

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Ing. Antonín Doušek

**PROSTŘEDKY IMPLEMENTACE CAD/CAM
SYSTÉMU DO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU
STROJÍRENSKÉHO PODNIKU**

**MEANS OF CAD/CAM SYSTEM
IMPLEMENTATION INTO INFORMATION
SYSTEM OF ENGINEERING ENTERPRISE**

Obor : Konstrukční a procesní inženýrství

Školitel : Doc. Ing. Josef Šupák, CSc.

Oponenti : Prof. Ing. Štefan Medvecký, PhD.

Doc. RNDr. Martin Holodniok, CSc.

Doc. Ing. Miroslav Švéda, CSc.

Datum obhajoby : 12.10.2000

80-214-1755-2

OBSAH PRÁCE

1. OBSAH PRÁCE	3
2. ÚVOD	5
3. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	7
4. CÍLE PRÁCE	9
5. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ	10
5.1. Systémy CASE	10
5.1.1. <i>Výběr vhodného systému CASE</i>	10
5.1.2. <i>CASE/4/0</i>	11
5.2. Integrace systémů CAD/CAM	11
5.2.1. <i>Moduly Pro/DEVELOP a Pro/TOOLKIT</i>	11
5.3. Formální specifikace a verifikace IS	12
5.3.1. <i>Petriho síť</i>	12
5.3.2. <i>Place/Transition Petriho síť</i>	13
5.3.3. <i>Specifikační jazyk Promela</i>	14
5.3.4. <i>Verifikační nástroj Spin</i>	14
6. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE	15
6.1. Návrh systému	16
6.2. Integrace CAD systému Pro/Engineer do IS	18
6.3. Modelování IS	19
6.3.1. <i>Petriho síť</i>	20
6.3.2. <i>Promela</i>	21
6.3.3. <i>Verifikační nástroj Spin</i>	23
7. ZÁVĚR	24

8. LITERATURA	26
9. AUTOROVO CV	29
10. SUMMARY	31

ÚVOD

V současné době není konkurenceschopný žádný podnik, který nemá nasazen kvalitní informační systém. Informační systém (dále IS) se tak stává páteří celého podniku.

Při běžném pohledu na IS máme na mysli často pouze podnikovou agendu. Ta však musí vycházet a opírat se o výrobní činnost podniku, samozřejmě podporovanou prostředky výpočetní techniky.

Páteří strojírenských podniků jsou útvary vývoje, konstrukce a výroby. V této oblasti výpočetní technika umožnila nasazení systémů počítačové podpory konstruování – systémů CAD, podpory výroby – CAM a další počítačové technologie, které dnes souhrnně nazýváme prostředky CIM. V této oblasti jsou díky pokroku v technickém vybavení postupně nahrazovány 2D konstrukční systémy 3D modelováním s možností okamžité pevnostní a tuhostní kontroly dílů včetně automatického generování NC programů pro číslicové obráběcí stroje nebo s návazností na další prostředky realizace součástí.

Další vývoj v oblasti konstruování je podmíněn nástupem moderních komunikačních technologií. Vysoká propustnost metalických, resp. optických přenosových tras, satelitní komunikace a globální sítě, především Internet, umožňují nástup využívání paralelního konstruování s využitím videokonferencí, průmyslové využití virtuální reality a přístup k vzdáleným mohutným výpočetním kapacitám s tím nové přístupy v oblasti počítačového konstruování.

I když IS i oblast CI... technologií prošla individuálními vývojovými stadii, v moderním IS dochází k jejich integraci a řádovému posunu možností. Nepříjemnou skutečností však je, že oba systémy jsou postaveny na jiné filosofii a s diametrálně odlišnou datovou strukturou, což do značné míry komplikuje jejich integraci.

Zcela stěžejní a nejobtížnější částí nasazení IS je analýza a vývoj. Metody, techniky a prostředky používané pro analýzu a vývoj IS prošly v posledních dvaceti letech značným vývojem a předpokládá se i jeho další pokračování.

Většina uváděných metod a postupů však dostatečně nepostihuje právě oblast moderních CA... technologií a jejich implementaci do IS. Dále není zohledněno distribuované prostředí současných sítí. V rozsáhlém paralelním distribuovaném prostředí těchto systémů mohou vznikat kritická místa, která by mohla vést k nesprávné funkci, např. vzájemným blokováním prostředků.

Disertační práce se nesnaží řešit některý z dílčích, výše uvedených problémů, ale snaží se pohlédnout na problematiku návrhu a vývoje IS strojírenského podniku jako na celek. Jen tak je možné hledat vzájemné vazby a souvislosti, které mohou při abstrahování dílčího problému uniknout.

SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Současné období je v oblasti strojírenských podniků možné charakterizovat v převážné většině případů jako období restrukturalizace, snahou o dosažení jejich konkurenceschopnosti se svými výrobky a hledání nových odbytišť v silné zahraniční konkurenci. Jednou z možností, jak zvýšit efektivitu a produktivitu je zavedení kvalitního informačního systému, opírajícího se o moderní výpočetní prostředky.

V každém podniku samozřejmě informační systém v nějaké podobě existuje. Pokud budeme uvažovat typický podnik, v naprosté většině případů využívá i počítačovou techniku. Po stránce kvalitativní však to zpravidla bývá informační systém, nepokrývající komplexně celou agendu podniku, sestává mnohdy z programů i vzájemně nekompatibilních, případně pracujících v různém operačním prostředí. Též hardwarové prostředky často představují celou škálu platform.

V útvarech vývoje, příp. výroby bývá situace obdobná. Nejčastějším CAD systémem je v oblasti středních systémů AutoCAD, v oblasti velkých systémů Pro/Engineer. Systémy pracují na přiměřeném technickém vybavení.

Jednotlivé útvary jsou zpravidla zapojeny do lokálních počítačových sítí. Tyto počítačové sítě po technické stránce využívaly platformu 10BASE2 (Thin Ethernet), s vyhrazeným serverem zpravidla pro určitý úsek, případně byly tyto sítě povýšeny na strukturované dle standardu 10 (100)BASET.

V této výchozí pozici je často třeba provést radikální změnu a kvalitativně posunout IS na vyšší úroveň. Jako výsledek změny je očekáván jednotný a komplexní celopodnikový informační systém.

Ze všech možností bývá nejpravděpodobnější nákup a úprava hotového IS, případně vývoj nového IS. Problematika návrhu a implementace IS je komplikovaná, cenově náročná a vyžaduje často zásadní změny v chodu podniku. Vychází z osvědčených postupů a využívá standardních metod a metodologií

návrhu a je do značné míry zvládnutá. V současné době se však objevují nové trendy a skutečnosti, na které tradiční postupy zpravidla nereagují.

