

Komunikacijski sistem znotraj celovitega vodenja šaržne proizvodnje

¹Dejan Gradišar, ²Antonio Espuña, ²Luis Puigjaner

¹Institut Jožef Stefan, ²Universitat Politècnica de Catalunya, Spain

Jamova 39, 1000 Ljubljana

dejan.gradisar@gmail.com

Communication system in an integrated batch control

The control of batch production is a complex problem as it includes features of the continuous and discrete world. Integrated framework for coordinating operational tasks in industrial plants promises good solution. In this way unified control is possible. Integrated framework has to deal with integration of various problem-solving methodologies, with synchronization to continuously changing environment and with the definition of the information flow. The main consideration of this work is the formalization of the information flow. International Society of Automation (ISA) introduced standards to control batch productions and to help integrating the control. The integrated batch control system that is being developed by the group of CEPIMA from UPC is made up of various components where each generates and requires information to perform different functions. In this work a communication schema for this integrated control system is proposed. This schema is determined based on XML messages, which are defined based on World Batch Forum (WBF) recommendations.

1 Uvod

Šaržni procesi so definirani kot proces, pri katerem dobimo končne količine produkta tako, da končno količino vhodnega materiala obdelujemo z urejenim zaporedjem procesnih aktivnosti preko omejenega časovnega intervala in pri tem uporabimo enega ali več kosov opreme. Taki procesi vključujejo lastnosti tako zveznega kot diskretnega sveta. Srečujemo jih v farmacevtskih, kemičnih, prehrabnenih in

podobnih industrijah. Prednost uporabe takih sistemov je v njihovi fleksibilnosti, saj je mogoče z isto opremo proizvajati širši spekter proizvodov in se je na ta način lažje prilagajati pogostim spremembam, ki so prisotne na trgu. Taki sistemi pa so zelo kompleksni, tako je pri njihovem vodenju nujno upoštevati visoke zahteve glede kakovosti programske opreme [1], ki jih predpisujejo standardi ISA (*The International Society of Automation*) [2-6, 9].

Zaradi tehnoloških omejitev celovit pristop pri vodenju operativnih nalog še do nedavnega ni bil mogoč. Tako se še vedno večinoma uporablja pristop vodenja, ki temelji na hierarhični strukturi, razdeljeni na več nivojev. Nivoji so med sabo ločeni glede na časovno skalo izvajanja vodenja. Vsak od teh sistemov (procesno vodenje, diagnosticiranje napak, nadzor sistemov, planiranje in razvrščanje, itd...) je implementiran neodvisno drug od drugega, pri čemer se uporablja različne tehnike in pristope. Vse to pa je dosti lažje z dandanašnjo tehnologijo, ki omogoča bolj celovite pristope. Celovit pristop se nanaša na integracijo različnih orodij in metodologij, ki so potrebne za reševanje posameznih problemov [7]. Te metodologije morajo biti sinhronizirane z ves čas spreminjajočim se okoljem, poleg tega pa je nujna tudi formalizacija pretoka informacij med njimi.

Postavitev komunikacijske sheme v sistemu celovitega vodenja, ki se gradi v okviru raziskovalne skupine CEPIMA, iz Politehniške univerze v Barceloni (UPC) [8], je bila glavna naloga predstavljenega dela. Pri tem so bili upoštevani standardi, namenjeni vodenju šaržne proizvodnje [2-6, 9] predlagani s strani organizacije ISA. Za izmenjavo podatkov preko podatkovnega strežnika je bila izbrana metoda

izmenjave preko XML (*eXtensible Markup Language*) sporočil, pri čemer so bila upoštevana priporočila organizacije WBF (*World Batch Forum*) [10], ki za razvoj XML shem (*XSD – XML Schema Definition*) upošteva ISA standarde.

