

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a informatiky

**Doc. Ing. František Zezulka, CSc.**

## **PRŮMYSLOVÁ AUTOMATIZACE**

(Teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení)



**Vysoké učení technické v Brně**

BRNO 2000

© 2000 František Zezulka  
ISBN 80-214-1634-3

## **Obsah**

<b>Představení uchazeče</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>6</b>
<b>Průmyslová automatizace</b>	<b>8</b>
<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>1. Stav oboru průmyslová automatizace</b>	<b>8</b>
<b>2. Komponenty průmyslové automatizace</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Programovatelné automaty</b>	<b>9</b>
<b>2.1.1 Programování PLC</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Důsledky decentralizace systému řízení</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Distribuované řídicí systémy DCS</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Standardizace v oblasti průmyslových komunikačních sítí</b>	<b>13</b>
<b>2.4.1 Ethernet v průmyslové automatizaci</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Vizualizace procesu a universální SW rozhraní v prostředí MS Win</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Kvalita, spolehlivost, funkceschopnost</b>	<b>18</b>
<b>3. Laboratoř průmyslových komunikačních sítí</b>	<b>20</b>
<b>4. Perspektivy oboru</b>	<b>21</b>
<b>Relevantní publikace</b>	<b>22</b>
<b>Příloha</b>	<b>25</b>

### **Představení uchazeče**

František Zezulka se narodil v roce 1943 v Počátkách. Vystudoval Gymnázium ve Žďáru nad Sázavou a Střední průmyslovou školu elektrotechnickou v Jihlavě. V roce 1968 vystudoval Elektrotechnickou fakultu VUT v Brně, obor Technická kybernetika. Nastoupil na Katedře automatizace a měřicí techniky FE VUT jako asistent a později odborný asistent. Zabýval se výukou v laboratořích a cvičeních lineárních a nelineárních řídicích systémů. Podílel se na vývoji aplikovaných elektronických systémů pro účely řízení. V letech 1974-5 byl na studijním pobytu v NSR na Technické universitě Hannover, kde zahájil řešení kandidátské disertační práce. Kandidátskou disertační práci v oboru technická kybernetika na téma Optimální řízení myoelektrické protézy ruky obhájil v roce 1977. Jako odborný asistent vedl přednášky z Teorie řízení I a II na oboru Elektronické počítače FEI VUT v Brně od r. 1975. Podílel se na řešení státního úkolu základního výzkumu v oblasti rozpoznávání pro účely řízení. V 80. letech zavedl na oboru Technická kybernetika předmět Vícerozměrové a rozlehlé systémy a přednášel teorii optimálního a adaptivního řízení v předmětu Teorie řízení II. Podílel se na implementaci výsledků

výzkumného úkolu rozpoznávání pro řízení do hutnických a sklářských procesů. V průběhu 80.let pracoval v oblasti teorie hierarchického a decentralizovaného řízení a zabýval se příspěvkem k strukturám decentralizované stabilizace a decentralizovaného robustního řízení. Zavedl nový předmět Rozlehlé a vícerozměrové systémy pro studenty oboru technická kybernetika, napsal dvoje skripta k tomuto předmětu a řadu příspěvků na mezinárodní i národní konference.

V roce 1987 strávil 3 měsíční studijní pobyt na universitě v Hannoveru a Mnichově. V letech 1987-8 byl na praxi ve Šmeralových závodech a ve Výzkumném ústavu stavebních hmot v Brně ve funkci samostatného vývojového pracovníka a zabýval se projektováním řídicích systémů PLC pro lisy a cementárenské procesy. V první polovině 90. let zavedl předmět Programovatelné automaty a Projektování řídicích systémů. Vybuďoval laboratoř průmyslové automatizace na Ústavu automatizace a měřicí techniky a byl pověřen vedením laboratoře řídicích systémů Rockwell Automation – Allen Bradley. Od roku 1992 je vedoucím výzkumného týmu pracujícího v oblasti průmyslových počítačových sběrnic. Během 3 měsíčního pobytu v rámci programu COST na Chemicko-technologické fakultě University ve Stuttgartu se zabýval definováním podmínek pro novou generaci DCS systémů. Zařadil do laboratorní výuky trénink na PC orientovaných DCS a systémech SCADA.

V průběhu 90. let založil s týmem svých doktorandů a dalších spolupracovníků školu průmyslových komunikačních sítí na ÚAMT FEI VUT v Brně. Z kontaktů s průmyslem a mezinárodních i národních projektů vybuďoval tento tým unikátní laboratoř propojených heterogenních sítí typu fieldbus a nižších průmyslových sítí.

Na téma průmyslové komunikační sítě napsal skripta a příspěvek do odborné knižní publikace vydané ve Spojených státech a výsledky výzkumu a vývoje v této oblasti publikuje na četných konferencích doma i v zahraničí. Spolu se svými spolupracovníky, především doktorandy, je zván k prezentacím v oblasti průmyslových počítačových sítí a je v této oblasti považován za odborníka.

V letech 1992 – 1998 byl nositelem úkolů GAČR, FRVŠ, COST a spolupracovníkem na projektech Tempus.

Uchazeč má široké kontakty na vysoké školy a laboratoře vysokých škol ve Francii, Německu a v dalších evropských zemích. Vzhledem k významu, který přičítá mezinárodním zkušenostem pro vývoj vědeckých a výzkumných pracovníků, dbá o to, aby všichni jeho doktorandi strávili v zahraničí část doktorandského studia. Od roku 1991 je koordinátorem projektů mezinárodní výměny studentů FEI se zahraničím. Do laboratoře průmyslové automatizace přijímá téměř každý rok v rámci těchto projektů zahraniční studenty.

Na zahraničních školách strávil několik střednědobých pracovních a studijních pobytů (TU Stuttgart, Universita J.Fourier Grenoble, FU Hagen, FH Leipzig, Brunel University London, Ecole Superieure Noisy-le-Grand), absolvoval přednáškové turné na 6 technických universitách v Egyptě a každý rok absolvuje krátkodobé koordinační a přednáškové pobyty na technických universitách ve Francii, Německu a Belgii.

Je členem mezinárodních sdružení uživatelů a výrobců sběrnice AS-international, DeviceNet (ODVA), P-Net a Profibus CZ. Členem vědecké rady FEI VUT byl v letech 1991-1994 a opět od r. 2000. V současné době zastává třetí období funkce proděkana FEI pro zahraniční styky.

## **Abstract**

### **Industrial Automation**

Industrial automation involves automatic control of machines, production lines and technological processes utilizing control theory and microelectronics to realize data acquisition, data processing and output data generation. There are two principal ways how to achieve an automated project. The first one is accomplished by means of a small automation, growing up from the former relay and TTL logic and industrial controllers. The second one is stemming from the former central control computer or minicomputer and is realized by a new DCS (Distributed Control Systems) architecture. This solution is compact, more sophisticated, more expensive and more comfortable especially as for the system and application software. Nevertheless, during several past years the small automation, which implements rapid advanced microprocessor based techniques, grows into a hard competition to DCS in control of small and medium applications. The backbone of industrial automation are programmable logic controllers (PLC), as they can be applied in small, medium and large applications because of their modular and very flexible construction. PLC's can be equipped not only with many digital and analog inputs/outputs, but also with special modules performing particular tasks of closed loop control such as control of servovalves, proportional hydraulic valves, axes control in CNC, visualization of machines and processes, communication by means of industrial serial buses, etc. Recent development is characterized by distribution of control level, use of intelligent sensors and actuators with direct access to the communication medium of various industrial buses and interfaces, standardization process in communication protocols and in SW interfaces and drivers. Our research team has recognized this tendency in the beginning of 90-ties. This was the reason why we have concentrated our attention on research and development in the field of industrial communication interfaces and buses. By support of numerous grants and research and development contracts we have developed and realized a fieldbus model of interconnected heterogeneous fieldbus system. There were developed several gateways between different international and proprietary fieldbus standards (AS-i, Profibus, LonWorks, Modbus, UNI-Telway, CANopen) in the laboratory of industrial automation at the Department of Control and Instrumentation. Recent model (see Appendix 1) which is utilized for research as well as for educational purposes provides also possibility for industry to become more familiar with industrial communication systems and their implementation in a heterogeneous instrumentation environment.

Another phenomenon of recent development of industrial control is a general tendency to use process visualization. By means of industrial displays, keyboards, track balls, touch screens an easy to use human-machine interface can be created. This kind of process and machine control is supported by a wide spectrum of SCADA systems. Another support to these new tendencies in industrial automation is provided by generally used SW products from Microsoft. De facto SW standards performed by OLE, OPC, DDE servers, NetDDE and others, enable simple interoperability of heterogeneous HW a SW elements (PLC, distributed I/O, SCADA and others) from various producers.

An extremely important tendency in the near future is a penetration of Internet technologies into the process visualization, data acquisition, SW maintenance and (in particular cases) process control. Especially, the tendency to utilize generally used Ethernet TCP/IP as an industrial communication technology is reported from industry of the most developed countries during last 1-2 years. Interconnection of Internet technologies by such systems is simple and relatively cheap. Closely related to this tendency is another important phenomenon in industrial control, which is represented by industrial PC's in the role of direct digital control of logical as well as optimal closed loop level. It is the opinion of the author, that in numerous medium and large industrial applications industrial PC's will be used instead of PLC's. The

most important role in this development will have an implementation of stable operating system for PC's.

Recent development of industrial automation systems in chemical and metallurgical processes, power plants, air, railway and sea transport and other dangerous or safe critical technologies and activities is determined by tendency to use highly reliable and safe control systems. The International Electrotechnical Commission (IEC), national organizations, national and European laws and the activity of producers of industrial automation gives a defined framework for construction, properties and parameters of recent and future control systems. This fact strengthens the author's persuasion that industrial automation will have an important role in the development of the human society in the near future.

