

Komunikacijska shema za celovito vodenje šaržnih procesov

Dejan GRADIŠAR, Antonio ESPUÑA, Luis PUIGJANER

Izvleček: V prispevku je predstavljeno vodenje šaržnih procesov. Vodenje šaržne proizvodnje ima lastnosti tako zveznega kot tudi diskretnega sveta. Celovito vodenje, ki bi koordiniralo različne aktivnosti v podjetju, se kaže kot obetajoča rešitev. Celovit pristop se nanaša na integracijo različnih orodij in metodologij, ki so potrebne za reševanje posameznih problemov. Te metodologije morajo biti sinhronizirane z ves čas spreminjajočim se okoljem, poleg tega pa je nujna tudi formalizacija pretoka informacij med temi različnimi orodji, s čimer se ukvarja to delo. Organizacija ISA je razvila skupino standardov za vodenje šaržnih procesov. Predstavljeni sistem celovitega vodenja šaržnega sistema je sestavljen iz več različnih komponent, ki si morajo za svoje delovanje izmenjevati vrsto različnih podatkov. V tem delu predlagamo komunikacijsko shemo, ki bi omogočala celovito vodenje tega sistema. Shema je določena s sporočili XML, ki so definirani na osnovi priporočil organizacije WBF.

Ključne besede: celovito vodenje, šaržni procesi, shema XML

■ 1 Uvod

Šaržni procesi so definirani kot procesi, pri katerih dobimo končne količine produkta tako, da končno količino vhodnega materiala obdelujemo z urejenim zaporedjem procesnih aktivnosti v omejenem časovnem intervalu in pri tem uporabimo enega ali več kosov opreme. Taki procesi vključujejo lastnosti tako zveznega kot diskretnega sveta. Srečujemo jih v farmacevtskih, kemičnih, prehrabnih in podobnih industrijah. Prednost takega izvajanja aktivnosti je v fleksibilnosti, saj je mogoče z isto opremo proizvajati širši spekter proizvodov in se na ta način lažje prilagajati pogostim spremembam na trgu. Taki sistemi pa so zelo kompleksni, tako je pri njihovem vodenju med drugim

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 še do nedavnega ni bil mogoč celovit pristop pri vodenju operativnih nalog. Tako se še vedno večinoma uporablja pristop vodenja, ki temelji na hierarhični strukturi, razdeljeni na več nivojev. Nivoji so med sabo ločeni tudi glede na čas 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 uporabljajo različne tehnike in pristopi. 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

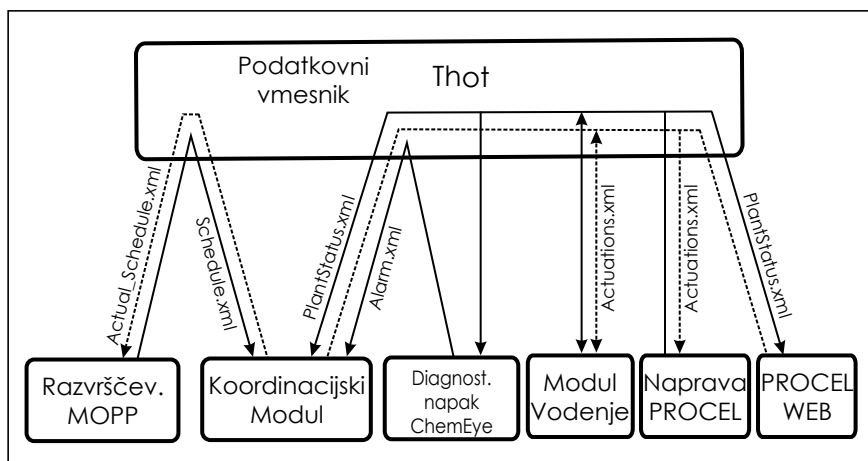
tega pa je nujna tudi formalizacija informacijskega toka med njimi.

Postavitev komunikacijske sheme v sistemu celovitega vodenja, ki se gradi v okviru raziskovalne skupine CEPIMA s 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], ki jih predpisuje organizacija ISA. Za izmenjavo podatkov preko podatkovnega strežnika je bila izbrana metoda izmenjave preko sporočil XML (*eXtensible Markup Language*), pri čemer so bila upoštevana priporočila organizacije WBF (*World Batch Forum*) [10], ki za razvoj shem XML (*XSD – XML Schema Definition*) upošteva standarde ISA.

