

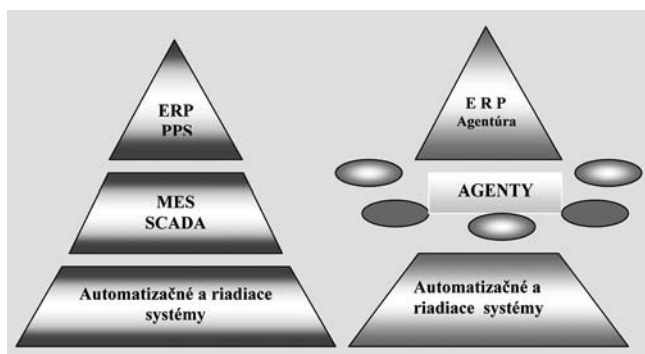
Multiagentné systémy príčinou vyššej konkurencieschopnosti výrobných a logistických podnikových procesov (2)

3 Konkrétne príklady použitia multiagentných systémov pri monitorovaní a riadení podnikových procesov

3.1 Použitie MAS pri riadení a plánovaní výroby

Na obr. 1 sú dve „pyramídy“, z nich ľavá predstavuje klasický hierarchický 3-úrovňový integrovaný model CIM (Computer Integrated Manufacturing), v druhej úrovni sú systémy MES (Manufacturing Execution System) a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). V tejto „pyramíde“ je riadenie realizované systémom „top-down“ (z zhora dole) centralizovanými, hierarchickými a volanými procedúrami na základe procedurálnych požiadaviek. Spracovanie výrobných objednávok je v tomto systéme realizované centrálnymi funkciami typu Master Production Scheduling, resp. PPS (Plan Production Scheduling). Táto funkcia je centrálnou časťou metódy MRP II (Material Requirements Planning). Metóda MRP II dekomponuje globálny výrobný plán front-end úrovne do výrobných rozvrhov, kde sú dávky, šarže, úlohy dekomponované a priradené strojom, zariadeniam a pracovným bunkám podľa časových tabuliek. V pravej „pyramíde“ funkcie systému MES a čiastočne SCADA nahrádzajú decentralizované, samoorganizujúce, autonómne, rekonfigurovateľné agenty systému PABADIS (Plant Automation Based on Distributed Systems). Jedna z najdôležitejších koncepcií systému PABADIS je decentralizácia funkcií systému MES. Tento prístup je zvlášť dôležitý pri priradovaní operácií strojom, zariadeniam a rozvrhovaniu úloh. Rozvrhovanie funkcií sa v systéme PABADIS vykonáva on-line na základe interakcií a vyjednávania medzi výrobnými (produktovými) agentmi PA a rezidentnými agentmi RA. Rezidentné agenty RA sú rozhraním (interface) medzi spolupracujúcimi výrobnými jednotkami CMU (Co-operative Manufacturing Units) a komunitou výrobných agentov. CMU obsahuje súbor funkcií v oblasti automatizačných alebo logických výpočtov. Výrobné (produktové) agenty PA sú združené so skutočným výrobkom, obrobkom.

V tab. 1 sú uvedené funkcionality systému MES a SCADA zodpovedajúce definícií organizácie MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association) – <http://www.mesa.org>. Tabuľka ukazuje, ako sa tieto aktivity, resp. funkcionality distribuujú medzi agentmi PA, RA, PMA. PMA agenty organizujú výrobný proces z hľadiska systémových perspektív. Ich úlohy zahŕňujú manažment kvality, generovanie reportov a iné.



Obr.1 Klasická a distribuovaná štruktúra
informačných a riadiacich systémov spoločnosti

Výrobný proces sa podľa systému PABADIS (Plant Automation Based on Distributed Systems) [15] začína vytvorením konvenčného výrobného príkazu v systéme ERP a pozostáva zo všetkých informácií potrebných na výrobu produktu. Táto zostava obsahuje poradie požadovaných procesných krokov spoločne s príslušnými parametrami. Informácie sa skladajú zo štruktúrovaných dát a sú prenesené do „Agentúry“ vo formáte XML (eXtensible Mark-up Language), kde sú prevedené do tzv. produktového (výrobného) agenta PA. Blok „Agentúra“ (Agency) existujúci vnútri systému PABADIS funguje ako broker, resp. burzový agent výrobných objednávok. Vyjednávanie je realizované pomocou protokolu CNP (Contract Net Protocol). Každá výrobná objednávka navrhnutá vnútri ERP systému je sprostredkovaná „Agentúrou“. Na základe objednávky „Agentúra“ navrhne a sprostredkuje množinu agentov na zaistenie spracovania výrobkov podľa objednávky. Koordinácia je založená na CNP protokole. Podrobne sa o tom písalo tiež v referáte [2] na konferencii SI 2004 a v časopise Automatizace [3]. Ďalšie príklady použitia MAS pri riadení a plánovaní výroby v reálnom čase vrátane súvislostí s logistickými procesmi možno nájsť napr. v [8], [13].