V první řadě je to potřeba **důsledné integrace IS se systémy počítačové podpory vývoje a výroby**. Prostředky pro jejich začlenění bývají zpravidla hledány až po nasazení IS. Tento přístup pak často vede k neúplnosti a nekomplexnosti propojení. Situace bývá komplikována také tím, že v podnicích bývá nasazeno i několik rozdílných CAD systémů.

Další skutečnost, která při klasickém návrhu nebývá zohledňována, je konkrétní HW řešení. **HW je nedílnou součástí IS** a ovlivňuje jeho vlastnosti a výsledné chování. Dnešní informační systémy jsou často složité systémy, implementované do síťového prostředí. Využívají distribuované databáze client – serverových aplikací a sdílí řadu síťových prostředků, jako např. tiskárny, souborové servery, komunikační prostředky a aplikace. Většina z nich je licencovaná. Ne vždy jsou tyto prostředky v jedné lokalitě, ale mohou být v místech poměrně vzdálených. I v případě, že se jedná o jednu lokalitu, bývá rozloha vzájemně propojených sítí značná a s komplikovanými vazbami. Často je vyžadován i vzdálený přístup pro jednotlivé pracovníky, např. obchodní zástupce. Začínají se hromadně využívat internetové technologie a vznikají podnikové intranety, které do problematiky informačních systémů přinášejí další převratné změny s řadou kladných ale i záporných vlastností.

Při návrhu takového systému do značné míry selhávají klasické prostředky výstavby informačních systémů, jelikož nepostihují paralelismus a časová hlediska. Mohou tak v těchto systémech vznikat problémy, které omezují správnou činnost systému jako celku.

CÍLE PRÁCE

Cílem disertační práce je zefektivnění návrhu moderních informačních systémů strojírenských podniků v distribuovaném prostředí. Práce si neklade za cíl detailně řešit jeden konkrétní abstrahovaný problém, ale chce řešit problematiku návrhu komplexně, s uvažováním všech podstatných problémů. Snahou je vytvoření nové metodiky návrhu systému, vycházející z klasických osvědčených postupů, avšak doplněné o další kroky, reagující na skutečnosti uvedené v předchozí kapitole. Takto pojatá komplexní práce se tedy zabývá :

- využitím vhodných prostředků počítačové podpory návrhu
- nalezením možností a prostředků propojení informačních systémů se systémy CAD/CAM už v etapě návrhu IS
- problémy, které vznikají nasazením IS do paralelního distribuovaného prostředí a zohledněním časového hlediska ve smyslu reálného času
- nalezením prostředků matematického modelování, které by umožnily odhalení kritických míst tak, aby je bylo možné eliminovat ještě v etapě návrhu
- doporučením konkrétního hardwarového řešení, plynoucího z odhalení kritických míst systému.

Přítom práce reaguje na skutečnost, že většina současných IS pracuje v prostředí internetu (intranetu), nebo alespoň tyto technologie využívá. Celý návrh důsledně přesouvá do oblasti počítačové podpory – systémů CASE.

ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

1.1. Systémy CASE

Systémy CASE (Computer Aided Software -System Engineering) jsou programové prostředky pro počítačovou podporu vytváření informačního systému (obecně jakéhokoliv softwarového produktu). Prvořadým úkolem prostředků CASE je poskytnout návrhářům a programátorům takové nástroje, aby se zvýšila produktivita, efektivita a především jakost software.

Existuje velká škála CASE prostředků na velmi různých úrovních. Společnou vlastností je grafická interpretace systému s různou automatizovanou podporou kontroly vývoje systému.

1.1.1. Výběr vhodného systému CASE

Pro účely uvedené práce a tedy praktického využití se jeví jako nejpodstatnější následující vlastnosti :

- modelování procesů (DFD)
- modelování struktur (structure chart)
- podpora návrhu serveru (Oracle, Sybase, MS SQL Server, Informix)
- podpora návrhu klienta (Windows)
- podpora týmové práce (víceuživatelský přístup, správa uživatelů, přístupových práv).

Z porovnání vlastností dostupných produktů byly jako nejvhodnější systémy určeny LBMS SE 6.0, CASE 4/0, příp. Excelsator II.

1.1.2.CASE/4/0

Tento systém byl zvolen z důvodů dostupnosti a to pouze v DEMO verzi. Přesto však pro daný účel vyhověl.

CASE/4/0 poskytuje ucelenou sadu nástrojů pro podporu činností při návrhu informačního systému. Podpora se týká všech etap životního cyklu. Systém podporuje metodu Yourdon SA/SD a implementaci v jazycích C a COBOL. Obsahuje také nástroje na úpravu generátoru zdrojového kódu pro jiné cílové jazyky.

1.2. Integrace systémů CAD/CAM

Při zavádění informačního systému máme následující možnosti, jak zajistit přenos dat mezi IS podniku a útvary vývoje a konstrukce :

- manuální přenos dat
- systémy EDM, PDM
- nadstavby CAD systémů
- rozšíření informačních systémů.

V této práci je zpracováno řešení dle bodu třetího, které spočívá v doplnění již existujícího CAD systému o nadstavbu, zajišťující funkce nutné pro propojení a práci s informačním systémem.

Jedním z nejrozšířenějších systémů v oblasti velkých CAD systémů u nás je Pro/Engineer. Ten byl též zvolen při tvorbě propojení na IS strojírenského podniku.

1.2.1.Moduly Pro/DEVELOP a Pro/TOOLKIT

Pro/DEVELOP je programový produkt (programovací interface), který umožňuje vlastní tvorbu aplikací, jenž jsou přímo začleněny do prostředí systému Pro/ENGINEER. Tato aplikace je dodávána jako programový balík ke všem

základním modulům. V současné době je Pro/DEVELOP součástí modulu Pro/TOOLKIT, který je doplněn o další funkce.

Oba tyto moduly jsou vlastně přidané knihovny funkcí programovacího jazyka C, které jsou k dispozici zároveň se standardními knihovnami a umožňují tvorbu vlastních programů běžících paralelně se základním programem Pro/ENGINEER. Další knihovny jazyka C je možné integrovat do systému v rámci programovacího prostředí, což je prostředí Visual C++.

1.3. Formální specifikace a verifikace IS

V [L4] byl uveden výběr vhodných prostředků pro modelování paralelních distribuovaných systémů. Z nich byly pro účely práce jako nejvhodnější zvoleny Petriho sítě.

1.3.1. Petriho síť

Petriho sítě jsou jedním z důležitých prostředků pro návrh, analýzu a modelování chování paralelních architektur a distribuovaných systémů. Jejich první popis se objevuje v 60. letech (německý matematik C.A. Petri). V současné době se jedná o širokou a neustále rozšiřovanou škálu diskretních matematických modelů, které umožňují popisovat specifickými prostředky řídicí toky a informační závislosti uvnitř modelovaných systémů. Důležitým momentem ve vývoji Petriho sítí byly programové systémy. Tyto programové systémy obsahují grafický editor, simulátor sítě a prostředky pro automatizaci analýzy. Tím se výrazně zefektivňuje práce se sítí.