■ 2 Pregled standardov za celovito vodenje šaržnih procesov

Šaržni proces je tipično sestavljen iz sekvence zveznih postopkov. Vse potrebne informacije za izdelavo

Dr. Dejan Gradišar, Institut Jožef Stefan, 1000 Ljubljana
Prof. dr. Antonio Espuña, prof. dr. Luis Puigjaner, Politehniška univerza v Barceloni, Španija



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

končnega produkta so določene z receptom. Z drugimi besedami: recept definira proizvodni proces. Tak način proizvodnje povzroča posebne probleme pri vodenju. Za posamezne nivoje vodenja takih procesov obstaja več standardov, njihovo upoštevanje pa je nujno potreben pogoj pri integraciji in razvoju celovitega vodenja.

Organizacija ISA je razvila skupino standardov (ISA-88), poznanih tudi kot IEC 61512, ki je namenjena vodenju šaržnih procesov. Standard določa tri vrste vodenja: osnovno (*basic*), postopkovno (*procedural*) in koordinacijsko (*coordination*). V prvem delu [2] je standard razgrajen na tri hierarhične modele: procesni, 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. Četrty del [5] definira referenčni modul za beleženje proizvodnih podatkov, peti [6] pa določa implementacijske modele in terminologijo za modularno vodenje opreme, ki temelji na modelih, definiranih v prvem delu standarda.

Na drugi strani standard ISA-95 [9] vsebuje modele in terminologijo, ki definira, katere informacije se izmenjujejo med poslovnim in proizvodnim informacijskim sistemom.

Tudi standard ISA-95 je sestavljen iz več delov, kjer vsak del naslavlja določeno problematiko pri povezovanju poslovnih in nadzornih sistemov. Standard nam je lahko v pomoč pri definiranju uporabniških zahtev, pri pravilni izbiri ponudnika rešitev MES (*Manufacturing Execution Systems*) ali pa je osnova za razvoj sistemov MES in podatkovnih baz.

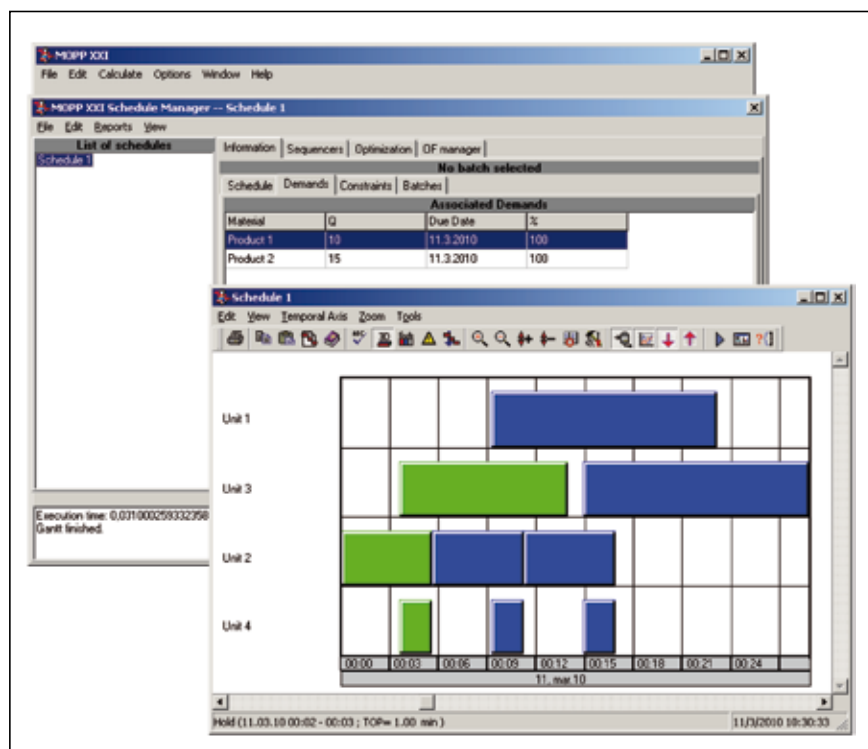
Izmenjava informacij med različnimi sistemi lahko poteka na različne načine. Ena izmed njih je izmenjava s pomočjo datotek, kjer se v zadnjem času vedno bolj uveljavljajo datoteke

XML. Organizacija WBF je implementirala standarda ISA-88 in ISA-95 kot množico shem XML (*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 vodenja šaržnega sistema, ki se razvija v okviru raziskovalne skupine CEPIMA, UPC, je sestavljen iz več različnih komponent [8]. Te se ubadajo z različnimi aspekti vodenja fleksibilnih procesov. Vse komponente in komunikacije med njimi so predstavljene na *sliki 1*. Za usklajeno delovanje celovitega sistema, si komponente med sabo izmenjujejo ogromne količine podatkov, ki so potrebni za izvajanje različnih funkcij. V nadaljevanju so na kratko predstavljene posamezne komponente, s poudarkom na informacijskih tokovih med njimi.