V [8] dva modelové typy agentov reprezentujú základnú koncepciu. Zákaznícky, spotrebiteľsky (consumer) agent reprezentuje programovú úlohu pre zákazku, objednávku vo výrobnom prostredí továrne. Zásobovací, obstarávací (supply) agent reprezentuje požiadavky na uspokojenie zdrojov. Každý zásobovací agent obsahuje rozvrh udávajúci, ktoré zdroje nemôžu byť priradené v danom čase. Spotrebiteľský agent má kompletne informácie o objednávke danej úlohy a o operáciách. Jeho riešiacie stratégie sú priradiť vhodné operácie na ich uskutočnenie agentom, ktoré uspokojujú požiadavky na zdroje. Parametre nutné na výber zdrojov poskytuje špecifikačný vektor, ktorý obsahuje parametre výrobného či montážneho procesu, veľkosti dielne, počet NC-os, triedu presnosti, okamžité rozvrhnutie. Štruktúra MAS výrobnej spoločnosti v [8] predpokladá, že všetky zdroje (resources) spoločnosti sú obrazom programových agentov a všetky potrebné dáta sú uložené v databáze. Organizačný model spoločnosti je opísaný agentmi: MMA (Manufacturing Management Agent) agenty na vrtanie, frézovanie, montážne operácie a iné; JOA (Job Order Agent) agenty na objednávku a rozvrh novej úlohy; LMA (Logistic Management Agent) agentom priradeným výrobným oblastiam

číslo	funkcionality MES a SCADA	PA	RA	PMA
1	priradenie zdrojov stav zdrojov	●	●	●
2	operácie/detailné rozvrhovanie	●	●	
3	dispečing výrobných jednotiek	●	●	
4	riadenie výrobných dokumentov	●	●	●
5	zber dát		●	●
6	manažment práce		●	●
7	manažment kvality		●	●
8	manažment procesu		●	●
9	manažment údržby		●	●
10	trasovanie a história produktov	●		●
11	analýza výkonnosti		●	●

Tab.1 Funkcionality systému MES a SCADA
a ich podpora a realizácia pomocou agentov



a obsahujúcim logistické parametre ako dopravnú kapacitu a dopravné časy; TA (Tool Agent) agentom priradeným jednej výrobnej oblasti, ktorý akceptuje požiadavky JOA a vyberá použiteľné nástroje; JA (Jig Agent) a MTA (Material Agent) agenty s podobnou funkciou a zložením ako TA agent s funkciami pre obrobky a materiál; MA (Machine Agent) agent je priradený každému stroju a je vyjednávajúcim partnerom pre JOA agenta. Priradovanie objednávok, dispečing systémom MAS v [8] je realizované pomocou stratégií, ktoré možno charakterizovať ako optimálne (metóda spätných diferencií), silové, podľa súťaže objednávok, čakajúce, manuálne. Výber agentov pre príslušné objednávky sa pri niektorých stratégiách realizuje na základe ohodnocovacích indexov.

3.2 Optimalizácia dodávateľského reťazca potravinárskych spoločností v EÚ

Potravinársky priemysel v EÚ – Európskej únii je charakterizovaný veľkým percentom malých a stredných poľnohospodárskych podnikov, z ktorých 80 % má menej ako 50 zamestnancov. Práca [11] opisuje návrh inteligentného programového systému založeného na MAS, ktorý integruje vzťahy, relácie informačných systémov medzi podnikmi a konečnými spotrebiteľmi (B2C – Business to Consumer) a medzi dodávateľmi (B2B – Business to Business). Treba zohľadniť vplyv sezónnych zmien na poľnohospodársku produkciu, vplyv počasia, biologických podmienok, ktoré tvoria nepredikovatelné vstupy.