2 Pregled standardov za celovito vodenje šaržnih procesov

Delo se nanaša na področje vodenja šaržnih procesov. To so proizvodni procesi, pri katerih dobimo končne količine produkta tako, da končno količino vhodnega materiala obdelujemo z urejenim zaporedjem procesnih aktivnosti preko omejenega časovnega intervala in pri tem uporabimo enega ali več kosov opreme. V taki proizvodnji recept vsebuje vse potrebne informacije za izdelavo končnega produkta, t.j., definira proizvodni proces. Obstaja več standardov, ki določajo kako se lotiti vodenja takih procesov in njihovo upoštevanje je potreben pogoj pri integraciji in razvoju celovitega vodenja.

Organizacija ISA je razvila skupino standardov (ISA-88), poznana tudi kot IEC 61512, ki je namenjena vodenju šaržnih procesov. Standard določa tri vrste vodenja: osnovno (*basic*), postopkovno (*procedural*) in koordinacijsko (*coordination*) vodenje. V prvem delu [2] je standard razgrajen na tri hierarhične modele: procesni model, fizični model in model postopkovnega vodenja. Ta delitev je možna pri vsakršnem procesu, še posebej pa je tak način potreben zaradi kompleksnosti njihovega postopkovnega in koordinacijskega vodenja. Drugi del standarda [3] je sestavljen iz podatkovnih struktur in grafičnega jezika za predstavitev receptov, medtem ko se tretji del [4] nanaša na predstavitev receptov na nivoju podjetja. Četrti del [5] definira referenčni modul za beleženje proizvodnih podatkov in peti [6] določa implementacijske modele in terminologijo za modularno vodenje opreme, ki temelji na modelih definiranih v prvem delu standarda.

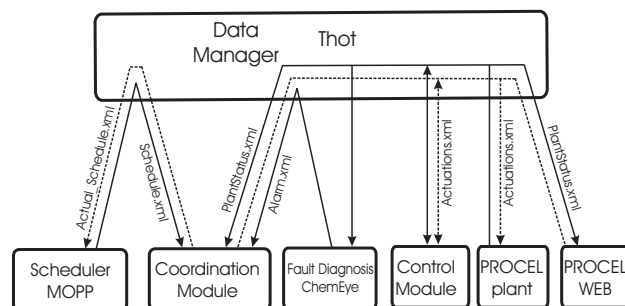
Standard ISA-95 [9] vsebuje modele in terminologijo, ki definira katere informacije se

izmenjujejo med poslovnim in proizvodnim informacijskim sistemom. Standard ISA-95 je sestavljen iz več delov, kjer vsak del naslavlja določeno problematiko pri povezovanju poslovnih in nadzornih sistemov. Standard nam lahko služi kot pomoč pri definiranju uporabniških zahtev, pomaga pri pravilni izbiri ponudnika MES rešitev ali služi kot osnova za razvoj MES sistemov in podatkovnih baz.

Za izmenjavo informacij med različnimi sistemi je na voljo več možnosti. Ena izmed njih je izmenjava s pomočjo datotek. V zadnjem času se vedno bolj uveljavljajo XML datoteke. Organizacija WBF je implementirala standarda ISA-88 in ISA-95 kot množico XML shem (*XSD*). *B2MML (Business to Manufacturing Markup Language)* je XML implementacija standarda ISA-95 in *BatchML (Batch Markup Language)* XML implementacija standarda ISA-88. V zadnji izdaji, *V0401* [10], so bile sheme *BatchML* integrirane v *B2MML*, tako so vse sheme usklajene in podane v enotni obliki.

3 Izvedbena študija na pilotni napravi Procel

Sistem celovitega vodenja šaržnega sistema, ki se razvija v okviru raziskovalne skupine CEPIMA, UPC, je sestavljen iz več različnih komponent [8]. Te komponente se ubadajo z različnimi aspekti vodenja fleksibilnih procesov. Vse komponente in komunikacije med njimi so predstavljeni na sliki 1.



Slika 1: Komponente celovitega sistema vodenja in informacijski tok znotraj sistema.