Vsa komunikacija poteka preko podatkovnega vmesnika *Thot*, ki



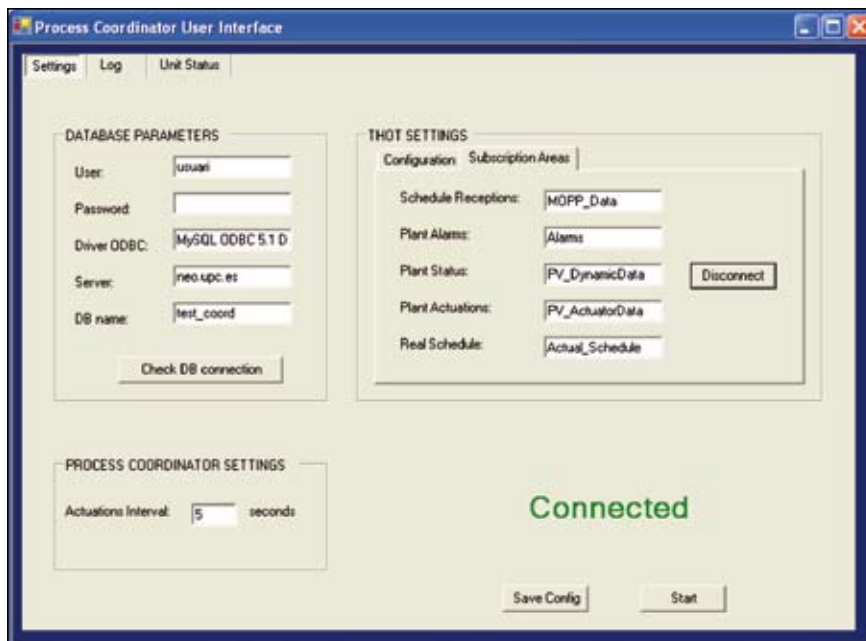
Slika 2. Razvrščevalnik MOPP

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. V okviru tega dela se je izvajala 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. Omogoča sprejem naročil in podatkov o zasedenosti proizvodne opreme. Možna je uporaba različnih algoritmov, ki so že vgrajeni v orodje, pa tudi izdelava lastnih algoritmov razvrščanja. Rezultat (razvrstitev) je mogoče prikazati in analizirati preko gantograma. Da lahko orodje *MOPP* komunicira z ostalimi moduli v sistemu vodenja, je potreben tudi vstavek *ThotMOPPBridge*. Ta razpošilja proizvodno razvrstitev preko strežnika *Thot* zainteresiranim komponentam (npr. sistemu za vodenje procesov) preko XML sporočila *Schedule.xml*.

Razvrstitev nato *koordinacijski modul*, slika 3, prevede v nadzorne naloge. Največji del našega dela je prav v povezavi s tem modulom, saj preko njega poteka večina komunikacij. Poleg prevajanja razvrstitve v nadzorne naloge modul enote tudi nadzoruje (obvladovanje aktivnosti, ki se nanašajo na upravljanje receptov) ter sprejema podatke o statusu proizvodnje. Glede na vse te podatke modul določa proizvodne naloge in o tem obvešča razvrščevalnik *MOPP*. Najprej je bilo potrebno prirediti delovanje koordinacijskega modula tako, da je možno