Práca [11] uvádza, ako možno technológiu agentov použiť na zefektívnenie a optimalizáciu logistiky reálneho dodávateľského reťazca. Vysvetľuje sa, ako môžu obchodné poľnohospodárske spoločnosti využívať agentnú technológiu na zber dát od maloobchodníkov a skupín maloobchodníkov podľa kategórie. Vo výsledku môže byť distribučný reťazec efektívnejšie ovládaný. Agentný systém poskytuje reálne dáta na ovládanie zásob, čo vedie k redukcii zásob (vychodiskových surovín) a viazaného kapitálu. Inteligentné agenty sú adaptabilné na zmeny a použiteľné v prostredí, kde nové výrobky alebo partneri vstupujú do dodávateľského reťazca. Základné aktivity vyskytujúce sa v potravinárskom reťazci zahŕňajú dodávku, výrobu, logistiku, servis, marketing a predaj.

Programové aplikácie používané na plánovanie a optimalizáciu v podniku založené na metóde MRP (Materials Requirement

Planning), ERP (Enterprise Resource Planning) a APS (Advanced Planning and Scheduling) sa ukázali pre reálny dodávateľský reťazec neúčinné a neefektívne. Tabuľka ukazuje spojenie medzi SCM a MAS na základe podobných vlastností objektov obidvoch prístupov.

Používajú sa on-line technológiou vnútri dodávateľského reťazca. On-line spolupráca s obchodnými partnermi pre návrh výrobkov, produktov. On-line manažment zásob, kapacity skladov. Elektronická výmena dokumentov s dodávateľmi a zákazníkmi. On-line dohováranie kontraktov.

Nová idea práce [11] je návrh spoločnosti (society) agentov v skupinách založených na hierarchickom, decentralizovanom uvažovaní. Úlohy priradené rôznym skupinám agentov sú podobné ako úlohy použité v GAIA metodológii [17]. Metodológia GAIA [17] sa pozerá na systém ako na spoločnosť (society) alebo organizáciu s prvkami takejto spoločnosti s určenými úlohami. Definuje fázu analýzy i návrhu multiagentných systémov. Úlohy sú na začiatku zachytené v modeloch prototypu úloh, ktoré sa inkrementálne rozširujú a plne sú spracované na konci analytickej fázy. Tieto úlohy priamo zodpovedajú úlohám a ich definovaným modelom v metodológii MaSE.

Metodológia MaSE (Multi Agent System Engineering) zachytáva kompletný životný cyklus heterogénnych multiagentných systémov od analýzy, projektovania (návrhu), vývoja po implementáciu [6]. Chápe agenty ako objekty. Je realizovaná systémom AgentTool [1], čo je graficky orientovaný, plne integrovaný interaktívny nástroj softvérového inžinierstva podporujúci všetkých 7 krokov analýzy a návrhu metodológie MaSE. Metodológia MaSE a tiež nástroj AgentTool nezávisia od nejakej čiastkovej agentnej architektúry, programovacieho jazyka alebo od komunikácií. MaSE metodológia je špecializáciou tradičnejších softvérových inžinierskych metodológií.

V metodológii GAIA je úloha definovaná štyrmi atribútmi: zodpovednosť, príslušnosť, činnosť a protokol. Zodpovednosť určujú pôsobnosť úlohy a sú analogické cieľom, ako sú definované v MaSE. Prípustnosti sú „práva“ (všeobecne – informačné zdroje) spojené s úlohou a určujú zdroje dostupnej úlohy na dosiahnutie zodpovednosti. Činnosti v rámci metodológie GAIA určujú počty konané úlohami, uskutočňované bez interakcií s ostatnými