Dle schopností popisovat různě složité systémy je možné Petriho sítě rozdělit na několik základních tříd. Odlišnost ve vlastních Petriho sítích je dána počty a typy tokenů v jednotlivých místech, kapacitami míst, podmíněností přechodů a různými variacemi hran.

1.3.2. Place/Transition Petriho síť

Po zhodnocení modelovacích schopností, složitosti, a v neposlední řadě i dostupnosti počítačových podpůrných prostředků byly zvoleny pro další modelování P/T Petriho síť.

Struktura P/T Petriho síť je dána čtveřicí :

$$N = (P, T, F, H)$$

kde : P : je konečná množina míst, $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ $P \neq \emptyset$;

T : je konečná množina přechodů, $T = \{t_1, \dots, t_n\}$ $T \neq \emptyset$; $P \cap T = \emptyset$;


$F : P \times T \rightarrow \{0,1\}$ je přímá incidenční funkce. Udává pro každý přechod

$t \in T$ množinu vstupních míst $I(t)$

$H : T \times P \rightarrow \{0,1\}$ je zpětná incidenční funkce. Udává pro každý

přechod $t \in T$ množinu výstupních míst $O(t)$.

Přítom přechody zobrazují události v systému a místa podmínky pro jejich vznik. Reprezentací struktury P/T Petriho síť je speciální typ grafu, obsahující dva typy uzlů:

- místa označená kroužky 
- přechody označené krátkými úsečkami |.

Chování P/T Petriho síť je určeno :

- počátečním umístěním značek do míst, např. 

přičemž platí : $M_0 : P \rightarrow \mathbb{N} \cup \{0\}$ kde \mathbb{N} je množina přirozených čísel;

- pravidly pro posun značek. Přechod je v klasické P/T Petriho síti spuštěn, obsahuje-li některé z míst alespoň jednu značku. Pak je z každého vstupního místa odstraněna právě jedna značka a právě jedna značka umístěna do každého výstupního místa přechodu.

Základní modelovací vlastnosti sítí jsou :

- ohraničenost. Tato spočívá v přípustnosti max. K značek v jednom místě. Jako bezpečná se síť označuje, pokud K je max. 1.
- dosažitelnost. Dosažitelnost sítě označuje tu vlastnost, že lze dosáhnout všech stavů, t.j. míst v síti.
- indeterminismus, který spočívá v tom, že ne vždy lze předem určit, který přechod spustí.

P/T Petriho síť je však možné definovat i jiným způsobem.

1.3.3. Specifikační jazyk Promela

V předchozí kapitole je uvedena jedna možnost vytvoření modelu, a to s využitím P/T Petriho sítí s následnou analýzou stavového prostoru. Pro velmi jednoduché systémy je grafická forma dostatečně názorná. Při složitějších systémech ovšem s takto jednoduchým modelem nevystačíme.

Proto byla navržena další alternativní varianta modelování systému, a to specifikačním jazykem Promela. Jedná se o jazyk vysoké úrovně. Není určen pro vytváření implementace, ale tzv. “validačního modelu”. Pro jeho analýzu existuje nástroj Spin, vytvořený Bell Laboratories. Tento nástroj je silnější než P/T síť - umožňuje zapsat všechny konstrukce, modelovatelné v P/T Petriho sítích a navíc umožní zápis podmínek. Několik podobných procesů prostě deklaruujeme jednou a v inicializační části pak spustíme více instancí. Časové závislosti lze - s jistým omezením - zachytit také.

1.3.4. Verifikační nástroj Spin

Vytvořením programu v Promele vzniká takzvaný **validační model**. Jakmile je model navržen, přistupujeme k jeho formální verifikaci. Verifikace probíhá metodou prohledávání stavového prostoru. Nástrojem je program Spin.

HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE

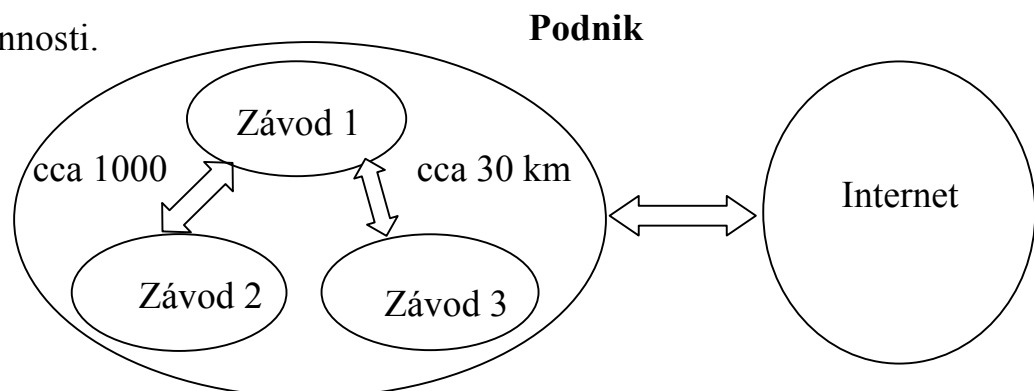
Práce se zabývá komplexně celou problematikou návrhu a implementace IS strojírenského podniku. Přes dílčí přínosy v jednotlivých etapách je za hlavní výsledek práce považována změna schéma implementace IS, a to z běžného, doposud používaného schéma :

- návrh IS
- implementace
- dodatečné hledání možností integrace CAD/CAM

na schéma :

- návrh IS s důsledným využitím CASE systémů ve všech etapách životního cyklu
- následné hledání prostředků a integrace CAD/CAM systému
- návrh technické architektury a specifikace HW
- modelování celého systému, případně alespoň kritických míst systému
- analýza modelu a návrh na úpravy
- úprava systému
- implementace.

Při tvorbě a demonstraci nové metodiky návrhu IS byl zvolen modelový podnik, distribuovaný do tří lokalit. Ty jsou vzdálené 1 resp. 30 km - viz. obr.5.1. Tím je i výsledný IS distribuovaný a bude tedy HW realizace hrát dosti podstatnou úlohu v jeho správné činnosti.