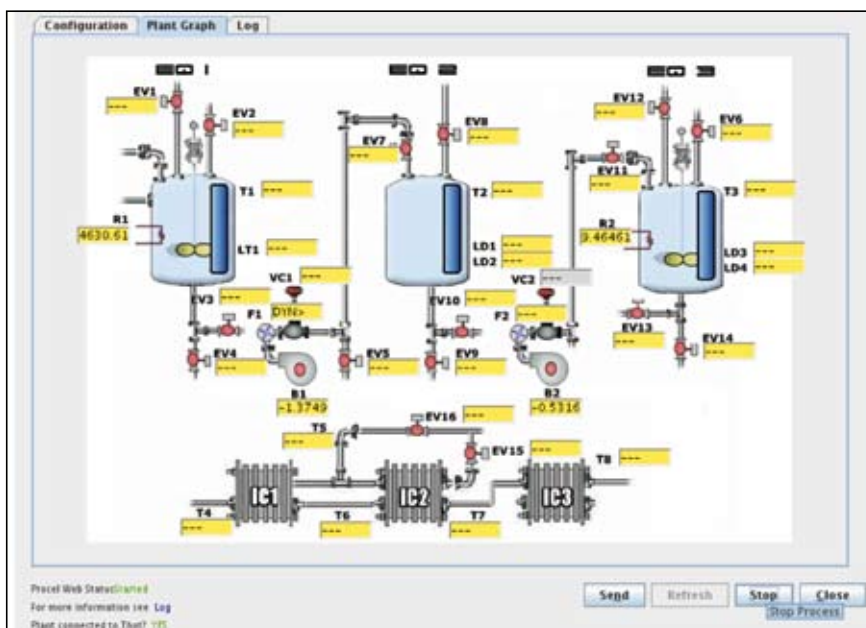
Slika 3. Koordinacijski modul

direktno branje (*Schedule.xml*) preko podatkovnega strežnika *Thot*. Na podoben način je realizirana komunikacija v obratni smeri, kjer koordinacijski modul informira razvrščevalnik *MOPP* o trenutnem stanju izvajanja plana (*Actual_Schedule.xml*), ki je kopija razvrstitve z dodanimi informacijami o dejanskih začetnih, končnih časih ipd.

Proizvodne naloge se pošiljajo na modul za vodenje – *Actuations.xml*. Ta modul je še v fazi gradnje in naj bi skrbel za izvajanje nalog na proizvod-

ni napravi. Modul sprejema podatke direktno iz proizvodnje in na njihovi osnovi izvaja osnovno vodenje opreme, t. j. regulacijo procesnih veličin, ter izvršuje postopkovno vodenje. Modul za vodenje naj bi sistem celovitega vodenja obveščal tudi o trenutnem stanju proizvodnje (*PlantStatus.xml*).

V sistem celovitega vodenja je vključen tudi sistem za diagnosticiranje napak, ki odkriva nepredvidene situacije in pošilja alarme koordinacijskemu modulu.



Slika 4. Spletni vmesnik PROCEL WEB

Poleg tega je bil zgrajen tudi nadzorni sistem *PROCEL WEB*, t. j. sistem SCA-DA. Preko tega spletnega vmesnika lahko nadzorujemo in upravljamo šaržni proces. Izpis zaslona, ki prikazuje ta spletni vmesnik, je predstavljen na *sliki 4*.

Podatki, ki se pošiljajo med posameznimi moduli, so poslani preko sporočil XML in so strukturirani, kot to predlagata standarda ISA-88 in ISA-95. Sheme XML (XSD) so določene glede na predloge, ki jih je podala organizacija WBF, in so prirejene na tu predstavljen sistem.

Na *sliki 5* je predstavljena shema XSD, ki določa podatkovno strukturo sporočila, preko katerega se iz razvrščevalnika *MOPP* na koordinacijski modul pošilja razvrstitev *Schedule.xml*. Vpis *BatchList* vsebuje seznam šarž, ki naj se izvajajo na posameznih procesnih celicah. To so lahko šarže, ki naj bi se predale v izvajanje posameznim celicam, seznam šarž, ki so že razvrščene po posameznih celicah, in tistih, ki se na posameznih celicah že izvajajo oziroma so bile že izvedene. Enoto *BatchList* sestavlja več elementov *BatchListEntry*. Vpis *BatchListEntry* se nanaša na

