14.7. 2007 [cit. 2007-09-01]. Dostupný z WWW: <http://automatizace.hw.cz/zakladni-informace-o-rs-485-rs-422-pro-kazdeho>
- [11] TARABA, Radek. *Aplikování sběrnice CAN* [online]. 9.11. 2004 [cit. 2007-10-13]. Dostupný z WWW: <http://hw.cz/Rozhrani/ART1173-Aplikovani-sbernice-CAN.html>
- [12] KOCOUREK, Petr, NOVÁK, Jiří. *Controller Area Network (CAN) : Fyzické přenosové médium* [online]. c1998 [cit. 2007-12-01]. Dostupný z WWW: <http://fieldbus.feld.cvut.cz/can/can2.html>
- [13] VOJÁČEK, Antonín. *Sběrnice LonWorks : 1.část - Úvod* [online]. 5.4. 2005 [cit. 2007-12-08]. Dostupný z WWW: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501>
- [14] VOJÁČEK, Antonín. *MODBUS* [online]. 23.10. 2004 [cit. 2007-11-25]. Dostupný z WWW: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2004082301>
- [15] KOSEK, Rostislav. Profinet – řešení firmy Siemens pro průmyslový Ethernet v automatizaci. *Automatizace*. 9.9.2004, roč. 47, č. 9, s. 564. Dostupný z WWW: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=287>
- [16] KADLEC, Karel. *Měřicí a řídicí technika pro FPBT* [online]. 2006 , 2006 [cit. 2007-11-18]. Dostupný z WWW: http://web.vscht.cz/kadleck/html/aktual/mrt_fpbt/prednasky/12-FPBT06-PC.pdf

- [17] ZEZULKA, František, FIEDLER, Petr, BRADÁČ, Zdenek. *Prostředky průmyslové automatizace* [online]. Brno : 20.11. 2002 , 20.11. 2002 [cit. 2008-05-20]. Dostupný z WWW: http://www.feec.vutbr.cz/et/skripta/uamt/Prostredky_prumyslove_automatizace_S.pdf?PHPSESSID=4414e66be0dc7b517656b2c258f2f7cf
- [18] *Networking : Popis kabelů a zapojení 10/100BaseT* [online]. 2008 , 2008 [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.adminxp.cz/networking/index.php?aid=24>
- [19] KOŘISTKA, Lukáš. *Stavíme malou domácí síť - jak si usnadnit hraní a sdílení dat* [online]. 22.11. 2005 [cit. 2008-05-06]. Dostupný z WWW: http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=5775&Itemid=76
- [20] *MT29 - moduly pro odečty elektroměrů a podobných zařízení* [online]. 2006 [cit. 2008-05-18]. Dostupný z WWW: <http://www.modemtec.cz/detail-modulu.php?id=13>
- [21] VOJÁČEK, Antonín. *Proudová smyčka 4-20mA* [online]. 29. 11. 2005 [cit. 2008-03-03]. Dostupný z WWW: <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/ART199-proudova-smycka-420ma.html>
- [22] VOJANEC, Jakub. *Užití distribuovaných periferních jednotek Simatic ET200* [online]. 2008 [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36680
- [23] *SIMATIC ET 200iSP : Distributed I/O for hazardous areas* [online]. 2008 [cit. 2008-05-06]. Dostupný z WWW: http://www.automation.siemens.com/simatic/dp/html_76/produkte/et200isp.htm
- [24] *SIMATIC ET 200pro : Small, modular and multifunctional* [online]. 2008 [cit. 2008-05-20]. Dostupný z WWW: http://www.automation.siemens.com/simatic/dp/html_76/produkte/et200pro.htm
- [25] *SIMATIC ET 200M : I/O station for high density channel applications with S7-300* [online]. 2007 [cit. 2008-01-08]. Dostupný z WWW: http://www.automation.siemens.com/simatic/dp/html_76/produkte/et200m.htm
- [26] *Řídicí systémy SPPA-T3000 pro energetiku* [online]. 2008 [cit. 2008-05-22]. Dostupný z WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36570
- [27] *SIMATIC S7-400 : Průmyslové automatizační systémy simatic* [online]. 2008 [cit. 2008-04-24]. Dostupný z WWW: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/prumyslove_automatizacni_systemy_simatic/simatic_plc/simatic_s7_400/prospekty/overview_simatic_s7_400_2004_cz.pdf
- [28] *Od měření k dálkovému sledování* [online]. 2008 [cit. 2008-05-24]. Dostupný z WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36684
- [29] *Modul Fieldgate FXA720* [online]. 2007 [cit. 2008-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.cz.endress.com/>
- [30] *Token Bus* [online]. 2006 [cit. 2008-05-24]. Dostupný z WWW: <http://pc-site.owebu.cz/?page=TokenB>
- [31] *Komunikace v sítích* [online]. 2006 [cit. 2008-05-25]. Dostupný z WWW: <http://site.borec.cz/03%20Komunikace%20v%20sitich.htm>