# Průmyslová automatizace

## Úvod

Rozvoj automatizace ovlivňuje výrazným způsobem výkon ekonomiky, styl a způsob hromadné výroby, životní podmínky lidí, osobní komfort a v důsledcích celý životní styl společnosti. Na jedné straně vyšší stupeň mechanizace a automatizace výroby vede k vyššímu výkonu a vyšší efektivitě výroby a je hlavní pozitivním činitelem v odstranění bídy a nedostatku ve vyvinutých průmyslových státech. Na druhé straně automatizace tím, že umožnila výrazný nárůst výrobního potenciálu, přispívá svým dílem i k negativním důsledkům industrializace, tedy k málo kontrolovanému čerpání přírodních zdrojů a k negativním vlivům na životní prostředí. Tento jev byl v posledních letech kompenzován tím, že přispěla významně k optimalizaci potřeby energií, surovin a materiálů a tedy zpětně kompenzuje původně negativní důsledky industrializace. Dá se proto říci, že automatizace je nesporně výrazně pozitivním fenoménem současnosti. Na rozdíl od dvou dalších výrazných fenoménů, které začínají významně ovlivňovat lidský život (globální komunikace a informatika) víme, co od automatizace lze očekávat. Z dosavadní zkušenosti je zřejmé, že člověk je schopen využít výhod, které automatizace přináší k prospěchu celkového vývoje.

Automatizaci charakterizujeme jako samočinné řízení a ovládání strojů, výrobních linek i procesů s využitím teorie automatického řízení (matematických, inženýrských a heuristických metod této velmi důsledně rozpracované teorie) a s využitím elektroniky, výpočetní a komunikační techniky pro realizaci sběru dat z řízeného systému, jejich zpracování a generování akčních zásahů.

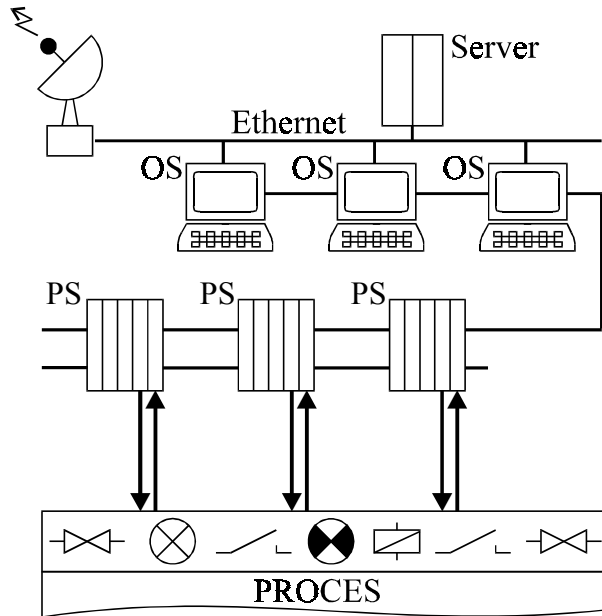
Automatické systémy, respektive principy automatizační techniky se však uplatňují nejen ve výše uvedených oblastech, ale tvoří součásti pohonů a dalších agregátů všech dopravních prostředků, domácích spotřebičů, spotřební elektroniky a pronikají v rostoucí míře i do zemědělství a dalších oborů.

V této přednášce se však zaměříme na stále nejdůležitější část automatizace a to na průmyslovou automatizaci. Vývoj, stav tohoto oboru i perspektivy pak nacházejí reflexi i v dalších oborech.

## 1. Stav oboru průmyslová automatizace

Odhlédněme od historické retrospektivy a poznamenejme pouze, že k výrazné akceleraci vývoje jak teoretických základů, tak praktické realizace došlo až po 2. světové válce. Od té doby zaznamenává tento obor stálý rozvoj, v průběhu 50. a zejména 60. let pak až bouřlivý rozvoj. Faktem zůstává, že až vývoj mikroelektroniky a výpočetní techniky umožnil průmyslové automatizaci dosáhnout současného velmi pozitivního stavu. V průběhu 60. let vedle sebe stála malá průmyslová automatizace, reprezentovaná především reléovou technikou, analogovými elektronickými regulátory na jedné straně a prvními centralizovanými řídicími počítači na straně druhé. Ještě největší vědecký a technický projekt 60. let - projekt Apollo - byl realizován z větší části hybridními řídicími a výpočetními systémy. Následující léta přinesla do oboru automatizace masivní nástup číslicové techniky. Došlo rovněž k postupné náhradě velkých řídicích počítačů řídicími minipočítači určenými pro řízení jednotlivých podsystémů. Tak došlo k tvorbě hierarchického struktury a k prvním kroků k decentralizaci první úrovně řízení. Současně s tímto vývojem se objevil mikroprocesor, který však pro skutečně efektivní a široké nasazení do systémů průmyslové automatizace potřeboval ještě téměř 10 let svého vývoje. Rozvoj mikroprocesorové techniky se projevoval dvěma výraznými jevy v rozvoji automatizace. Působil jednak rozvoj teorie automatického řízení, jednak umožnil fyzickou realizaci moderních řídicích systémů směrem k distribuovaným řídicím systémům. Centrální řídicí počítač se distribuoval ve smyslu obr.1.





Obr. 1 Architektura DCS

Umožnily to výkonné mikropočítače, nasazované do systémů 1. úrovně řízení, uskutečňující přímé logické řízení i přímé řízení regulačních smyček (pohonů, ventilů, os obráběcích strojů atd.). Vývoj mikroprocesorů však vedl i k tomu, že se začala výrazně zdokonalovat malá průmyslová automatizace. Průmyslové regulátory s mikroprocesory byly prvními vestavěnými (embedded) systémy. Skutečný průlom do řídicích technologií, zejména logické úrovně řízení reprezentovaly programovatelné automaty (PLC - Programmable Logic Controller). Programovatelné automaty PLC představují první velký průnik mikropočítačů do řízení výrobního procesu. Důsledky tohoto vývoje lze vidět i jako současný stav oboru charakterizovaný následnými jevy:

- decentralizace řídicích systémů v úrovni bezprostředního řízení,
- decentralizace SW,
- přechod k jednoduchému způsobu programování 1. úrovně,
- ústup DCS (Distribuovaných řídicích systémů na bázi řídicího počítače),
- velké rozšíření PLC do všech oborů,
- snaha po vývoji decentralizované teorie decentralizovaného řízení,
- tendence k opětné integraci různorodých systémů jednotným integrovaným SW prostředím,
- rozvoj sériových průmyslových sběrnic,
- kroky ke standardizaci.

Nyní se podíváme podrobněji na současný stav jednotlivých komponent průmyslové automatizace.

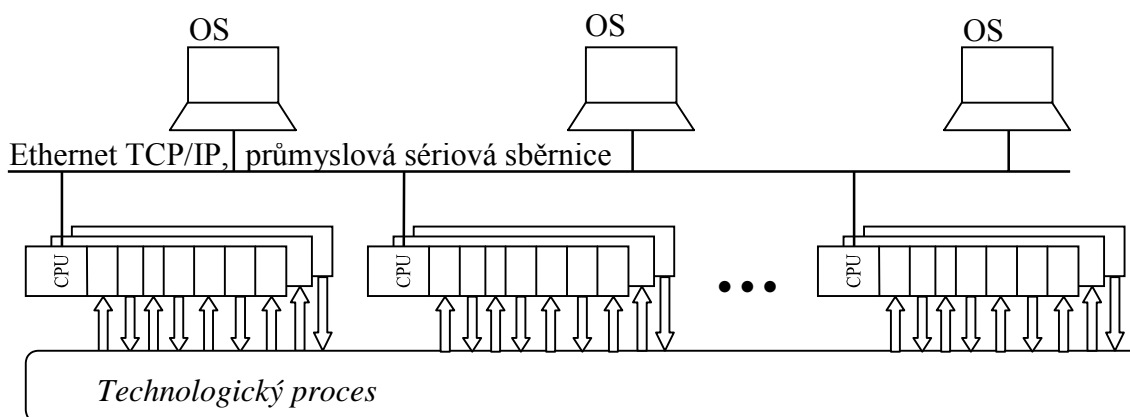
## 2. Komponenty průmyslové automatizace

### 2.1 Programovatelné automaty

Programovatelné automaty PLC tvoří páteř průmyslové automatizace. Jsou vhodné pro řízení jednotlivých strojů, jednodušších procesů, výrobních linek,

podsystemů velkých technologických procesů. Jsou velmi vhodné pro logické řízení, avšak mohou realizovat i složité algoritmy pro regulaci pohonů, ventilů, klapek, os a dalších. V modulárním provedení umožňují PLC kombinovat logickou řídicí úroveň (moduly binárních vstupů a výstupů), se spojitým řízením v uzavřené zpětnovazební smyčce (analogové vstupy a výstupy) a realizovat i speciální funkce (moduly řízení proporcionálních ventilů nebo servoventilů, moduly pro regulaci teploty, polohy os obráběcích strojů, moduly pro kaskádovou regulaci tlaku a dalších veličin, moduly pro vizualizaci řízeného procesu, moduly komunikačních procesorů pro sériovou komunikaci mezi řídicími úrovněmi nebo napříč úrovní bezprostředního řízení a další). Aby se dosáhlo velkého výpočetního výkonu a velkého počtu vstupů a výstupů, je PLC možné rozšiřovat o rozšiřující rámy V/V modulů, propojovat automaty navzájem mezi sebou a vytvářet z nich hierarchické řídicí struktury, podobné do značné míry distribuovaným řídicím systémům DCS. Především díky masovému nasazení PLC došlo k decentralizaci systému řízení. To umožnilo zrychlit realizaci projektu řídicího systému, neboť jednotlivé podsystemy, řízené jednotlivými PLC mohly být nezávisle programovány současně několika projektanty. Programovatelné automaty se proto staly po určitou dobu konkurentem distribuovaným řídicím systémům DCS a to především díky nižší pořizovací ceně. Výraznou nevýhodou řešení projektu řídicího systému velkého celku pomocí PLC je však příliš jednoduchý způsob programování a decentralizované a heterogenní SW prostředí. Tento způsob je jak již řečeno přizpůsoben pro projektování jednotlivých strojů, avšak pro větší celky zaostával dlouhou dobu za možnostmi programového prostředí systémů DCS. Přesto byl v mnoha zemích realizován velký počet projektů automatického řízení rozlehlých celků (cementárny, metalurgické závody a další) v převážné míře z velkých PLC, uspořádaných do hierarchických struktur. Důvodem byla především nižší cena projektu s PLC ve srovnání s DCS a dále nízká hodinová mzda vysoce kvalifikovaných projektantů, kteří projekt realizovali. Rovněž vysoká spolehlivost, robustnost a flexibilita hovořily pro PLC a podporují jejich masové použití do dnešní doby.