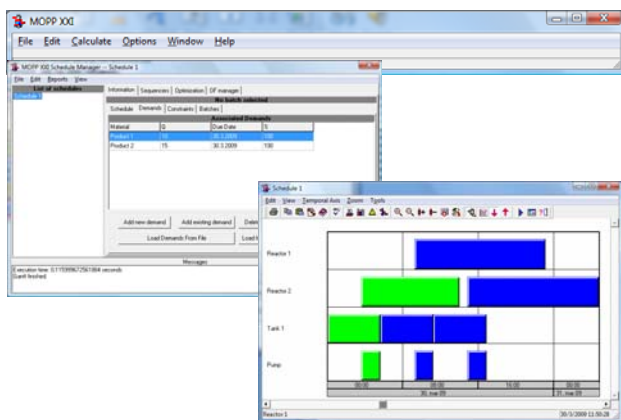
Za usklajeno delovanje celovitega sistema, si komponente med sabo izmenjujejo ogromno količino podatkov, ki so potrebni za izvajanje različnih funkcij. V nadaljevanju bodo na kratko

predstavljene posamezne komponente, s poudarkom na informacijskih tokovih med njimi.

Vsa komunikacija poteka preko podatkovnega vmesnika *Thot*, ki omogoča izmenjavo podatkov med različnimi moduli, ki so lahko tudi dislocirani.

Ta sistem celovitega vodenja se trenutno vpeljuje na pilotni napravi *PROCEL*, ki je bila zgrajena na raziskovalnem odseku CEPIMA in služi za izvajanje različnih raziskovalnih nalog (koordinacijsko vodenje, integracija informacijskega sistema, študija različnih metod vodenja procesov). Naprava je sestavljena iz treh steklenih reaktorjev, ki so med sabo povezani preko sistema cevi, črpalk in ventilov. Na tem mestu se izvaja tudi študija prenove sistema. Nekaj senzorjev in črpalk bi bilo potrebno zamenjati, da bi bila možna vzpostavitev večtočkovne serijske povezave RS-485, ki bi bila kasneje povezana na računalnik npr., preko USB vrat.

Razvrščevalnik MOPP (Slika 2) generira in nato razpošilja proizvodne plane. *MOPP* je orodje za planiranje in razvrščanje opravil v šaržnih kemijskih proizvodnjah. Orodje omogoča sprejem naročil in podatkov o zasedenosti proizvodne opreme. Možna je uporaba različnih algoritmi, ki so že vgrajeni v orodje, omogočena pa je tudi izdelava algoritmov po meri. Rezultat, razvrstitev je mogoče prikazati na Gantogramu.

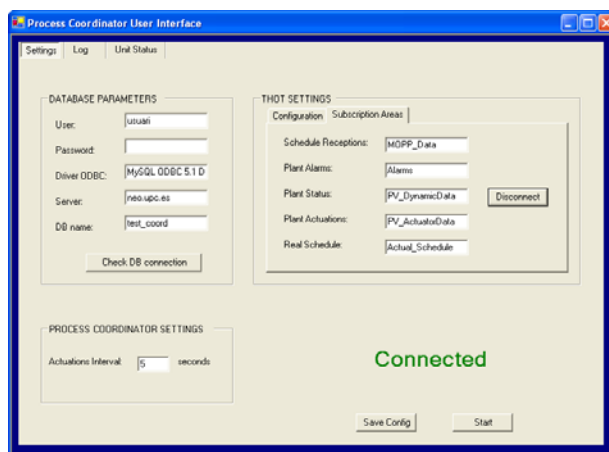


Slika 2. MOPP razvrščevalnik

Da lahko orodje *MOPP* komunicira z ostalimi moduli v sistemu vodenja, je potreben

tudi vstavek *ThotMOPPBridge*. Tako je izhod modula *MOPP*, proizvodna razvrstitev, podana sistemu vodenja v obliki XML sporočila *Schedule.xml*.