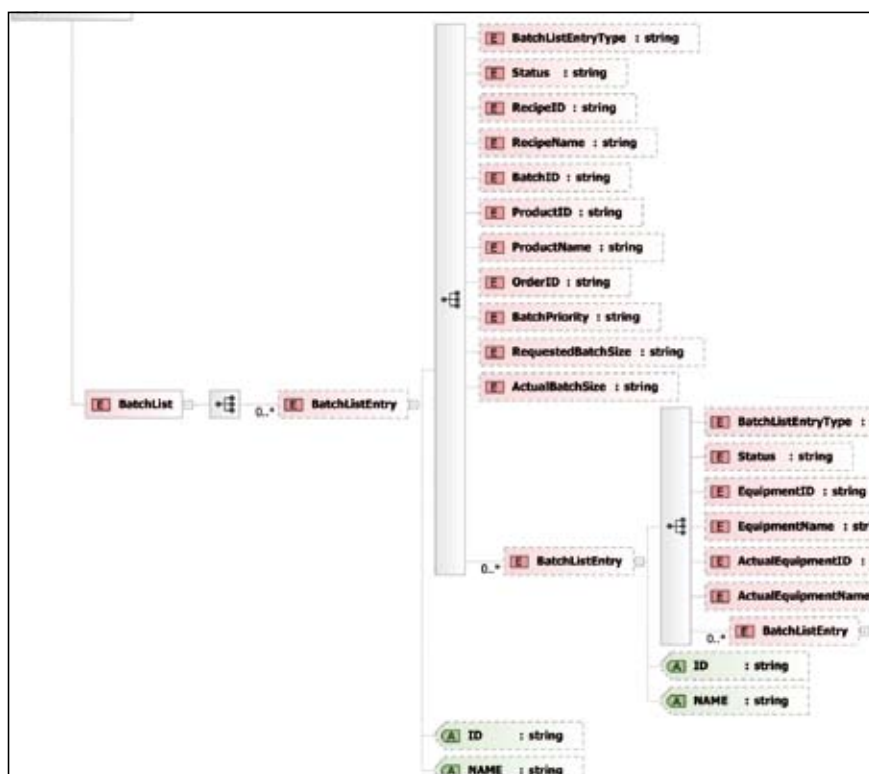
posamezno šaržo in vsebuje podatke o začetnih pogojih, o terminih, ki jih določa razvrstitev, dejanskih časih, velikostih posameznih šarž in o tem, kako je med sabo povezana oprema.

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 definiranju teh shem potrebna posebna pazljivost, upoštevanje za to namenjenih standardov pa je potreben predpogoj. 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 sporočil XML, pri čemer so bila upoštevana priporočila organizacije WBF, ki za razvoj sheme XML 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 *BatchListEntry*.

5 Literatura

- [1] Godena, N.: A new proposal for the behaviour model of batch phases. *ISA Transactions*, 48:1, str. 3–9, 2009.
- [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, 89–97, 2005.
- [8] Puigjaner, L., Nogués, J. M., and Espuña, A.: *Integrated batch control*. En: *The Integration of Process Design and Control*. Elsevier, Amsterdam, 501–532, 2004.
- [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.



Slika 5. Shema XML, ki določa sporočilo *Schedule.xml*

VENTIL

REVUIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
 telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
 e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

Communication schema for the integrated control of batch processes

Abstract: This work is based on the general area of batch control. The control of batch production includes features of the continuous and discrete worlds, and an integrated framework for coordinating operational tasks in industrial plants promises to be a good solution. The integrated framework has to deal with the integration of various problem-solving methodologies, with synchronization to a continuously changing environment and with the definition of the information flow. Within this work we have concentrated on the formalization of the information flow. The International Society of Automation (ISA) introduced standards to control batch productions and to help with the integration of control. The integrated batch-control system presented here is made up of various components, where each generates and requires information to perform the various functions. Here, the communication schema for an integrated control system is proposed. This schema is determined based on XML messages, which are defined based on World Batch Forum (WBF) recommendations.

Key words: Integrated control, Batch process, XML schema definition

FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA

Hypex




INDUSTRIJSKA PNEVMATIKA

cilindri, enote za vodenje, prijemala, ventili, priprava zraka, fittingi, spojke, cevi in pribor




MERILNA TEHNIKA IN SENZORIKA

senzorji in merilci sile, temperature, tlaka, magnetnega polja ter indukcijski senzorji




PROCESNA TEHNIKA

krogelni in loputasti ventili, ploščati zasuni, pnevmatski in električni pogoni, varnostni ventili




LINEARNA TEHNIKA

tirna vodila, okrogla vodila, kroglična vretena, blažilci sunkov, regulatorji hitrosti




PROFILNA TEHNIKA IN STROJEGRADNJA

konstrukcijski alu profili, delovna oprema, ogrođja strojev




STORITVE

konstrukcija in obdelave na klasičnih in CNC strojih

- TRADICIJA
- KVALITETA
- SVETOVANJE
- PARTNERSTVO
- FLEKSIBILNOST
- VELIKE ZALOGE
- POSEBNE IZVEDBE
- KONKURENČNE CENE
- KRATKI DOBAVNI ROKI

Hypex, Lesce, d.o.o.
Alpska 43, 4248 Lesce
Tel.: +386(0)4 53-18-700 Internet: www.hypex.si
Fax.: +386(0)4 53-18-740 E-Mail: info@hypex.si