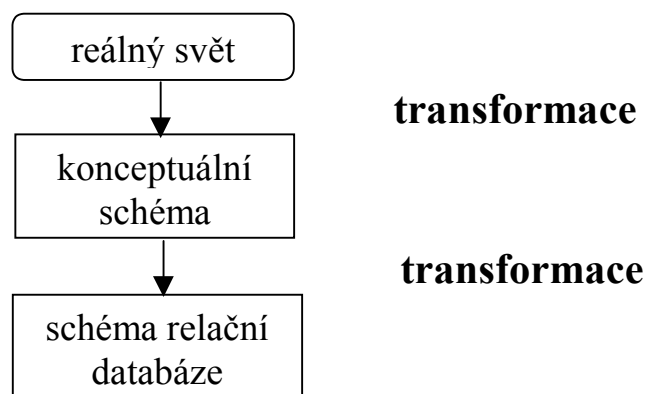


Obr.5.1: Modelový podnik

1.4. Návrh systému

V úvodní části práce je v základních krocích uveden postup návrhu informačního systému s využitím systému počítačové podpory - CASE/4/0.

Podstatnou částí návrhu IS je vytvoření schéma databáze. Při jeho stanovení postupujeme obecně dle obr.6.1., kdy po specifikaci objektů reál.světa vytvoříme vhodný model (např.E-R) a schéma databáze.



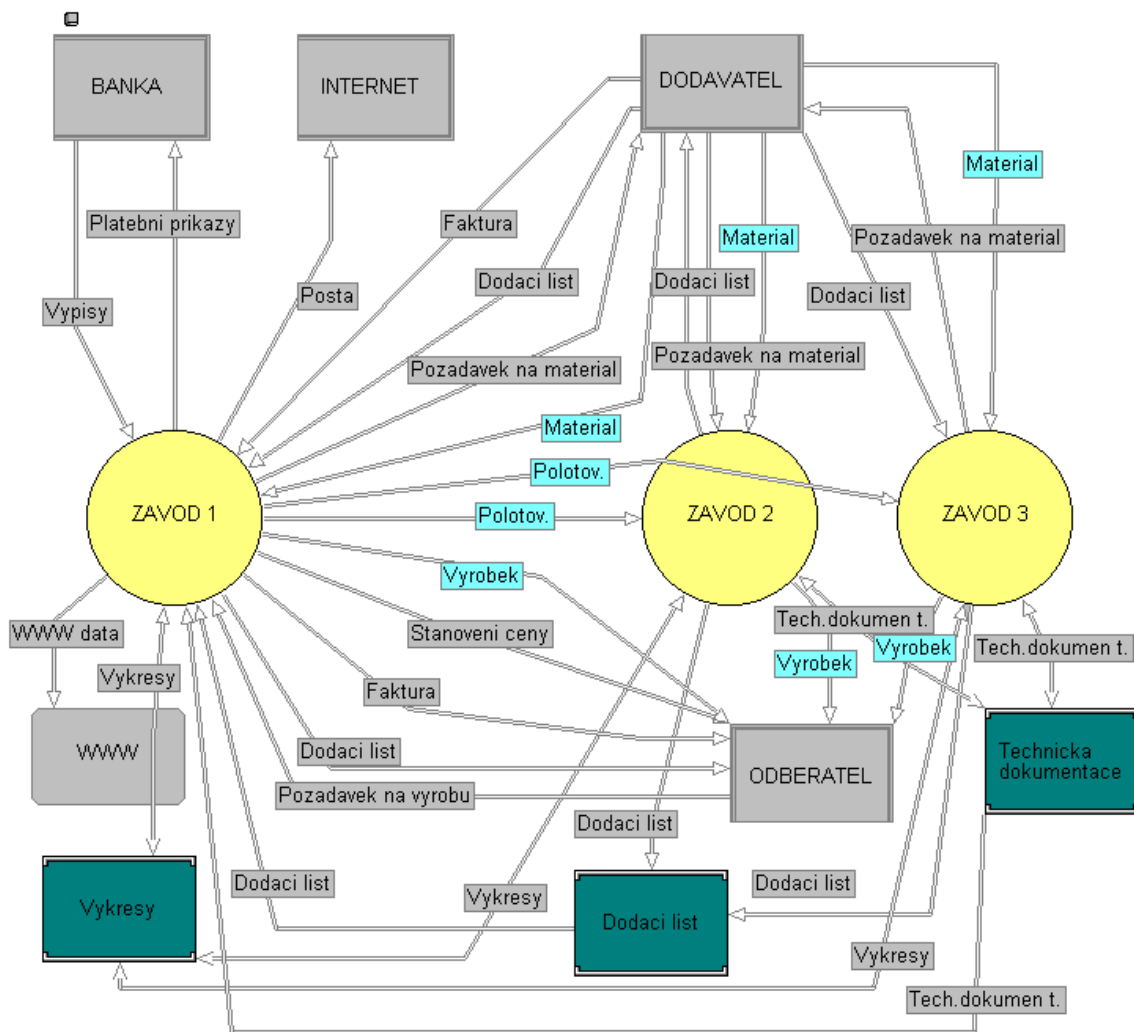
Obr. 6.1: Modelování IS

Pro popis systému v CASE 4/0 vytváří Yourdon SA/SD čtyři nezávislé modely systému:

- funkční model
- datový model
- model řízení
- model programové struktury.

Nejprve je provedena funkční analýza na úrovni Podniku a jednotlivých Závodů. Na obr. 6.2 je uveden diagram informačních toků (IFD) Podniku.

Obdobně jsou provedeny další analýzy, např.datová (E-R diagram). Celý návrh je zakončen implementací datové základny. V našem případě je provedena transformace E-R modelu do relační datové struktury. Tu provádí systém CASE 4/0 automaticky.



Obr.6.2 : IFD diagram Podniku

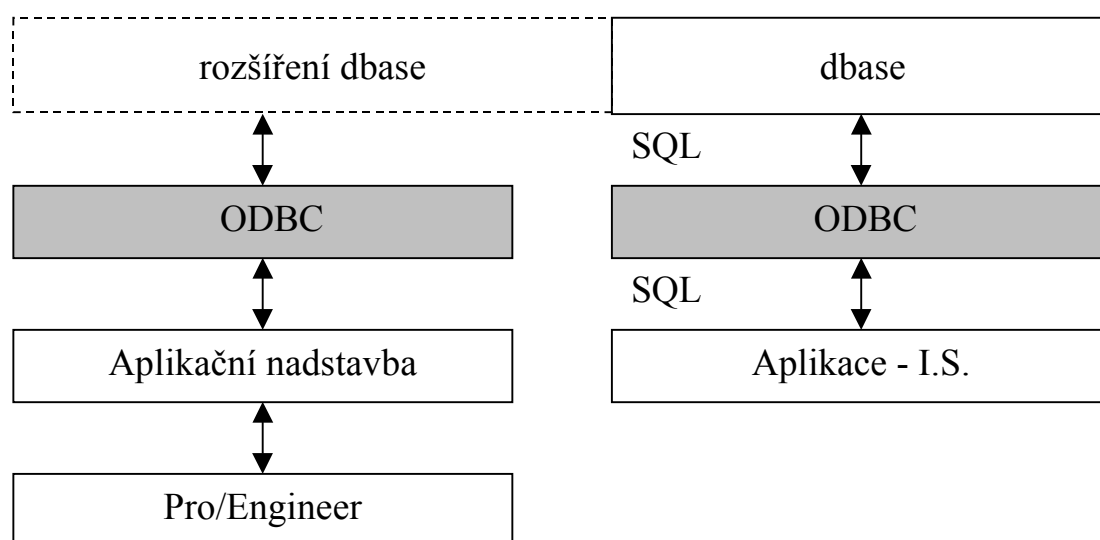
Obecně však má implementační fáze za úkol navrhnout, jakým způsobem použít konkrétní technické a programové prostředky, které máme k dispozici, případně jaké prostředky použít, aby implementace přinesla co nejmenší omezení konceptuálního schématu.