Razvrstitev nato koordinacijski modul (*Coordination module*), slika 3, prevede v nadzorne naloge. Največji del našega dela je prav v povezavi s tem modulom, saj se preko njega vrši večina komunikacij. Poleg prevajanja razvrstitve v nadzorne naloge, modul tudi nadzoruje enote (obvladovanje aktivnosti, ki se nanašajo na upravljanje receptov) ter sprejema podatke o statusu proizvodnje. Glede na vse te podatke modul preračunava proizvodne naloge in o tem obvešča *MOPP* razvrščevalnik. Najprej je bilo potrebno prirediti delovanje koordinacijskega modula tako, da je možno direktno branje (*Schedule.xml*) preko podatkovnega strežnika *Thot*. Na podoben način je realizirana komunikacija v drugi smeri, kjer koordinacijski modul informira *MOPP* razvrščevalnik o trenutnem stanju izvajanja plana (*Actual_Schedule.xml*), ki je kopija razvrstitve, z dodanimi informacijami o dejanskih začetnih, končnih časih ipd.



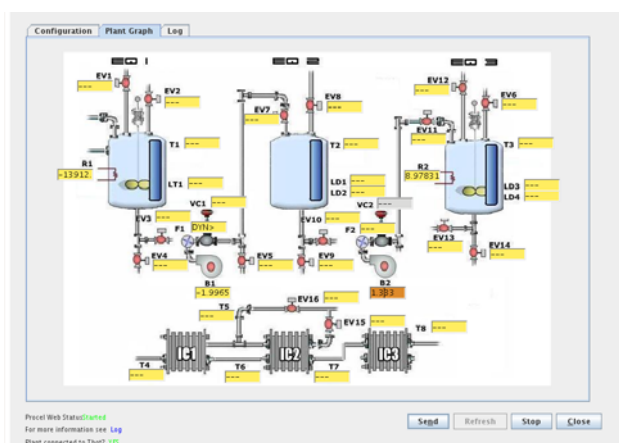
Slika 3. Koordinacijski modul

Proizvodne naloge se pošiljajo na modul za vodenje (*Control module*) – *Actuations.xml*. Ta modul je še v fazi gradnje in naj bi skrbel za izvajanje nalog na proizvodni napravi. Modul sprejema podatke direktno iz proizvodnje in na osnovi le-teh izvaja osnovno vodenje opreme, t.j. regulacija procesnih veličin ter izvršuje postopkovno vodenje. Modul za vodenje naj bi

tudi obveščal sistem celovitega vodenja o trenutnem stanju proizvodnje (*PlantStatus.xml*).

V sistem celovitega vodenja je vključen tudi sistem za diagnosticiranje napak (*Fault diagnosis system*), ki odkriva nepredvidene situacije in pošilja alarme koordinacijskemu modulu.

V okviru celovitega vodenja je bil zgrajen tudi nadzorni sistem *PROCEL WEB*, t.j. sistem SCADA. Preko tega spletnega vmesnika lahko nadzorujemo in upravljamo omenjeni šaržni proces. Izpis zaslona, ki prikazuje ta spletni vmesnik, je predstavljen na sliki 4.