Na obr. 2 je architektura řídicího systému velkého celku řízeného prostřednictvím PLC ze 70. a první poloviny 80. let.



Obr. 2 Projekt PRS pomocí PLC

Úroveň automatů PLC (spodní řada řídicích členů s rozšiřujícími rámy z obr. 2), je určena pro bezprostřední řízení procesu. Propojení procesní instrumentace (čidla a akční členy) je provedeno výhradně dvoubodovými spoji, tedy kabeláž je jen o něco jednodušší a levnější, než v případě řízení centrálním řídicím počítačem nebo minipočítačem. Rozšiřující rámy PLC zvětšují jen kapacitu V/V kanálů, vedou však zároveň k zatěžování CPU. Centrální procesorové jednotky nebo samostatné

komunikační procesory umožňují vzájemné propojení jednotlivých PLC pomocí sériových proprietárních sběrnic nebo pomocí Ethernetu TCP/IP. Operátorské stanice slouží k nadřazenému řízení a vizualizaci programu. SW prostředí není integrováno dostatečným způsobem. Automaty se programují zvláště z místa pomocí programovacích přístrojů nebo PC s příslušným programovacím SW. Operátorské řízení, dohled, nájezd a odstavení procesů, monitorování, vizualizace a návaznosti na vyšší podnikové informační systémy je zajišťována operátorskou úrovní řízení s operátorskými stanicemi (OS).

### 2.1.1 Programování PLC

Vzhledem k tomu, že PLC byly určeny především jako náhrada za releové a logické systémy, bylo přirozené, že způsob programování se přizpůsobil projektantským zvyklostem a úrovni myšlení projektantů PRS (projektů řídicích systémů). Proto základ programovacích jazyků (paradoxně až do dneška) tvoří jazyky releových schémat, assembler PLC nebo grafický zápis logických schémat.

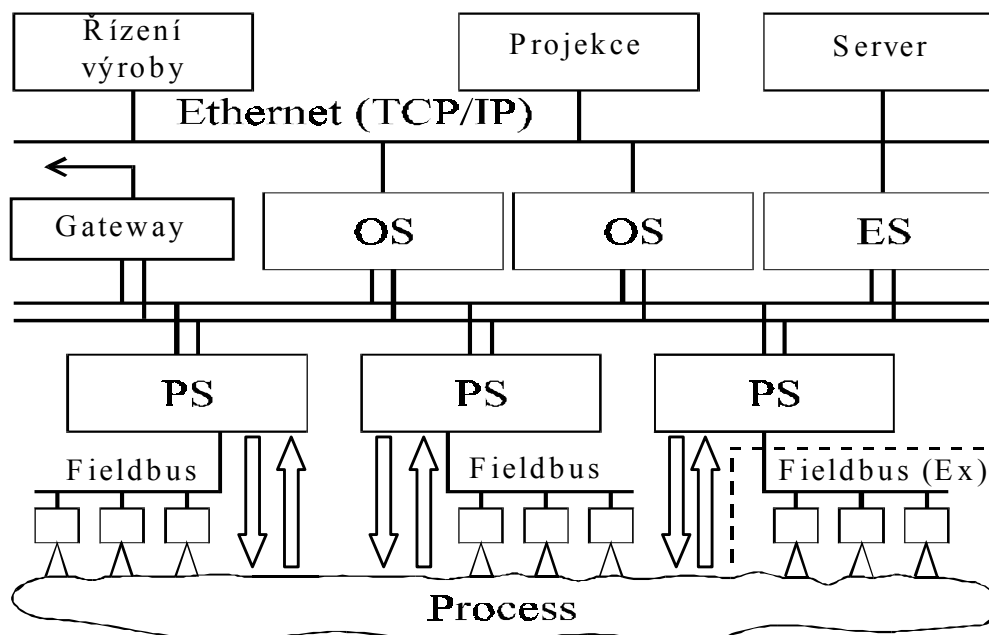
Pro popis sekvenčního systému byl v Evropě vyvinut efektivní způsob zápisu ve formě grafu zvaného GRAFCET. GRAFCET je graf, který má dva základní prvky: krok (step) a přechod (transition). Tyto základní stavební prvky se musí v grafu pravidelně střídát. Každému kroku je přiřazena funkce, vyjádřená kupř. booleovským výrazem a implikující akci, tj. výstupní veličinu řídicího automatu. Přechod (transition) vyjadřuje booleovským výrazem podmínky přechodu do dalšího kroku. Programovatelné automaty různých výrobců se programují obecně velmi podobným způsobem, avšak přenositelnost programů, vytvořených pro jeden PLC na jiný není možná. Proto International Electrotechnical Commission v normě IEC 1131 stanovila podmínky pro systémově neutrální způsob programování. Všechny dosud používané programovací jazyky (LD, FBD, IL, SFC) jsou do normy zahrnuty a doplněny vyšším programovacím jazykem (structured text ST). Programování pod uvedenou normou nese všechny vlastnosti objektově orientovaného programování. IEC tak přibližuje programování PLC potřebám současnosti i budoucímu vývoji.

### 2.2 Důsledky decentralizace systému řízení

Lze-li na jedné straně nástup PLC a tím decentralizaci řídicího systému považovat za pozitivní jev (i s přihlédnutím k menšímu programátorskému komfortu ve srovnání s centrálními řídicími počítači a minipočítači), je nutné vidět na druhé straně potíže při realizaci syntézy systému řízení. Teorie řízení studuje vesměs centralizovaný řídicí systém. Předpokládá, že v každém okamžiku je informace o výstupech systému k dispozici řídicímu členu a ten centralizovaně vysílá akční zásah na předmětný vstup řízeného systému. S příchodem decentralizace fyzických systémů řízení došlo k prudkému rozvoji teorie hierarchického řízení (Mesarovic, Takahara a další) a decentralizovaného řízení (Singh, Mahmoud, Siljak, Davison a další). V průběhu 70. let celá řada předních teoretiků pracovala na decentralizované teorii decentralizovaného řízení. Neúspěšně. Byly sice vyvinuty postupy, které přizpůsobily centralizované metody syntézy hierarchickým a decentralizovaným strukturám, avšak ucelená teorie decentralizovaného řízení nevznikla. Technologický vývoj 80. let do značné míry zpochybnil potřebu hledání této teorie. S příchodem rychlé sériové komunikace mezi jednotlivými řídicími systémy i mezi procesní instrumentací je možné do značné míry opět pohlížet na decentralizovaný model jako na jeden celek, kde v případě potřeby je informace z libovolného měřeného bodu k dispozici libovolnému řídicímu algoritmu a akční zásah může být proveden z libovolného automatu do libovolného místa.

### 2.3 Distribuované řídicí systémy DCS

Současnou řídicí strukturu pro řízení velkých celků ukazuje obr. 3.



Obr.3 Distribuovaný systém řízení

Tato struktura je poznamenána nástupem průmyslových sběrnic do všech úrovní řídicí architektury. První úroveň řízení může být tvořena jak programovatelnými automaty, které jsou propojeny s procesními proměnnými (vstupy a výstupy) dvoubodovými spoji, tak automaty s podřazenou sběrnicí (fieldbus) a v poslední době i distribuovanými V/V moduly s přímým připojením na systémovou sběrnicí. Systémové sběrnice tvoří základní komunikační prostředek. V mnoha případech jsou v redundantním provedení s ohledem na zvětšující se důraz na spolehlivost a bezpečnost systému. Zavedení sériových sběrnic vedlo k zjednodušení a tím k zlevnění a zrychlení realizace řídicího systému.

Průmyslové sběrnice nejnižší úrovně propojují inteligentní senzory a akční členy s řídicími automaty a zatím jen výjimečně navzájem mezi sebou. Decentralizace postupuje dále a pro jednoduché procesy, které nejsou časově kritické (zejména budovy, tepelné procesy, cementárny a další) se začínají v široké míře uplatňovat totálně distribuované systémy. Jejich základ tvoří rychlá sériová průmyslová sběrnice s náhodným přístupem, která je upravena pro řízení blízké řízení v reálném čase. Systém postrádá jak arbitra sítě, tak vlastní řídicí systém (PLC, DCS apod.). Do jednotlivých výkonových agregátů (ventilů, klapek, systémů vzduchotechniky, motorů, oken, dveří atd. ) jsou vestavěny mikrořadiče, ve kterých je obsažen komunikační protokol a naprogramována vlastní funkce přístroje.