Možnost vybrat si prostředí podle navrženého konceptu je samozřejmě lepší, není to však vždy možné. Postup při implementaci by pak vypadal následovně:

- výběr implementačního prostředí
- vytvoření logické struktury datové základny
- vytvoření fyzické struktury datové základny.

1.5. Integrace CAD systému Pro/Engineer do IS

Výsledkem první etapy návrhu IS je stanovení schéma databáze, databázového modelu a vytvoření aplikace - IS. Takto klasicky navržený IS je třeba propojit na systém CAD. Nepříjemnou skutečností však je, že oba systémy jsou postaveny na jiné filosofii a s diametrálně odlišnou datovou strukturou, což do značné míry komplikuje jejich integraci. Jak již bylo uvedeno v kap.5.2, bylo zvoleno řešení, spočívající v doplnění již existujícího CAD systému (Pro/Engineer) o nadstavbu, zajišťující funkce nutné pro propojení a práci s informačním systémem. Princip propojení je uveden na obr. 6.3.



Obr.6.3 : Blokové schéma začlenění aplikační nadstavby

Při tvorbě interface mezi CAD systémem a informačním systémem bylo využito relačních databázových tabulek, se kterými bude operovat aplikační nadstavba i některé moduly IS. To vede k zajištění maximální kompatibility mezi různými systémy (v našem případě systémem Pro/ENGINEER a databázovým informačním systémem). Po vytvoření relačních tabulek může každá firma (za předpokladu, že vlastní prototypový IS, nebo si IS vyvinula) připojit nová pracovní okna informačního systému, nebo zaintegrovat nová formulářová pole do již vytvořených oken IS a tím napojit svůj informační systém na tyto relační databázové tabulky. Ze

strany systému Pro/ENGINEER bylo nutné vytvořit aplikační nadstavbu, která dokáže s těmito databázovými relačními tabulkami pracovat (přidávat, mazat a modifikovat jednotlivé záznamy v tabulce).

Výsledkem z pohledu systému Pro/ENGINEER je vytvoření a nastavení parametrů, které je možné si následně po jejich vytvoření prohlédnout a případně editovat.

Do IS jsou předávány následující parametry :

TYP *, JMENO, VERZE, ROZMER, NORMA, MATERIAL, HMOTNOST, T_O *, PROVEDENI *, VYROBCE *, CENA *, DOSTUPNOST *, REVIZE, CESTA, LEVEL, PARENT, GENERIC.

Parametry označené hvězdičkou je třeba zadat, neboť je není možné získat ze systému.

V práci je řešena problematika přístupu k datům i z prostředí Internetu.

Propojením IS a systému CAD získáváme prakticky použitelný IS strojírenského podniku. Tento systém bude nasazen do distribuovaného prostředí, vzniklého vzájemným propojením lokálních sítí jednotlivých závodů. Jelikož výsledné vlastnosti celého systému budou do značné míry ovlivněny i propustností přenosových tras, je v práci doporučen jako další následný krok návrh technického vybavení počítačové sítě. Za úzké místo lze považovat propojení jednotlivých lokalit. Práce se zabývá též orientačním stanovením potřebné propustnosti pro jednotlivé typy aplikací.

1.6. Modelování IS

Mimo již uvedené limitované přenosové kapacity je dále třeba vzít i v úvahu narůstající složitost celého systému. Uvedená složitost komplexního informačního systému s sebou přináší problémy. Jednotlivé programy jsou vázány licenčními podmínkami, takže v celé síti může běžet pouze určitý počet instalací daného

programu. Počet přihlášení na souborový server je omezený. Existují zařízení, k nimž je nutno zajistit výlučný přístup (např. plotter, scanner). Výlučný přístup vyžaduje i manipulace se souborem (nebo záznamem) na disku. Tím vzniká možnost zablokování a uváznutí známá z operačních systémů. Zde je navíc kombinovaná s problémy distribuovaných systémů (vícenásobné kopie dat a problém jejich aktuálnosti, apod.).

Z těchto důvodů se jeví jako nutné simulovat vlastnosti systému na vhodném modelu, který by umožnil najít problematická místa a odstranit je.

Proto je jako další krok komplexního návrhu IS doporučováno modelování systému, nebo alespoň jeho kritických míst. V současné době existují automatizované nástroje, které umí výsledný model formálně verifikovat. Formální verifikace znamená ověření podstatných vlastností (například absenci uváznutí, odezvu v požadovaném čase, a pod.).