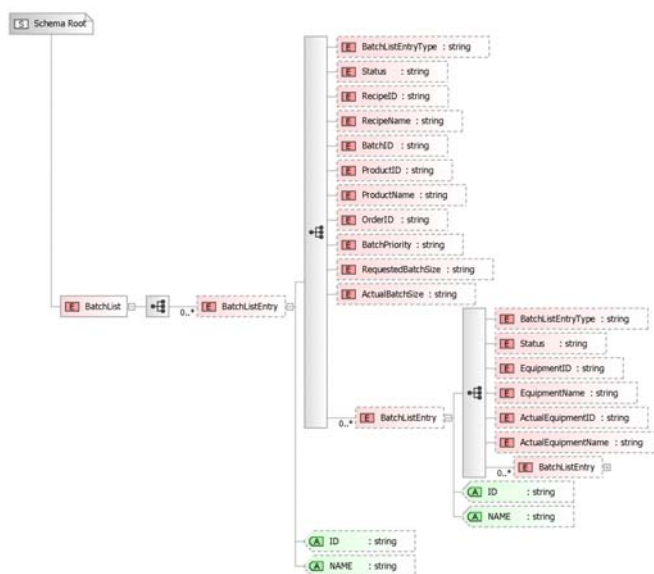


Slika 4: Spletni vmesnik PROCEL WEB

Podatki, ki se pošiljajo med posameznimi moduli, so poslani preko XML sporočil in so strukturirani kot to predlagata standarda ISA-88 in ISA-95. XML sheme (XSD) so določene glede na predloge podane s strani organizacije WBF. Na sliki 5 je predstavljena XSD shema, ki določa podatkovno strukturo sporočila, preko katerega se iz razvrščevalnika *MOPP* na koordinacijski modul pošilja razvrstitev *Schedule.xml*.

Vpis *BatchList* vsebuje seznam šarž, ki se naj izvajajo na posameznih procesnih celicah. To so lahko šarže, ki bi se naj predale v izvajanje posameznim celicam, seznam šarž, ki so že razvrščene po posameznih celicah in tiste, ki se na posameznih celicah že izvajajo oziroma so bile že izvedene. Enoto *BatchList* sestavlja več elementov *BatchListEntry*. Vpis *BatchListEntry* se nanaša na posamezno šaržo in vsebuje

podatke o začetnih pogojih, o terminih, ki jih določa razvrstitev, dejanskih časih, velikostih posameznih šarž in o tem kako je med sabo povezana oprema.



Slika 5: XML shema, ki določa sporočilo *Schedule.xml*

4 Zaključek

V tem prispevku je za sistem celovitega vodenja predlagana komunikacijska shema, ki je predpogoj za poenoteno vodenje (optimizacijo) šaržnega procesa. Preko te sheme so vsi podatki na voljo vsem nivojem vodenja. Tako je pri uporabi le-teh potrebna posebna pazljivost in upoštevanje za to namenjenih standardov je predpotreben pogoj. Komunikacijska shema je bila razvita na osnovi standardov namenjenih vodenju šaržnih procesov (ISA-88 in ISA-95). Za izmenjavo podatkov je bila izbrana metoda izmenjave preko XML sporočil, pri čemer so bila upoštevana priporočila organizacije WBF, ki za razvoj XML sheme upošteva omenjena standarda. Glavna prednost upoštevanja teh standardov je omogočanje medsebojnega delovanja različnih programskih orodij, ki jih razvijajo različni ponudniki. Vse to je torej potreben pogoj za vpeljavo celovitega vodenja šaržnih procesov.

5 Literatura

- [1] Godena N.: A new proposal for the behaviour model of batch phases. *ISA Transactions*, 2008.
- [2] Int. Soc. of Automation: *ANSI/ISA-88.01-1995. Batch Control Part 1: Models and Terminology*. ISA Society, 1995.
- [3] Int. Soc. of Automation: *ANSI/ISA-88.00.02-2001. Batch Control Part 2: Data Structures and Guidelines for Languages*. ISA Society, 2000.
- [4] Int. Soc. of Automation: *ANSI/ISA-88.00.03-2003. Batch Control Part 3: General and Site Recipe Models and Representation*. ISA Society, 2003.
- [5] Int. Soc. of Automation: *ANSI/ISA-88.00.04-2006. Batch Control Part 4: Batch Production Records*. ISA Society, 2006.
- [6] Int. Soc. of Automation: *ANSI/ISA Draft 88.00.05. Batch Control Part 5: Implementation Models & Terminology for Modular Equipment Control*. ISA Society, 2008.
- [7] Power Y., and Bahri P.A.: Integration techniques in intelligent operational management: a review. *Knowledge Based Systems*, 18:2–3 (2005), 89–97.
- [8] Puigjaner L., Nougués J.M., and Espuña A.: *Integrated batch control*. En: *The Integration of Process Design and Control*. Elsevier, Amsterdam, 2004, 501–532.
- [9] Scholten B.: *The road to integration: A guide to applying the ISA-95 standard and manufacturing*. ISA Society, 2007.
- [10] World Batch Forum: *B2MML BatchML V0401*. Available online via <http://www.wbf.org> (2008).