Vedle tradičních PLC, průmyslových regulátorů a totálně distribuovaných systémů (LonWorks technologie) je současný stav oboru charakteristický průnikem průmyslových PC mezi řídicí systémy. Technologie mikroelektroniky dospěla tak daleko, že průmyslová PC jsou nasazována na místo PLC i dalších řídicích systémů. Jsou k dispozici v provedení do rozvaděčů nebo v kompaktním provedení s vysokým stupněm krytí. PC je realizováno buď na jedné kartě nebo v modulárním provedení a to jako PC 104 nebo DIMM karty a v dalších provedeních. Průmyslová PC vynikají relativně nízkou cenou, velkou operační pamětí, možností programování ve vyšším programovacím jazyce, snadným připojením k Internetu přes síť Ethernet TCP/IP. Je jen otázkou času a dalšího vývoje jak HW, tak zejména stabilního SW, kdy průmyslová PC nahradí v mnoha aplikacích PLC a další řídicí techniku. Pro tuto oblast automatizace se postupně začíná používat pojem Soft Control. V logické úrovni

řízení, kde prozatím hrají dominantní roli PLC, se pro PLC funkce realizované pomocí průmyslového PC používají dva pojmy. Především jde o soft PLC, tedy průmyslové PC, které programovými prostředky emuluje funkci PLC a dále Slot PLC. Zde se jedná o průmyslové provedení PC, kde jedna nebo více karet (modulů) tvoří samostatné PLC. Výměna dat mezi PC a kartou PLC je velmi rychlá a jednoduchá přes vnitřní sběrnici PC, avšak karta PLC má vlastní stabilní jednoduchý operační systém, nezávislý na operačním systému PC a vlastní napájecí zdroj a není závislá na pevném disku PC. Tento přechodný typ prozatím úspěšně řeší nedostatečnou stabilitu operačních systémů PC a přitom poskytuje zvýšený programátorský komfort, podobně jako Soft PLC.

## **2.4 Standardizace v oblasti průmyslových komunikačních sítí**

V průběhu 80. a 90. let došlo k rozvoji průmyslových sítí (fieldbusů) a nižších průmyslových sítí. Nicméně se nepodařilo prosadit jednotný model fieldbusu. Proto je v mezinárodní normě IEC 1158 standardizováno 8 ekvivalentních řešení průmyslových sériových komunikačních sběrnic. V důsledku této situace vznikl a dosud trvá aktuální problém vývoje a implementace mezisběrníkových spojů (gateway) mezi těmito standardizovanými různorodými komunikačními systémy.

Novým jevem v oblasti standardizace průmyslových sítí je nástup sítě a protokolu Ethernet TCP/IP v průmyslovém provedení do oblasti řídicí techniky.

### **2.4.1 Ethernet v průmyslové automatizaci**

V oblasti kancelářských aplikací se během posledních 15 let vytvořily přirozenou cestou tyto standardy:

- PC jako jednotná počítačová architektura
- Microsoft-Windows jako operační systém
- Ethernet jako HW komunikace
- TCP/IP jako protokol spodních vrstev
- Technologie Internetu jako prostředí různých druhů aplikací

Podobná standardizace by přinesla výhody i v oblasti automatizace. Jinými slovy, pokud by se tyto standardy důsledně použily jednotným způsobem při průmyslovém řízení, přinesl by tento vývoj průmyslové výrobě značné výhody. Při stále se zvyšujícím tlaku na cenu projektů a realizací průmyslové automatizace, nebude si průmysl moci již dlouho dovolit používat systémy, které jsou vyvinuté právě a jen pro účely automatizace. Jedním z ukazatelů tohoto trendu jsou vážné a stále častější snahy nabídnout v oblasti průmyslové komunikace poslední tři standardy, uvedené výše, totiž Ethernet, TCP/IP a Internetové technologie jako komunikační systém mezi PLC, procesní instrumentací a operátorskou úrovní. Tento vývoj ukázal veletrh v Hannoveru v dubnu 1999 a potvrdila jak Interkama 99 v říjnu v Dusseldorfu, tak veletrh SPS/IPC/Drives v listopadu v Norimberku. Zastánci Ethernetu předpokládají, že se tato komunikační technologie, léta velmi úspěšně používaná v sítích typu LAN, rozšíří do oblasti, ve které zatím dominují průmyslové komunikační sběrnice typu fieldbus a nižší.

Ethernet je sériová sběrnice vyvinutá na konci 70. let firmou Xerox. Vychází ze specifikace IEEE 802.3 pro fyzickou vrstvu a doplňuje ji o specifikaci linkové vrstvy (horní podvrstva linkové vrstvy definující LLC - řízení logického spoje). Dolní podvrstva (MAC) linkové vrstvy, definující způsob přístupu k přenosovému médium, je charakterizována jak u Ethernetu, tak u IEEE 802.3 nedeterministickou přístupovou metodou CSMA/CD (carrier sense multiple access / collision detection). Zatímco IEEE 802.3 specifikuje několik variant fyzické vrstvy, Ethernet využívá původně jen jedné specifikace. Jde o přenosovou rychlost 10 Mb/s, přenos v základním pásmu,

délka segmentu do 500 m, topologie sběrnice a 50 ohmový tlustý koaxiální kabel. K této původní variantě Ethernetu se již delší dobu využívají i další varianty fyzické vrstvy, přizpůsobené tenkému koaxiálnímu kabelu a kroucené dvoulince. V poslední době se dále objevuje rychlý (fast) Ethernet, u kterého řešení fyzické vrstvy umožňuje rychlost 100 Mb/s. Teprve tyto vysoké rychlosti a úpravy topologie sítě Ethernet předurčují tento systém také pro průmyslovou komunikaci. Lokální síť LAN, pro které je technologie Ethernet velmi vhodná, vesměs nevyužívají pro otevřenou komunikační strukturu referenční model RM ISO/OSI, nýbrž jednodušší a méně striktní síťový model TCP/IP s příslušnými protokoly, definujícími způsob přenosu dat. V ekvivalentu RM ISO/OSI by tyto protokoly představovaly 3. síťovou (TCP Transition Control Protocol) a 4. transportní (IP - Internet protocol).

Ethernet nespécifikuje interpretaci obsahu datových souborů. Kupř. u fieldbusů je součástí specifikace 7. vrstvy m.j. definice datových typů. Podle této definice je kupř. analogová veličina vždy reprezentována datovým typem s pohyblivou řádovou čárkou dle normy IEEE 754, což každý účastník fieldbusu správně interpretuje. Další rozdíl je v tom, že zatímco fieldbusy jsou určeny především pro průmyslové sítě malého rozsahu, Ethernet je využíván v sítích rozsáhlejších a umožňuje bezproblémové napojení na Intranet/Internet. Také vlastní protokoly Internetu jako HTTP, FTP a SMTP využívají protokolů TCP/IP. Proto je napojení řídicích systémů přístrojů na Internet snazší při použití Ethernetu než při použití fieldbusu.

Pro účely komunikace mezi procesní instrumentací a 1. úrovní řízení jako programovatelnými automaty, mikrořadiči, procesními stanicemi DCS (distribuované řídicí systémy pro řízení procesů), ale i pro komunikaci mezi řídicími členy 1. úrovně řízení navzájem a případně s vyšší - operátorskou úrovní řízení, byly od 80. let vyvíjeny speciální sériové sběrnice typu senzor/aktor bus, devicebus a fieldbus. V průběhu 80. a 90. let se pak mnohé z nich staly národními standardy, jiné pak de facto průmyslovými standardy a v poslední době dochází i k významnému posunu v mezinárodní standardizaci. Tyto sběrnice jsou důsledně přizpůsobeny potřebám 1. úrovně řízení technologických procesů, výrobních linek a strojů i menších technologických celků. Ve většině případů nejsou tak snadno přizpůsobeny k propojení do sítě Internet, ani k technologii Ethernet. Jejich pozice je rovněž poněkud ochromována tím, že existuje velká škála těchto sériových průmyslových sběrnic a že se IEC příliš dlouho nedařilo prosadit jediný celosvětový standard fieldbusu. V roce 1999 IEC ukončila volný vývoj průmyslových sériových sběrnic tím, že připustila do standardu IEC 1158 většinu existujících národních a proprietárních standardů. Jedná se o návrh "Multi-system-standard", který standardizuje 7 stávajících kvazistandardů fieldbusů. Přehled standardizačního procesu v oblasti fieldbusů jak ze strany IEC tak organizace CENELEC je na obr. 4.

Ve srovnání s fieldbusy může Ethernet vykazovat tyto výhody:

- vyšší přenosová rychlost
- kompatibilita k dalším LANům a na Intranet a Internet
- jednoduché a levné propojení na PC
- velká podpora různých médií

Mezi nevýhody Ethernetu ve srovnání s fieldbusy je možné jmenovat:

- nedefinovaný čas přístupu účastníka k přenosu
- neukončený vývoj (protokolů) a tím další náklady na vývoj
- délka datového pole není přizpůsobena potřebám průmyslové komunikace
- vysoká cena implementace Ethernetu do čidel a akčních členů

IEC:	Profibus, WorldFIP, P-Net, (FF), Interbus, ControlNet, Swift-NET
------	--

CENELEC:	EN 50170	Profibus, WorldFIP, P-Net, (FF)
	EN 50254	Profibus, WorldFIP, Interbus
	pr EN 50325	DeviceNet, SDS, (CANopen)

Pozn.: Začlenění fieldbusů, které jsou v závorce, se připravuje.