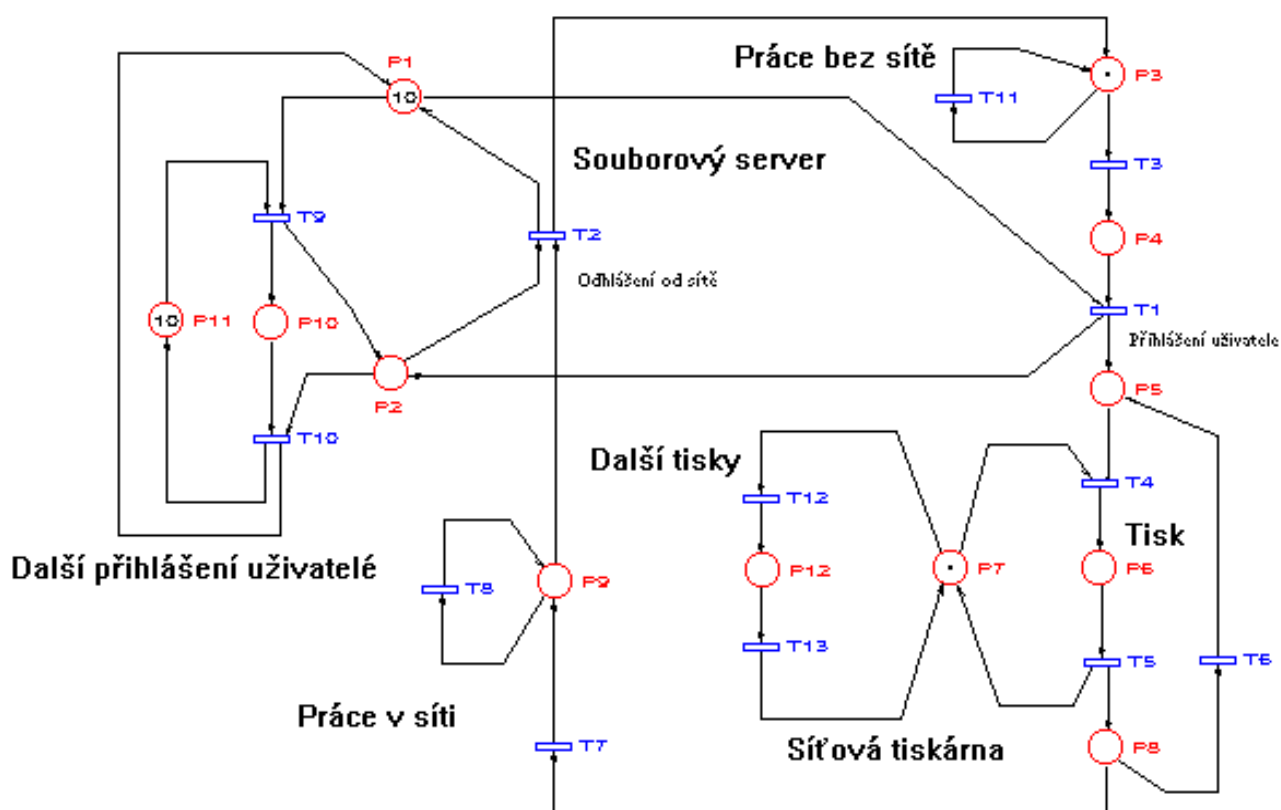
1.6.1.Petriho síť

V práci byly nejprve zkoumány modelovací schopnosti P/T Petriho sítí. Postupně byly vytvořeny modely typických zařízení a situací, s nimiž je možné se setkat. Obr.6.4. např. představuje model síťového pracoviště CAD/CAM. Jako nástroj byl použit program PESIM, vytvořený na fakultě elektrotechniky a informatiky VUT v Brně.

Zhodnocení výsledků je možné shrnout do následujících závěrů :

P/T Petriho síť jsou velmi jednoduché a názorné na praktické využití. Pohodlně se s nimi modelují jednodušší systémy. S rostoucí složitostí modelovaných soustav se stávají poněkud nepřehledné. Největší omezení P/T Petriho sítí tkví především v obtížnosti modelovat složité a komplexní systémy. Samozřejmě že složitý model vytvořit lze, avšak při jeho tvorbě se lze setkat s následujícími problémy. Především je problém pomocí P/T Petriho sítí tvořit model tak, že se nejprve namodelují základní prvky systému a z nich se pak celý systém tvoří. To bylo původním

záměrem práce. To je způsobeno nemožností vytvořit základní prvky s přesně definovanými vstupy a následnými výstupy, tedy definovat jeho jednoznačný interface pro styk s okolím. Tento problém souvisí s nemožností kvalitativně rozlišovat jednotlivé tokeny. Všechny tokeny jsou totiž stejné a nejsou schopny přenášet žádné informace. Dalším omezením klasických P/T Petriho sítí je jejich neschopnost modelovat děje s ohledem na čas, tedy nemožnost popisovat časové závislosti.



Obr 6.4 : Model síťového pracoviště CAD/CAM s využitím P/T Petriho sítí

1.6.2. Promela

Výsledkem etapy prací na vytvoření modelu s využitím P/T Petriho sítí s následnou analýzou stavového prostoru je konstatování, že je vhodné pro velmi

jednoduché systémy, kdy je grafická forma dostatečně názorná. Při složitějších systémech ovšem s takto jednoduchým modelem nevystačíme.

Proto byla navržena další alternativní varianta modelování systému, a to s využitím specifikačního nástroje Promela. Jedná se o jazyk vysoké úrovně. Není určen pro vytváření implementace, ale tzv. “validačního modelu”. V práci je demonstrováno, že tento nástroj je silnější než P/T sítě - umožňuje zapsat všechny konstrukce, vyjmenované v P/T Petriho sítích a navíc umožní zápis podmínek. Několik podobných procesů prostě deklarujeme jednou a v inicializační části pak spustíme více instancí. Časové závislosti lze - s jistým omezením - zachytit také. S využitím tohoto nástroje byly vytvořeny validační modely obdobných uzlů, modelovaných pomocí P/T Petriho sítí. Model typického uzlu části lokální sítě (obdoba modelu pracoviště CAD/CAM v síti modelu s využitím P/T Petriho sítě) je jako příklad uveden v následujícím textu :

```
# define licences 5
# define nAs 2          /* pocet procesu typu A */
# define nothers 5     /* pocet jinych procesu */
# define login(fs) atomic { fs>0 -> fs-- }
# define logout(fs) atomic { fs <= licences -> fs++ }
# define get(z) atomic { z>0 -> z-- }
# define return(z) z++

int fs=licences;        /* mnozstvi licenci na file serveru */
bool tiskarna=1;
hidden int Ologged=0, Alogged=0;

proctype A()
{
end:
do
  :: if
  :: skip; /* prace bez licence */
  :: d_step { login(fs); Alogged++ }

tisk: get(tiskarna);    /* tisk */
  return(tiskarna);

  if /* podmineny navrat na tisk */
  :: goto tisk;
  :: skip;
fi;
```

```

        /* prace s vyuzitim licence */
        d_step { logout(fs); Alogged-- }
        fi
    od
}

proctype other()
{
end:

    do
        :: d_step { login(fs); Ologged++ } /* work */
        d_step { logout(fs); Ologged-- }
    od
}

init
{
int i;
atomic
{
    i=0;
    do
        :: i<nAs -> run A(); i++
        :: else -> break;
    od;
    i=0;
    do
        :: i<nothers -> run other(); i++
        :: else -> break;
    od
}
}

```

1.6.3. Verifikační nástroj Spin

Po vytvoření validačního modelu přistupujeme k jeho formální verifikaci. Verifikace probíhá metodou prohledávání stavového prostoru. Nástrojem je program Spin, popsany v kapitole 5.

ZÁVĚR

Předložená disertační práce je příspěvkem v oblasti nasazování informačních systémů strojírenských podniků, tedy obecně podniků, jejichž důležitými útvary jsou útvary vývoje a konstrukce, využívající pro svou práci systémy CAD/CAM. Hlavním cílem práce nebylo zpracování některé z dílčích problematik, ale od počátku byla snaha postihnout tento proces jako celek, se vzájemnými vazbami a souvislostmi dílčích částí. V průběhu práce vyplynuly do popředí dva problémy, se kterými klasické postupy návrhu informačních systémů uvažují pouze okrajově, případně vůbec. Prvním je integrace systému CAD/CAM, druhým pak je distribuované prostředí dnešních podniků a tedy i informačních systémů v nich pracujících.