vlastnosti	SCM	MAS
štruktúra	Dodávateľský reťazec obsahuje rôzne časti pracujúce na úlohách vyskytujúcich sa v rôznych stupňoch (viacstupňových). Každá entita v dodávateľskom reťazci má svoje vlastné ciele, spôsobilosti uskutočňovať určité úlohy a sleduje isté obchodné pravidlá.	MAS sa skladá z rôznych typov agentov s rôznymi roľami a funkciami. Agenty majú svoje vlastné ciele, zdroje, úlohy a rozhodovacie pravidlá špecifikované používateľom, ktorého reprezentujú.
flexibilita	V SCM neexistuje jedna autorita. Znalosti sú distribuované medzi členy dodávateľského reťazca. Rozhodovanie v dodávateľskom reťazci prebieha na základe vyjednávania a koordinácie viacerých strán. Štruktúra dodávateľského reťazca je flexibilná. Môže byť organizovaná diferencovane a implementovať rôzne stratégie.	Agenty sú autonómne. Majú schopnosť monitorovať zmeny v prostredí, robiť vlastné rozhodnutia a interagovať s ľudskými a ostatnými agentmi. Agentný systém je flexibilný. Môže byť organizovaný podľa rôznych štruktúr riadenia, prepájania a zhľukovania.
harmonizácia obchodných rokovanií	Treba koordinovať materiálové, informačné a finančné toky medzi všetkými zúčastnenými jednotkami (entitami). Je potrebné, aby sa každý člen dodávateľského reťazca učil a uvažoval individuálne, alebo spoločne rozhodoval pre potreby plánovacích operácií. Informácie sú distribuované, každá entita má nekompletnú informáciu. Je potrebné, aby sa informácie využívali cez organizačné, funkčné a systémové hranice.	Koordinácia agentov prebieha pomocou komunikácie a interakcií agentov každého s každým v sieti. Inteligentné agenty sú schopné uvažovať na základe pravidiel daných užívateľom, alebo naučených znalostí z otvoreného prostredia. Agent môže komunikovať s človekom, s inými informačnými systémami, s inými agentmi. Môžu získavať informácie či znalosti pomocou správ vymenovaných medzi agentmi.
schopnosť zjednodušení	SCM je dynamický systém. Dynamika môže vytvárať neefektívnosti.	Agenty môžu byť vytvárané, alebo vyradené z MAS, aby sa vyhli neefektívnostiam.

Tab.2 Podobné vlastnosti objektov SCM a MAS



úlohami. Protokoly definujú, ako úlohy v metodológii GAIA integrujú s každou ďalšou a sú definované šiestimi atribútmi: účelom, iniciátorom, reakciou, vstupom, výstupom a spracovaním.

Literatúra

(vybrané tituly)

[1] AgentTool 1.8.3 User's manual, Graduate school of Engn. and Management Air Force Inst. of Technology Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, USA, June 2001, <http://en.afit.edu/ai/software/agentTool%20User%20Manual.pdf>. (2006).

[2] BURIAN, P.: Multiagentní systémy a řízení výroby ve společnosti. Systems Integration 2004, 12th Internat. Conference, Prague, Czech Republic, June 14-15, 2004, ISBN 80-245-0701-3.

[3] BURIAN, P.: Multiagentní systémy a řízení výroby. Automatizace. 48, číslo 7-8, 2005, ISSN 0005-125X.

[6] DELOACH, S. A.: Analysis and Design using MaSE and Agent-Tool. 12th Midwest Artif. Int. And Cognit. Science Conf. (MAICS 2001), Miami Univ., Oxford, Ohio April 2001, <http://len.afit.af.mil/ai.publications/conference/MaSE-maics2001.pdf>, (2006).

[8] HEINRICH, S., DURR, H., HANELL, T., LASSIG, J.: An Agent-based Manufact. Management System for Production and Logistics within Cross-Company Regional and National Production Networks. International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol 2., Num. 1 (2005), pp.007-014, ISSN 1729-8806. <http://arxiv.org/ftp/cs/papers/0511/0511068.pdf> (2006).

[11] MANGINA, E., VLACHOS, I. P.: The changing role of information technology in food and beverage logistics management: beverage network optimization using intelligent agent technology. Univ. College of Dublin – Ireland., Agricultural Univ. of Athens – Greece, Journal of Food Engineering, 2004, <http://www.cse.iitd.ernet.in/~csa03027/beverage>, (2006).

[13] NIMIS, J., STOCKHEIM, T.: The Agent Enterprise Multi-Agent system. Inst. for Program Structures and Data Organization, Univ. Karlsruhe, Germany. Proc. of the Conf. on Agent Technol. in Business Applications (ATeBA 2004), part of the Multi-Conf. on Business Inf. Systems (MKW2004). <http://www.ipd.uka.de/~nimis/publications/ATeBA04.pdf> (2006).

[15] PABADIS (Plant Automation Based on Distributed Systems): The PABADIS Consortium, IST-1999-60016, 2003, <http://www.pabadis.org>, (2006).

[17] WOOLDRIDGE, M., JENNINGS, N., KINNY, D.: The GAIA Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. Journal of Autonomous Agents and Multi-Agents Systems, Vol. 3(3), 2000.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Pavel Burian, CSc.

VŠCHT v Prahe
Fakulta chemicko-inžinierska
Ústav počítačovej a riadiacej techniky
Technická 5, 166 28 Praha 6, ČR
e-mail: burianp@vscht.cz

40