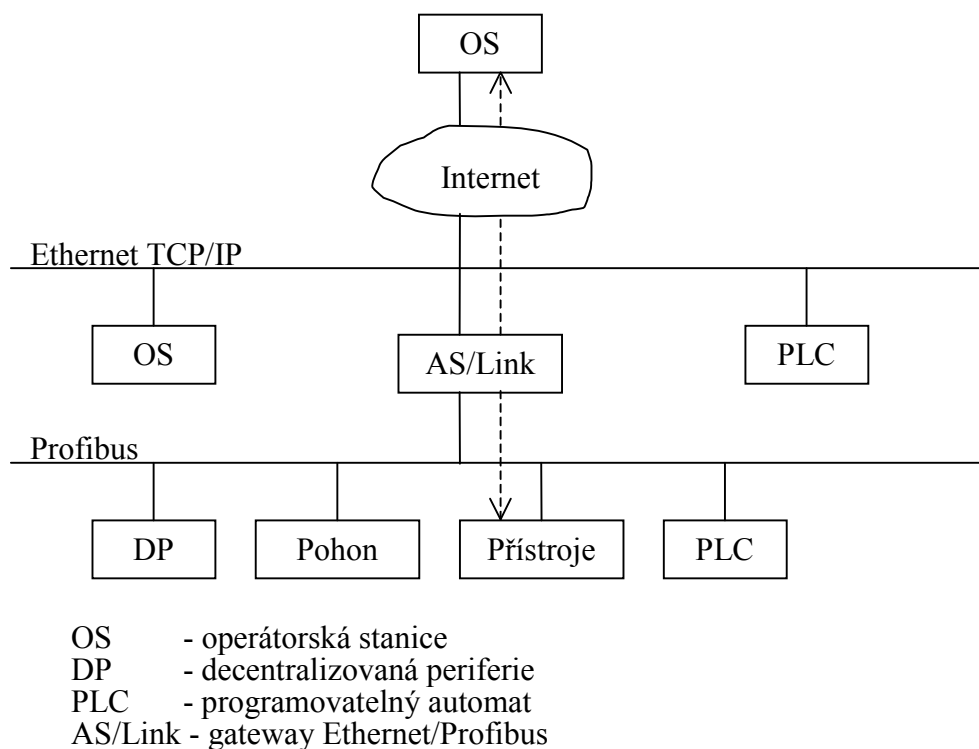
Obr. 4 Standardizační aktivity IEC a CENELEC

Nedefinovaný okamžik přístupu je velmi omezujícím faktorem při řízení. Tento fakt se však dá obejít tím, že se celá síť Ethernet rozdělí pomocí mostů na logické segmenty. Zprávy se pak omezují jen na daný segment a tudíž i vznikající kolize, plynoucí z podstaty náhodného přístupu k médiu v síti Ethernet, se omezí na daný segment. Pravděpodobnost kolize se výrazně zmenšuje i při značném zatížení sítě. Spínače (směrovače nebo mosty) přepínají zprávu jen do toho segmentu, kde je adresát zprávy. Zprávy tedy zůstávají jen v nejmenším možném počtu segmentů.

Přepínaná struktura sítě Ethernet řeší tedy do značné míry průchodnost sítě a při extrémně vysokých rychlostech (Fast Ethernet 100 Mb/s) může zaručit režim blízký režimu v reálném čase. Ethernet se tak stává pro propojení řídicích členů, přístrojů a jisté třídy inteligentní instrumentace (inteligentní čidla a inteligentní akční členy) velmi atraktivní variantou k fieldbusům.

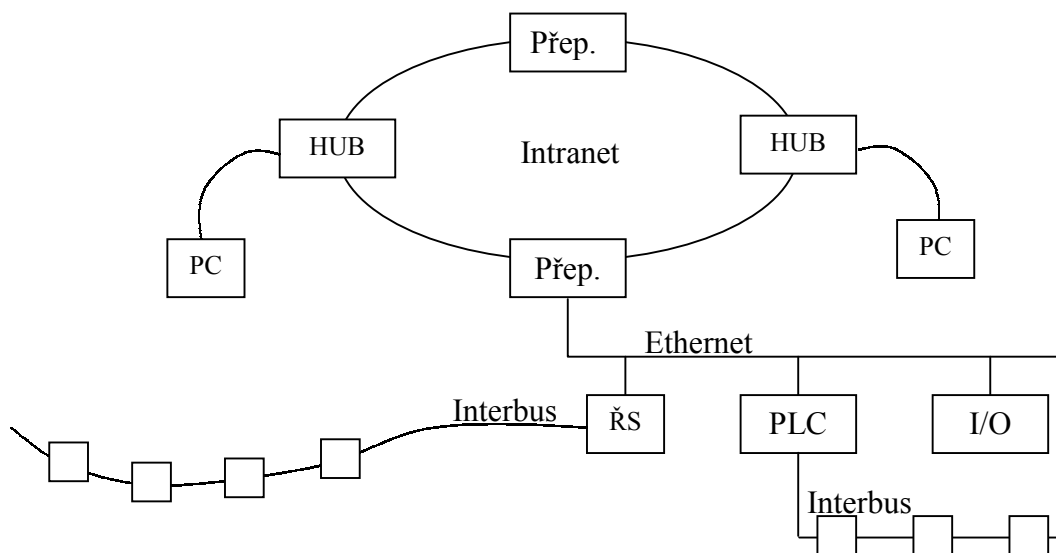
Kombinování stávajících fieldbusů a Ethernetu umožňuje přes Ethernet propojovat větší zařízení (přístroje a řídicí členy, panely ap.) s požadavky na velký objem přenášených dat (mnohdy ne časově kritických). Standardní fieldbusy (a zejména nižší sběrnice typu sensor/aktor a typu devicebus) vyřídí rychlou výměnu malého objemu dat z aktorů a sensorů. Nižší sériová sběrnice se musí umět přizpůsobit TCP/IP protokolům. V tom okamžiku má otevřený přístup do prostředí Internetu.

V případě Profibusu, který je vedoucím fieldbusem v počtu instalací přinejmenším v Evropě (50% trhu v Německu, 20% světového trhu sériových průmyslových sběrnic), je vyvinuta implementace Profibusu (DP) na Ethernet tak, aby aplikace, vytvořená pro Profibus DP mohla být jednoduše přenesena na Ethernet TCP/IP v hierarchicky vyšší komunikační úrovni. Představa dalšího vývoje Profibusu je na obr. 5.



Obr. 5 Profibus a Ethernet

Z obrázku je patrné jasné oddělení kompetence systému Profibus a průmyslového Ethernetu TCP/IP.

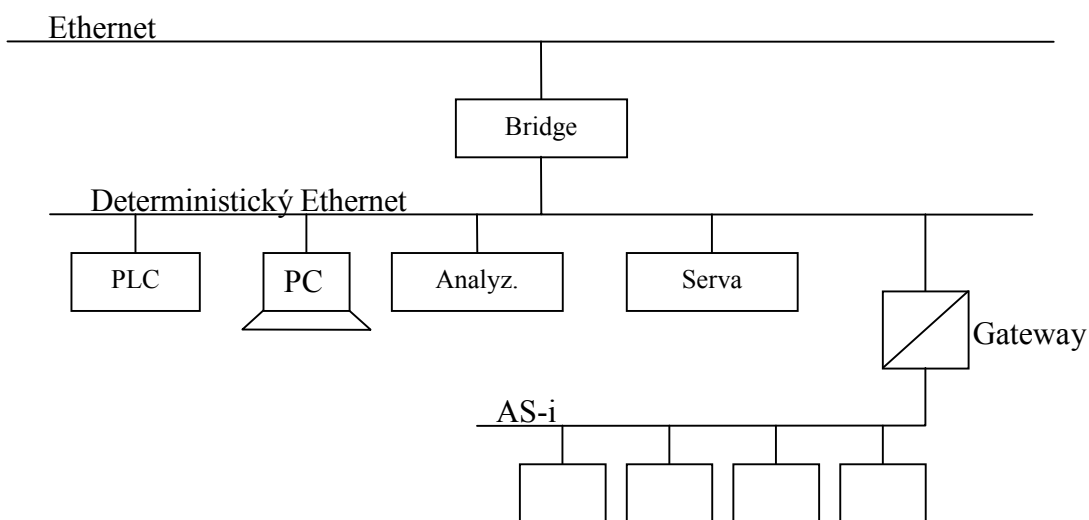


Obr.6 Propojení sítí Interbus a Ethernet

Síť Interbus se nástupu Ethernetu do oblasti řídicích systémů přizpůsobuje ještě více, než Profibus a to vývojem mezisběrníkového spoje (gateway), kdy Ethernet TCP/IP protokoly budou využívány pro služby orientované na Internet, zatímco Interbus bude pracovat jako podřízená síť na úrovni aktorů a senzorů. Podobně reaguje na tento vývoj i sdružení AS-international v případě sběrnice typu sensor/aktor (AS-interface).

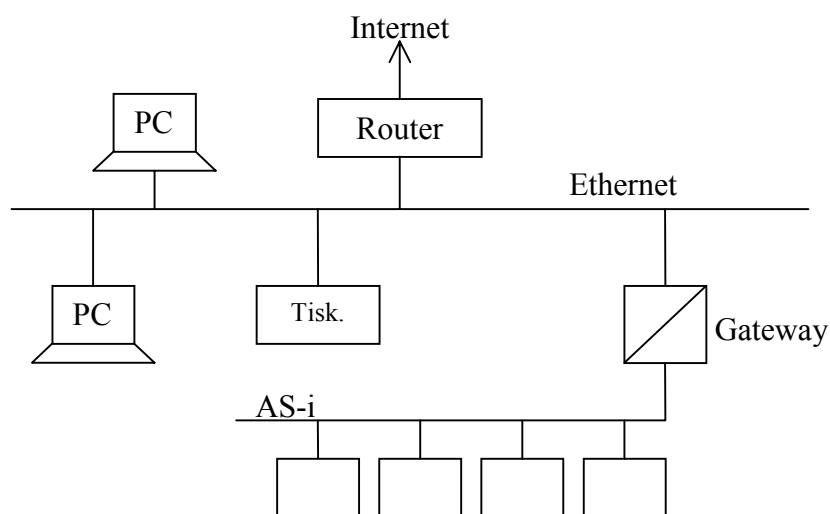


Přes všechny své pozitivní rysy, nemá v současné době technologie Ethernet šanci se cenově prosadit na úrovni jednoduchých (binárních) čidel a akčních členů. Tuto instrumentaci, která ve velké třídě řízených strojů, linek, procesů má převažující podíl, nelze z cenových ani prostorových důvodů vybavit obvody pro přímé připojení na síť Ethernet (elektronika pro připojení čidla k síti musí stát pod 3,- DEM). Pro tyto případy by bylo nutné připojovat na Ethernet multiplexery binárních V/V. Z cenových důvodů však nelze uvažovat o menším počtu V/V u multiplexeru, než s počtem min. 16. To však představuje krok zpět v decentralizaci procesní instrumentace a prodražuje dvoubodovou kabeláž od multiplexerů k jednotlivým čidlům a akčním členům. Proto se nabízí vhodná kombinace Ethernetu jako páteřní sítě a jednoduchého sensor/aktoru busu a jejich propojení mezisběrníkovým spojem (gateway). Na obr. 7 je jedno z možných řešení při použití sítě AS-interface na úrovni sběrnice typu sensor/aktoru.