Problém integrace systémů CAD/CAM do informačních systémů plyne ze zcela rozdílného typu dat a způsobu jejich uložení. Informační systémy jsou založeny na bázích dat, kdežto CAD/CAM systémy jsou grafické systémy. Problematika jejich vzájemného propojení bývá zpravidla opomíjena a odsouvána do dalších etap nasazování informačního systému. To často vede k degradaci propojení, v krajním případě na ruční přenos potřebných informací.

V práci je v základních krocích proveden návrh informačního systému s využitím prostředků CASE. Využito bylo demoverze programu CASE/4/0, která však pro uvedené účely dostačovala. Takto navržený systém je pak propojen se systémem CAD/CAM. V práci jsou uvažovány dva současně nejrozšířenější systémy, a to AutoCAD a Pro/Engineer. Detailně je uveden způsob propojení systému Pro/Engineer. Z možných řešení byla zvolena metoda vytvoření nadstavby CAD systému. Propojení je realizováno prostřednictvím databázové tabulky, přístupné z obou systémů. Pro tvorbu nadstavby byl použit modul Pro/DEVELOP. Jelikož je řešení tohoto problému velice obsáhlé, je vyřešena správa dat (tvorba, modifikace a odstranění) ve směru k IS. Řešení obsahuje analýzu a kompletní programové

zpracování interface. Výsledkem je komfortní způsob výměny informací prostřednictvím MENU, zabudovaného jako jedna z voleb systému Pro/Engineer.

Výsledný systém je tak připraven pro nasazení do reálného prostředí dnešních podniků. Tyto podniky bývají často rozsáhlé, situované do několika lokalit. Tím i výsledný systém je distribuovaný. Nutná podmínka pro správnou činnost je dostatečná propustnost všech datových kanálů. Tyto jsou úzkými místy především u propojení vzdálených uzlů. Proto je v dalším doporučeném kroku implementace proveden technická specifikace síťového HW. I takto dostatečně dimenzovaný systém však může vykazovat občasná dílčí nebo i úplná zablokování. Jejich příčinou bývá často omezenost, případně výlučnost zdrojů, které jsou v síťovém prostředí k dispozici. Typicky jsou to omezené licence serverů a licencovaných aplikací, velikosti dostupných front ale i vzájemné blokování prostředků. V běžném provozu se zpravidla systém z těchto situací vnitřními mechanismy sám dostane (např. po uplynutí daného časového intervalu a následného vynuceného ukončení aplikace; nemusí to však být pravidlem. Někdy tyto dočasné stavy považujeme za náhodné a nevysvětlitelné. Způsobem, jak odhalit slabá místa informačního systému, může být především verifikace a simulace informačního systému. Po předběžné analýze byl v předložené práci zvolen jako nástroj pro modelování P/T Petriho sítě. Pomocí něho byly namodelovány typické kritické uzly informačního systému. Jedná se o nástroj názorný a velmi vhodný pro jednodušší systémy. Pro složitější systémy však ztrácí přehlednost a tím i vypovídací schopnost. Proto byl hledán další alternativní nástroj. Tím byl zvolen simulační nástroj Promela. S jeho pomocí pak byly modelovány obdobné kritické uzly, jako s využitím Petriho sítí. Analýza modelu byla provedena nástrojem Spin. Jak je patrné z výsledků, je tento nástroj vhodnější než P/T Petriho sítě i přes to, že s rostoucí složitostí modelovaného systému prudce vzrůstají požadavky na výpočetní kapacitu a tím i na potřebný HW. Lze jej tedy doporučit praktické využití. I tak to však bude u

rozsáhlejších systémů zdlouhavý a náročný úkol vyžadující kolektivní práci a odpovídající technické zázemí.

LITERATURA

- [1]HOLZMANN,G.J. Design and Validation of Protocols. Prentice Hall, USA, 1991.
- [2]TRIPAKIS, S., COURCOUBETIS, C. Extending PROMELA and Spin for Real-time. University of Crete, Heraklion, Greece, 1995. (<http://netlib.bell-labs.com/netlib/spin/>)
- [3]MADNICK, S. E., DONOVAN, J. Operační Systémy. SNTL Praha, 1981, 592 p.
- [4]DOUŠEK, A. Prostředky implementace CAD/CAM systému do IS strojírenského podniku. Teze k rigorózní zkoušce. VUT Brno 1996
- [5]DOUŠEK, A. Modelling Industrial Information Systems In MORABITO, F.C : Advances in Intelligent Systems, 1St ed. IOS Press Amsterdam 1997 510–514 p.
- [6]ČEŠKA, M. Petriho sítě. Úvod do teorie a nástrojů pro aplikaci Petriho sítí. Akademické nakladatelství CERM Brno, 1994. ISBN 80-85867-35-4
- [7]MOLNÁR, Z. : Moderní metody řízení informačních systémů. 1St ed. Praha : Grada Publishing, 1992. 352 p. Edice Nestůjte za dveřmi. ISBN 80-85623-07-2
- [8]KRÁL, J. Informační systémy. Specifikace, realizace a provoz. 1St ed. Veletiny : Science, 1998. 360 p. ISBN 80-86083-00-4
- [9]KÁLLAY, F., PENIAK, P. Počítačové sítě a jejich aplikace. Praha : Grada Publishing, 1999. 312 p. ISBN 80-7169-407-X
- [10] APT, K.R., OLDEROG, E.R. Verification of Sequential and Concurrent Programs. Texts and Monographs in Computer Science. Springer – Verlag. 1990
- [11] CHANDY, K.M., MISRA, J. Parallel Program Design : A Foundation. Reading, MA, Addison-Wesley. 1998

- [12] LAMPORT, L., MERZ, S. Specifying and Verifying Fault-Tolerant Systems. In Proceedings of the Third International Symposium on Formal Techniques in Real Time and Fault Tolerant Systems, Luebeck, Germany, 1994
- [13] MADRIOLI, D., MORZENTI, A., PEZZE, M., SILVA, S. A Petri Net and Logic Approach to the Specification and Verification of Real Time Systems, in Formal Methods for Real-Time Computing, John Wiley and Sons, 1996
- [14] HOLZMANN, G.J. The Spin Model Checker, IEEE Trans. on Software Engineering, Vol.23, No. 5, May 1997, pp. 279-295
- [15] VARDI, MOSHE Y., WOLPER, P. An automata-theoretic approach to automatic program verification. Proc. First IEEE Symp. on Logic in Computer Science, 1986, 322-331 p.
- [16] HOLZMANN, G.J., PELED, D., YANNAKAKIS, M. On nested depth-first search, in The Spin Verification System, pp.23-32, American Mathematical Society, 1996
- [17] REISIG, W. A Primer in Petri Net Design. Springer-Verlag 1992
- [18] PETERSON, J. Petri Net Theory and the Modelling of Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1981
- [19] JENSEN, K., ROZENBERG, G. High-Level Petri Nets, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo , 1991
- [20] BANK, J., KRUGER, M.J. Software Engineering : Methods and Techniques, John Wiley - Interscience, New York 1993
- [21] BARKER, R., LONGMAN, C. CASE Method. Function and Process Modelling, Addison-Wesley 1992
- [22] BASL, J. Analýza současné nabídky softwaru pro podnikové informační systémy. Computer World 1-2/1997 19-27
- [23] FLECHER, T., HUNT, J. Software Engineering and CASE, Addison-Wesley 1993