Obr.7 Architektura s AS-interface a deterministickým Ethernetem

Gateway Ethernet/AS-i může být tvořen kartou v PLC, kartou v PC nebo samostatným (stand alone) spojem (gateway). Obdobné řešení pro připojení podsystému V/V ke konvenčnímu Ethernetu je na obr. 7. Projektování a diagnostika se může provádět buď lokálně přes gateway nebo centrálně po Ethernetu.



Obr.8. Architektura s AS-Interface a konvenčním Ethernetem

Lokální ovládání je používáno ve fázi projektování a konfigurování. Tento systém využívá na úrovni Ethernetu otevřený průmyslový standard Modbus, aplikovaný na TCP/IP. Budoucí aplikace lze tedy vidět asi tak, že PC je použito pro nadřazené řízení a vizualizaci, inteligentní sensory i akční členy (serva, frekvenční měniče, identifikační systémy a další složitější přístroje jako třeba čtečky čárového kódu ap.) jsou připojeny přímo na Ethernet, zatímco binární signály jsou připojeny přes AS-i gateway. Tak je možné vizualizovat i Internetem celý systém.

Tam, kde je účelné použít jen konvenční Ethernet (časově nekritické aplikace jako kupř. řízení budov), tam lze použít variantu z obr. 8.

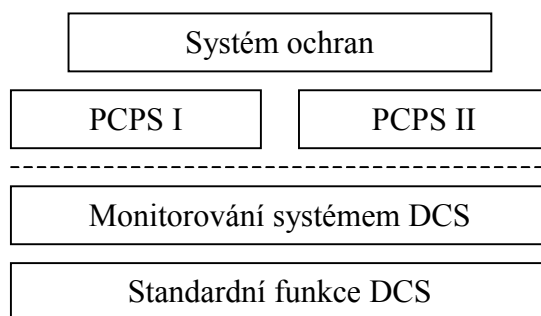
## 2.5 Vizualizace procesu a universální SW rozhraní v prostředí MS Windows

Dalším významným jevem ovlivňujícím současný stav i vývoj automatizačních prostředků je tendence vizualizovat řídicí proces. Byly vyvinuty a na trhu automatizace jsou k dispozici konfigurační, programovací a simulační programy, které slouží operátorskému řízení. Spolu s HW prostředky, reprezentovanými provozními obrazovkami a ovládacími panely s LCD displeji slouží ke sběru dat, jejich zobrazování, ovládání procesu z místa nebo na dálku a řeší doplňkové funkce DCS nebo PLC řízení procesů, linek a často i výrobních strojů. V poslední době jsou provozní obrazovky vybavovány vestavěnými mikropočítači nebo jsou součástí průmyslového PC. V důsledku všeobecného rozšíření SW produktů firmy Microsoft zejména operačního systému MS Windows 98, NT a budoucích, dochází přirozenou cestou ke standardizaci SW rozhraní, která jsou potřebná pro kompatibilitu komunikačních a řídicích systémů, dalších prostředků vizualizace, sběru dat a nadřazeného řízení. Této přednosti současných systémů s úspěchem využívá i laboratoř propojených fieldbusů, vybudovaná týmem uchazeče na ÚAMT FEI VUT v Brně.

## 2.6 Kvalita, spolehlivost, funkceschopnost

Dalším, velmi významným fenoménem současnosti je důraz na kvalitu, spolehlivost a bezpečnost výroby, dopravy a dalších oblastí lidské činnosti a tím i zvýšený důraz na spolehlivost, vysokou funkceschopnost a bezpečnost řídicích systémů. Na příkladu požadavků na bezpečnost a spolehlivost řídicích systémů dle normy DIN V 19250 ukažme na příkladu DCS, jaké podmínky musejí splňovat řídicí systémy procesů v dnešní době.

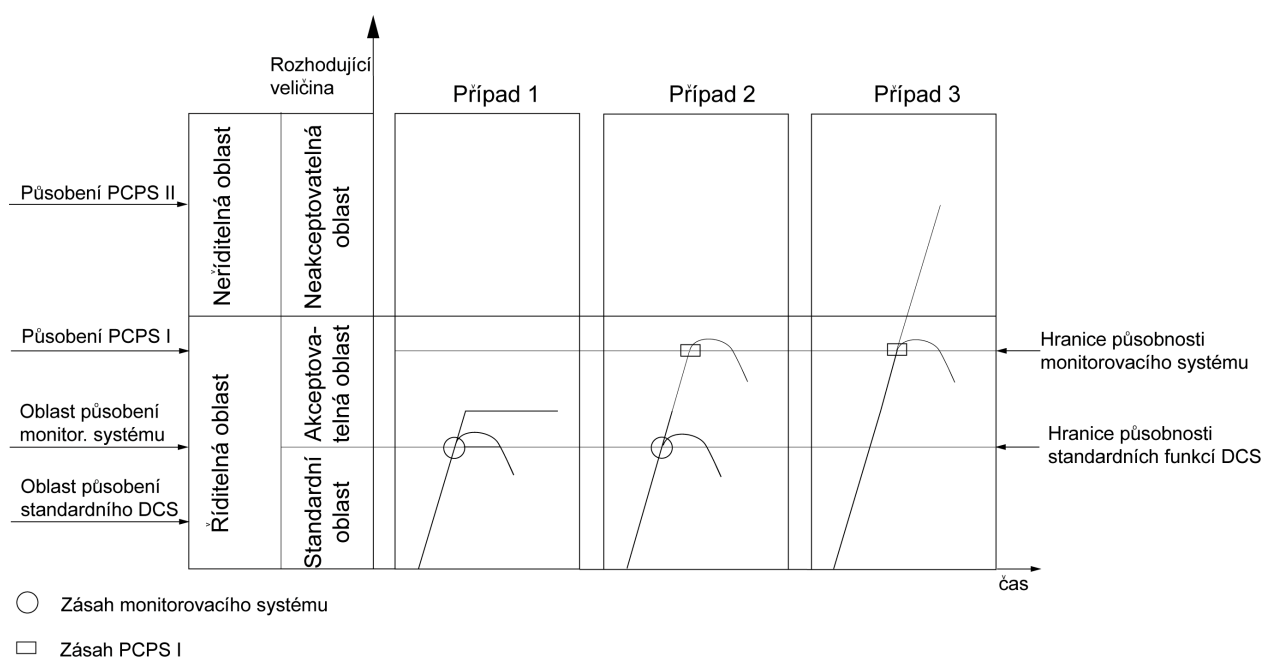
Na obr.9 je nakreslena architektura řídicího a zabezpečovacího systému tak, aby splňoval současné požadavky na zvýšenou spolehlivost a bezpečnost řízení.



Obr. 9 Architektura systému DCS splňující zvýšené požadavky na bezpečnost

Horní část obrázku znázorňuje podsystém orientovaný na bezpečnost. Kromě systému ochran, který je nezávislý na DCS, obsahuje podsystém DCS, zaměřený na bezpečnost. Tento podsystém se dělí na dvě části. V levé části je podsystém PCPS I, představující bezpečnostní zásahy, realizované vlastním distribuovaným řídicím

systemem DCS. V pravé části je pak opět podsystém realizovaný vlastním DCS, avšak reagující jiným způsobem v jiné situaci (PCPS II). Spodní část obrázku A je vyhrazena funkcím DCS, které nemají bezprostřední vztah ke zvýšené bezpečnosti řízení procesu. Nejníže stojí systémy a programy standardního řízení procesu a výroby. Na tyto funkce popř. řídicí podsystémy se nekladou žádné nadstandardní požadavky na zvýšenou bezpečnost nebo funkceschopnost. Avšak monitorovací podsystém již obsahuje prvky dohledu a predikce poruch a havarijních stavů procesu.. Standardní funkce DCS zabezpečují chod výroby, řízení procesu, sběr dat, výpis protokolů a zhotovování výrobní dokumentace. Od monitorovacího systému se požaduje funkce pozorování nestandardního vývoje kritických procesních veličin. Těmto funkcím DCS se připisuje značný význam s ohledem na to, že slouží nejen k sledování proměnných, které prokazují nestandardní průběh, ale má zabránit příliš citlivému náběhu ochran a zabezpečovacích systémů v případě, kdy z průběhu procesních veličin je jasná tendence k setrvání v ještě přípustné oblasti stavu systému. Z praxe se ukazuje, že příliš citlivý náběh ochran působí velké hospodářské ztráty.



Obr. 10 Příklad působnosti jednotlivých komponentů DCS

System PCPS I představuje podsystém DCS, který provádí vlastní funkci zabezpečení procesu před nebezpečnými stavy. Jak je patrné z obr. 10 jeho působnost je v oblasti mezi limitem 1 a limitem 2, který představuje konec říditelné oblasti procesu. Musí zajistit takový akční zásah, že nedojde k překročení limitu 2 žádnou procesní veličinou. Dosahuje toho často tvrdým odstavením technologických celků, což může vést k výše uvedeným ztrátám při zastavení procesu v nestandardním stavu. Funkcí PCPS I je odhad rizika, stanovení požadavků na eliminaci rizikového stavu a přiřazení odpovídajících akčních zásahů. Je hlavním systémem ochran, realizovaným distribuovaným řídicím systémem.

System PCPS II je podsystém ochran, který nechrání vlastní technologický proces a obsluhu, ale jeho funkce spočívá v působení proti ještě větším škodám, než ty, které nastaly selháním řízení procesu nebo z jiných příčin. Nezabraňuje tedy vlastní poruše procesu řízení, ale dopadu na okolí havárie. Není napojen na měření standardních procesních veličin, ale veličin, které jsou kritické pro ohrožení osob a životního prostředí. Zatímco PCPS I je důsledně propracován, PCPS II je jednodušší a je konstruován pro případ, který s největší pravděpodobností nikdy nenastane. Přesto musí být plně funkční a periodicky musí být přezkušována jeho funkce.

Otázky výšky rizika, odpovídajících zásahů a z toho dále plynoucích požadavků na konstrukci systémů řízení jsou dány normou. Jako příklad lze uvést německou normu DIN V 19250, která klasifikuje procesy z hlediska bezpečnosti do 8 tříd rizika. Podle této normy kupř. procesy se stupněm rizika 7 a 8 musí mít nejméně jeden další systém ochran, nezávislý na zabezpečovacích funkcích DCS (PCPS I a II). Nově připravovaná norma IEC 1508 však rozeznává jen 4 třídy rizika (SIL 1 až SIL 4), ale hodnotí stupeň rizika kvantitativně.

V každém případě se situace ve vyspělých zemích v oblasti bezpečnosti řídicích systémů v posledních letech výrazně zlepšila, což způsobila jednotná evropská legislativa, aktivity národních i mezinárodních sdružení a komisí elektrotechniků a dalších profesních zaměření (NAMUR, VDI/VDO a další). Rovněž výrobci automatizační techniky, mají zájem na tom, aby jejich systémy pracovaly vysoce funkčně a vysoce bezpečně. Tento trend bude všeobecně zesilovat i v budoucnosti.

Následující část přednášky pojednává o jedné aktivitě uchazeče a jeho spolupracovníků, kterou považuje za svůj příspěvek k současnému vývoji systémů průmyslové automatizace v jednom z výše uvedených hlavních směrů – v oblasti průmyslových komunikačních sítí.

### **3. Laboratoř průmyslových komunikačních sítí**

V rámci řešení několika výzkumných úkolů vybudoval tým uchazeče unikátní laboratoř propojených heterogenních průmyslových sítí typu fieldbus a nižší. Laboratoř je instalována na Ústavu automatizace a měřicí techniky FEI VUT v Brně v objektu Božetěchova 2. Slouží jednak výuce v masterském a doktorandském programu, výzkumné práci v rámci výzkumného záměru řešeného na ústavu a zájemcům z praxe. Realizace představuje modelovou situaci v průmyslu, kde se vyskytuje vysoký stupeň heterogenity řídicích systémů, čidel a akčních členů různých výrobců s různou možností komunikace. Praxe má tak příležitost ověřit si vlastnosti a parametry jednotlivých průmyslových komunikačních standardů a parametrů heterogenních mezikomunikačních spojů a způsobů propojování. Jak je patrné z Přílohy, model si klade za cíl propojit většinu instrumentů (měřicích přístrojů, průmyslových regulátorů, čidel a akčních členů, programovatelných regulátorů, laboratorních modelů a dalších) laboratoře průmyslové automatizace navzájem mezi sebou tak, aby byla možná jejich vzájemná interoperabilita. Za páteří sítě byl zvolen standardní Ethernet TCP/IP. Model je tak připraven pro následný přechod na deterministický přepínaný Ethernet. Toto řešení zároveň umožňuje jednoduchou realizaci centralizovaných (programových) mezikomunikačních spojů (gateway). Všechny PC, tvořící rozhraní jednotlivých segmentů propojené heterogenní sítě, využívají standardizovaných SW rozhraní v prostředí MS Windows (OLE, DDE, resp. NetDDE servery). To umožňuje jednak tvorbu spojů, jednak implementovat do celé sítě vizualizační SCADA systém InTouch. Vedle páteří sítě obsahuje model další segmenty průmyslových standardů. Prvním je síť LonWorks, realizující totálně distribuovaný řídicí systém, vhodný především pro řízení budov a systémů distribuce energie. Síť je v provedení free topology s rychlostí přenosu 78 kb/s, používá nestíněný kroucený pár a další pár pro napájení účastníků přenosu. Jsou z ní vytaženy dva segmenty podřazené síti AS-i pro přenos převážně binárních signálů, která se používá především pro propojení instrumentace výrobních linek a strojů. Oba spoje LonWorks/AS-i byly vyvinuty a vyrobeny na pracovišti uchazeče. Další zajímavou aplikací je demonstrování přenosu po silovém rozvodu 230V. Gateway LonWorks free topology / LonWorks power line byl rovněž vyvinut a vyroben v laboratoři. Pomocí tohoto spoje je připojen průmyslový regulátor teploty E5AX. Ostatní přístroje jsou připojeny přes universální rozhraní, vyvinutá rovněž v laboratoři. LonWorks rozhraní monitoru zatížení sítě A2000 bylo vyvinuto v rámci diplomové práce a přístroj je vyráběn německou firmou GMC.

Druhým základním segmentem je segment Profibus DP. Základ tvoří vývojový modul CP5412, umístěný v programovacím a vizualizačním PC. Další aktivní stanice sítě Profibus DP tvoří programovatelné automaty Simatic S5-95, a Simatic S7-300. Ostatní přístroje mají charakter pasivních stanic, řízených některou aktivní stanicí v režimu master-slave. Na konfiguračním PC segmentu Profibus je implementován SCADA systém InTouch, což umožňuje vizualizovat procesy, připojené k segmentu a dále to umožňuje i jednoduchou tvorbu SW spoje mezi LonWorks a Profibus DP. Všechny programovatelné automaty firmy Schneider, které tvoří převážnou část řídicí techniky laboratoře jsou od výrobce vybaveny buď proprietárním komunikačním protokolem UNI-Telway nebo průmyslovým standardem Modbus. Proto stačilo vytvořit pouze SW spoje pro připojení těchto přístrojů do propojené heterogenní sítě. Jeden z PLC typu TSX37 je vybaven kartou Modbus a tvoří HW spoj mezi segmentem Modbus a UNI-Telway. V souladu se současným trendem v oblasti průmyslové automatizace jsou tři segmenty propojené sítě obohaceny o distribuované V/V moduly WAGO. Každý z těchto modulů má jiný komunikační procesor podle toho, ke které síti je připojen. Je to praktická ukázka toho, jak musí sami výrobci reagovat na potřeby trhu v podmínkách heterogenních standardů průmyslových komunikačních systémů. Záměrem řešitelů je vyvinout v nejbližší době podobný modul pro přímé připojení na páteřní síť Ethernet TCP/IP, což odpovídá budoucímu vývoji.

#### 4. Perspektivy oboru

Jak již bylo uvedeno v předcházejících kapitolách, rozvoj oboru průmyslová automatizace je obecně velmi pozitivním jevem vývoje. Další rozvoj oboru lze vidět v následujících směrech:

1. Pokračující standardizaci komponentů průmyslové automatizace a to jednak programových prostředků a prostředí, HW rozhraní i v postupném zúžení počtu komunikačních standardů.
2. Postupné náhradě PLC techniky v roli páteře průmyslové automatizace průmyslovými PC v široké škále provedení s významným podílem vestavěných systémů. Zvýšení spolehlivosti SW a tím i rozšíření průmyslového PC jako řídicího členu přímého řízení standardních procesů i procesů se zvýšenými nároky na funkceschopnost a bezpečnost.
3. Použití vyšších programovacích jazyků pro programování procesní úrovně řízení s využitím objektového přístupu, standardizovaných funkčních bloků a funkcí.
4. Zvyšujícím se důrazu na vysokou funkceschopnost a spolehlivost a tím i bezpečnost řídicích systémů a řízených procesů.
5. Globalizaci přístupu k řízeným procesům prostřednictvím Ethernetu TCP/IP a Internetovým technologiím. Větším používáním i dalších standardizovaných informačních technologií v řízení procesů, linek i strojů.

Obor průmyslová automatizace má všechny předpoklady být i v budoucnu jedním z hlavních prostředků zvyšování objemu a efektivity průmyslové výroby i produkce v ostatních odvětvích, přispět k řešení otázek ochrany životního prostředí a regulace přírodních zdrojů. Proto řešení projektů v každém z výše uvedených předpokládaných směrů vývoje je výzvou každému odborníkovi v oboru automatizace.