- [24] KRÁL, J., DEMNER, J. Softwarové inženýrství, Academia Praha 1991
- [25] LEWIS, T.G. CASE : Computer Aided Software Engineering, Van Norstrand Reihold 1991
- [26] MARTIN, M.P. Analysis and Design of Information systems, Prentice-Hall 1995
- [27] SCHULMEYER, G.G. Zero Defect Software McGraw-Hill 1990
- [28] SOCHOR, J., RICHTA, K. Projektování softwarových systémů, vydavatelství ČVUT Praha 1996
- [29] COAD, P., YOURDON, E. Object-Oriented Analysis, Prentice-Hall 1991
- [30] COAD, P., YOURDON, E. Object-Oriented Design, Prentice-Hall 1991
- [31] Pro/PDM Guide, Parametric Technology Corporation, Waltham, USA, 1994

9. AUTOROVO CV

Osobní údaje : Antonín Doušek, Ing., narozen v roce 1951 v obci Synalov, okres Blansko. Trvalé bydliště : Bolzánova 6, Brno. Ženatý, otec 2 dětí.

Vzdělání :

- 1969 ukončení studia na Střední všeobecně vzdělávací škole (SVVŠ) v Brně, Slovanské nám. 7
- 1969 - 1974 studium na strojní fakultě Vysokého učení technického v Brně, obor Přístrojová, regulační a automatizační technika. Studium ukončeno s vyznamenáním státní zkouškou (Ing.)
- 1975 - 1981 studium na elektrotechnické fakultě Vysokého učení technického v Brně, obor Samočinné počítače. Studium ukončeno státní zkouškou (Ing.)
- 1999 - 2000 Doplnkové pedagogické studium Ústav společenských věd FAST VUT Brno. Studium ukončeno závěrečnou zkouškou.

Profesionální kariéra :

- 1974 - 1985 výzkumný a vývojový pracovník ve VÚES I.BZKG (regulace tepelných turbín)
- 1985 - 1990 vývojový pracovník - TESLA Kolín v rámci Sdruženého výzkumného a vývojového pracoviště při VUT v Brně (systémový programátor)
- 1990 - 1992 odborný pracovník na Ústavu konstruování FS VUT v Brně
- 1992 - 1998 odborný asistent (ved. odboru počítačového navrhování) na Ústavu konstruování FS VUT v Brně
- 1998 - 2000 zástupce ředitele Integrované střední školy Purkyňova 97, Brno
- od 2000 ředitel Integrované střední školy Purkyňova 97, Brno

Pedagogická činnost :

- 1976 - 1990 externí výuka na katedře Částí a mechanismů strojů strojn^í fakulty
VUT v Brně
cvičení Základy konstruování a Části a mechanismy strojů
- 1985 - 1990 externí výuka v rámci SVVP při VUT Brno
přednášky a cvičení předmětů Programování a programovací jazyky,
Spolehlivost a diagnostika, CAD systémy
- 1990 - 1999 výuka - přednášky a cvičení předmětů Operační systémy,
Počítačové sítě, Tvorba aplikačních nadstaveb CAD systémů.

SUMMARY

Sight work is a contribution in areas informative system fitting-on to engineering companies, then generally companies, whose one of branches is construction, taking the beneficial of his CAD/CAM work systems in environment contemporary global computerised networks.

The chief purpose of the work wasn't processing one from partial problems, but from infancy it was endeavour to affect this process as the whole, with mutual structure and connections with partial parts.

The proposal goes out from classical and tried, till this time used processes, with the computer support CASE use. It endeavours, however, essentially contribute to solve problems, which into informative system areas bring incorporation of CAE substance and distribute environment of local computerised networks.

The integration problem of CAD/CAM systems into informative systems passes from quite different data types and the way of their storage. Informative systems are established on databases, whereas CAD/CAM systems are graphic systems. Problem of their mutual connection used to be, as a rule, left out into further period of informative system fitting-on. It often leads to degradation of connection and in the last resort excepting to hand transmission of needed information.

For integration into informative system they are considered two typical CAD systems, namely AutoCAD and Pro/Engineer. From the possible solving the method of superstructure CAD system creation was selected.

Informative system is at the same time represented by database tablets, accessible from both systems. For superstructure production the PRO/DEVELOP modulus was used. Since solving hereof problem is very voluminous, data control (creation, modification and delete) in direction to informative system is resolved. The solution contains analyses and full programmatic interface processing. The result is a

comfortable way of information exchange by means of MENU, built in as one of the Pro/Engineer system selection.

Resulting system is so ready for set in real environment of today's companies. These companies used to be often extensive and situated into several localities. Thereby also resulting system is distributed. Necessary condition for right activity is satisfactory permeability of all data channels. These are narrow places first of all at near connection of distant knots. That is why a hereafter recommendation step of implementation the technical specification of network SW is performed.

Even this way enough dimensioned system however can embody occasional partial or also entire latching. Their cause used to be limited sources, which are in network environment available. Limited licences of server and licence application, moderate front sizes but also mutual blocking of substance are typical. At common operation as a rule the system from this situation will get out alone (i.e. cast down after timeout and falling-down of application) it doesn't need however exist as a rule.

Sometimes these temporary states are considered as random and inexplicable. Manners how disclose the weak places of informative system can be verification and simulation of informative system. After preliminary analyses the P/T Petri nets were selected as an implement for simulation. By their means typical critical knots of informative system were modelled. This is implement vivid and very fit for simpler systems. For complex systems however it loses lucidity and thereby also answering ability. That is why further alternative implement was sought. Thereby programming language PROMELA was selected. Then with its help the similar critical knots like with the use of Petri nets were modelled. The model analysis was made with the Spin implement. As from the result is obvious the implement is more suitable than P/T Petri nets also over it, that with extended complexity of model system rapidly increases demands on computer capacities and thereby also on needed HW. It is therefore recommended for practical use. Even so it will be at

more extensive systems lengthy and exacting imposition task requiring teamwork and corresponding technical rear.