## Relevantní publikace

### Knihy a skripta

- [1] Boed V.: Networking and Integration of Facilities Automation Systems. CRC Press New York, 1999, ISBN 0-8493-0699-X, Contributor : F.Zezulka: Chapter 7, Case Study, pp.89-94.
- [2] Zezulka F.: Automatizační prostředky. PC DIR Real, Brno, 1999, ISBN 80-214-1482-0 (skriptum)

### Časopisy

- [1] Ehrlich H. - Zezulka F.: Decentralized stabilization of dynamic systems, Automatizace, 1990, No.1, pp.9-12 (in Czech)
- [2] Zezulka, F.: Local area networks for the production automation, Automatizace, 1990, No.3, pp.61-63 (in Czech)
- [3] Švéda M.- Vrba R.- Legát P.- Zezulka F.: ASI Instrumentation, Microprogramming & Microprocessing, Vol. 40, No.10-12, 1994, pp. 879-882
- [4] Zezulka F.- Hrdlička M.- Zemánek P.: Properties of the new generation of Process Control Systems, Automatizace, 1995 Nr.3, pp. 67 - 71, ISSN 0005-125X (in Czech)
- [5] Zezulka F.- Hrdlička M. - Novotný M. - Peka K.: AS-Interface and its utilisation in a process data acquisition system, Automatizace, 1996, No. 11, pp. 547 - 552, ISSN 0005-125X (in Czech)
- [6] System Eckardt PLS 8OE. Automatizace, No. 4, 1994, pp. 91-94, (in Czech)
- [7] Zezulka F.- Dráždil P.: IEC - 1131-3 Standard of system neutral programming of PLC, Automatizace No. 1995, pp. 315-317 (in Czech)
- [8] Zezulka F.: International standardisation activities in industrial communication, Automatizace, 1998, No. 7, pp.393-396 (in Czech)
- [9] Zezulka F.- Bradáč Z.: Development system of PLC by the IEC 1131-3 Standard (ČSN EN 61131). Automa, 1998, No. 3-4, pp. 36-37 (in Czech)

### Konference

- [1] Švéda M.- Vrba R.- Legát P.- Zezulka F.: ASI Instrumentation, Euromicro 94, Liverpool, Short note Paper, Sect. G4.4
- [2] Hrdlička M.- Zezulka F.: Gateway for two heterogeneous fieldbus segments, FET'95, Proceeding of The Intern. Conference, Wien, 26.-27.September 1995, pp. 417-421.
- [3] Poláček R.- Zezulka F.- Hrdlička M. - Hrdlička M.: Tools for visualisation and process control, Proc. of 4th Congress 2AO96, ESIEE Paris Noisy-le-Grand, November 1996, pp. 125-132.
- [4] Poláček R.-Zezulka F.- Hrdlička M.- Hrdlička M.: Gateway for Heterogeneous fieldbus systems, Proc. of 4th Congress 2AO96, ESIEE Paris Noisy-le-Grand, November 1996, pp. 133-138.

- [5] Zezulka F.- Hrdlička M.: Process Control Systems for chemical engineering, Proceeding of 10th Conference of Process Control'95, Vol II, pp.126-130, Tatranske Matliare, 4-7 June 1995, (in Czech)
- [6] Švéda M.- Zezulka F.: Heterogeneous Interconnections for Distributed Control Systems: An Interdisciplinary Approach .In: Lasker G.E.(Ed.): Advances in Modelling of Anticipative Systems, Internat.Institute for Advanced Studies in System Research and Cybernetics, Baden-Baden, 1996, pp.6 - 10, ISBN 0921836-35-X.
- [7] Švéda M.- Zezulka F.: Interconnecting Low-Level Fieldbuses. Proc. 23rd Euromicro'97 Conference, Budapest, IEEE Comp. Soc. 1997, pp. 614- 620.
- [8] Zezulka F.- Sveda M. : Communication on the control level- an extension phenomenon of control, Proc. of the 15th International Conference on Cybernetics, Namur, Belgium, August 1998, pp. 312-317. ISBN 2-87215-004-8.
- [9] Zezulka F.: Standardisation in Process Control, Proc. of the 15th International Conference on Cybernetics, Namur, Belgium, August 1998, pp. 354-359. ISBN 2-87215-004-8.
- [10] Zezulka F.: Fieldbus Interconnection, Proc. of 5th Electronic Devices and System Conference, Brno, 1998,pp. 406 - 409, ISBN 80-214-11988-8.
- [11] Zezulka F.- Hrdlička M.: FF - LonTalk gateway, Proc. of 5th Electronic Devices and System Conference, Brno, 1998, pp.378-381. ISBN 80-214-11988-8.
- [12] Boed V.- Zezulka F.:Networking and Systems Interoperability for Facilities. Proc. of the 20th World Energy Engineering Congress'97, Atlanta, USA, Nov.19-21, 1997, pp.19-28.
- [13] Zezulka F.: Laboratory of interconnected fieldbuses. Proc. of International Summer School Prague 16.8.- 29.8.1998, pp.139-144, ISBN 80-01-01831-8.
- [14] Zezulka F.: PLC programming standard IEC 1131-3. Proc. of International Summer School Prague 16.8.- 29.8.1998, pp.145-150, ISBN 80-01-01831-8.
- [15] Zezulka F.- Svéda M.- Hrdlička M.: Fieldbus Interconnection Testbed. Proc. of INNOCAP'99, European Symposium Sensor, Networks and Communication, Grenoble, 28./29.April, 1999, pp.123-128.
- [16] Bradáč Z.- Fiedler P.- Zezulka F.: Interconnection of Heterogeneous Industrial Fieldbuses. Proc. of Intern. Workshop - Control and Information Technology, Ostrava September 16, 1999, pp. 67-72, ISBN 80-7078-679-5.
- [17] Fiedler P.- Bradáč Z. – Zezulka F.: New methods of interconnection of industrial filedbus. Proc. Of IFAC Workshop on Programmable Devices and Systems, Ostrava, February 8<sup>th</sup>-9<sup>th</sup>, 2000, pp. 143-145.
- [18] Zezulka F.-Sveda M.-Hrdlicka M.: Communication subsystems on the first control level, Workshop 95, Praha, January 1995 , pp.163-4.
- [19] Zezulka F.- Hrdlička M.-Hrdlička M.- Poláček R.: Tools for visualisation and process control in heterogeneous fieldbus systems. Proc. of Workshop 97, Prague Jan. 1997, pp. 221-222.
- [20] Zezulka F.: Laboratory of heterogeneous fieldbuses. Proc. of the National research seminar, Ostrava, 1998 (in Czech)

- [21] Zezulka F.: Laboratory of interconnected industrial networks. Proc. of Pragoregula 99, Prague 10.-11.March, 1999, ISBN 80-902131-3-8 (in Czech)
- [22] Zezulka F.- Fiedler P. : Ethernet v průmyslové praxi. Sborník přednášek konference při Pragoregula 2000, str. 37 – 42.

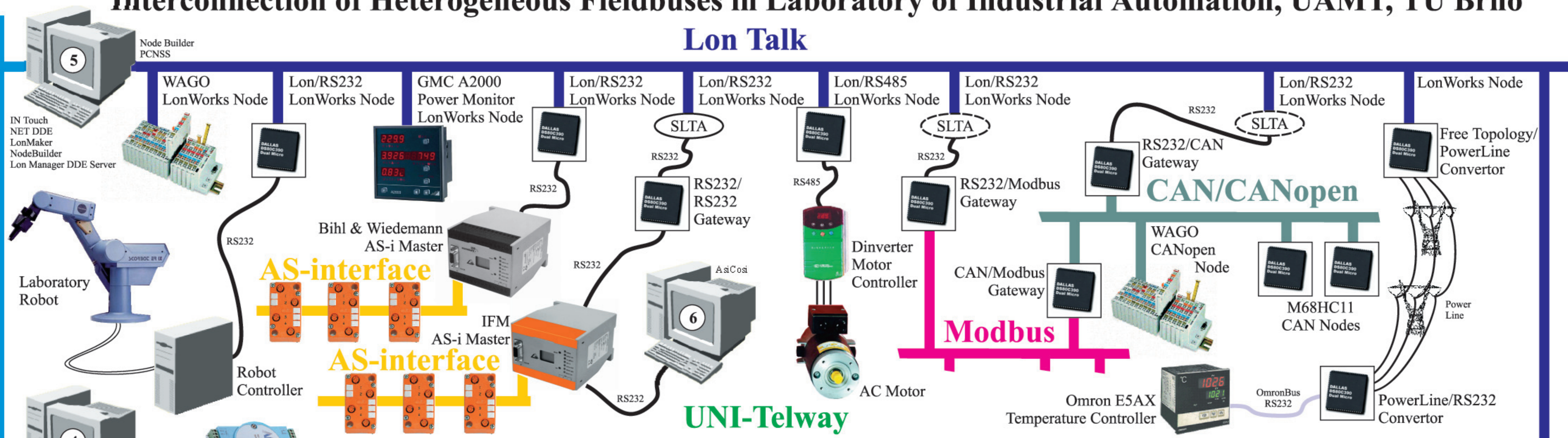
### **Výzkumné zprávy**

- [1] Zezulka F.-Pivoňka P.: Analysis of the steel pack and bricks by means of the DISCANT scanner. 1988, TU in Brno.
- [2] Zezulka F.-Vavřín P.: Study of the control systems of the mechanic press, Reports of Research centre TU in Brno, 1988.
- [3] Zezulka F.-Škorpík M.: Control system of the mechanical press. Reports of Šmeral Works Brno, 1988.
- [4] Zezulka F.: Report of the GACR 102/95/1365, December 1995.
- [5] Zezulka F.: Report of the GACR 102/95/1365, December 1996.
- [6] Zezulka F.: Final report of the GACR 102/95/1365, December 1997.
- [7] Zezulka F.: Final report of the FRVS Interoperability in industrial automation, December 1998.
- [8] Zezulka F.: Chapt. 5 (Research in Industrial communication and control systems) in a Report of the research project (Research in information and control systems), November 1999.

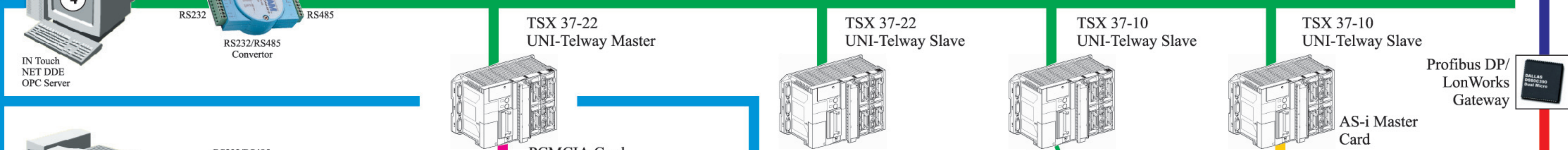


# Interconnection of Heterogeneous Fieldbuses in Laboratory of Industrial Automation, UAMT, TU Brno

## Lon Talk



## UNI-Telway



## PROFIBUS DP

