

Izazovi SOA-zasnovanih virtuelnih preduzeća

Milan Zdravković¹, Miroslav Trajanović², Nikola Vitković³
Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu

Challenges of SOA-enabled virtual enterprises

Milan Zdravković, Miroslav Trajanović, Nikola Vitković
Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš

Abstrakt - Osnovni cilj rada je prepoznavanje ključnih organizacionih, tehnoloških i socioloških izazova virtuelnih preduzeća u kontekstu primene servisno-orijentisane arhitekture (SOA) za izgradnju infrastrukture za kolaboraciju virtuelnih preduzeća. Značajan broj radova i izveštaja o obavljenim istraživanjima je analiziran, a četiri karakteristična pristupa u rešavanju različitih problema – predstavljena. Na osnovu obavljene analize literature, može se zaključiti da se najveći broj istraživanja zasniva na specifičnim problemima i njihovim konceptualnim rešenjima, dok je evidentno da je izostao sveobuhvatan, generički pristup koji prožima sve aspekte poslovnog umrežavanja. Ipak, razvoj SOA tehnologija i standarda sve više podstiče očekivanja industrije za univerzalnom tehničkom platformom za integrisanje lanaca snabdevanja. U tom smislu, glavni današnji izazovi SOA su: a) premošćavanje postojećeg jaza između modeliranja preduzeća i projektovanja odgovarajućeg tehničkog rešenja; b) podrška dinamičkom vezivanju (binding) servisa; i c) razvoj semantičke SOA.

Ključne reči – Virtuelno preduzeće, inter-organizaciono umrežavanje, upravljanje lancima snabdevanja, servisno orijentisana arhitektura, semantički web

Abstract - Objective of this paper is to identify main technological, organizational and sociological challenges of virtual enterprises in context of opportunities for application of Service Oriented Architecture (SOA) for building virtual enterprises collaboration infrastructure. Number of papers and reports are reviewed and four characteristic approaches are presented. It is found that most of research efforts in this area are concept-based and problem-focused, showing lack of holonic, generic approach covering all aspects of business networking. Yet, active development of SOA technologies encourages the industry expectations of universal technical platform for supply chain integration. Three key preconditions for fulfillment of these expectations are: bridging existing gap between enterprise modeling and solution design; provision of dynamic binding of services; and advance in semantic SOA.

Keywords – Virtual Enterprise, Inter-organizational networking, Supply chain management, Service oriented architecture, Semantic Web

¹ milan.zdravkovic@gmail.com, Oblasti interesovanja: Upravljanje lancima snabdevanja, Kolaborativni sistemi, Semantički web

² miroslav.trajanovic@gmail.com, Oblasti interesovanja: Poslovni informacioni sistemi, Računarski podržano projektovanje

³ nvitko@gmail.com, Oblasti interesovanja: Poslovni informacioni sistemi, Elektronsko poslovanje, Semantički web

Uvod

Globalizacija i prateće tehnološke inovacije danas podstiču trend diverzifikacije tržišta tražnje. Njegova dinamičnost sve više otežava aktivnosti dugoročnog planiranja i uvodi nove preduslove za konkurentnost, pre svega agilno i fleksibilno proizvodno okruženje. Pored toga, postaje očigledno da nezavisno preduzeće nije više sposobno da samostalnim nastupom na tržištu odgovori novim okolnostima u okviru kojih se ono razvija.

Zajednička koordinacija ranije izolovanih individualnih poslovnih funkcija predstavlja jedan od glavnih izazova istraživanja mogućnosti za poboljšanje efikasnosti i produktivnosti lanaca snabdevanja. Oni su utoliko veći što je sve očigledniji trend prerastanja linearnih ili hijerarhijskih lanaca snabdevanja u kompleksne mreže koje obuhvataju veliki broj specijalizovanih preduzeća sa različitim stepenom integracije. Jedan od važnih koraka u rešavanju ovih izazova, sproveden u kontekstu ekstenzivnog razvoja ICT, je definisanje koncepta i okruženja za poslovanje tzv. proširenog preduzeća (extended enterprise) (Childe, 1998), prvobitno definisanog kao funkcija bliže koordinacije u planiranju proizvodnje i kooperaciji nezavisnih proizvodnih preduzeća i njihovih dobavljača (Jagdev and Thoben, 2001). Iako integrisanost napora u koordinaciji relevantnih procesa doprinosi boljoj kolaboraciji aktera lanaca snabdevanja, ona može da predstavlja i ograničenje njegove agilnosti. Današnji značaj trenda masovne kastomizacije (mass-customization) u savremenoj ekonomiji se ogleda kroz porast tražnje za sve raznovrsnijim opcijama i različitim konfiguracijama postojećih proizvoda na tržištu. Uz to, iako ova pojava utiče na povećanje složenosti okolnosti u okviru kojih funkcionišu proizvodni sistemi, tržište zahteva sve veće nivoe kvaliteta i kraće rokove isporuke. Drugim rečima, zahtevi za fleksibilnošću lanaca snabdevanja rastu ubrzano. U skladu sa tim, koncept proširenog preduzeća polako zastareva, barem kao generički, opšti oblik kolaboracije, a očekuje se da prakse upravljanja lancima snabdevanja evoluiraju sa ciljem da omoguće efikasnu kolaboraciju slabo povezanih preduzeća različitih specijalnosti i umrežavanje njihovih

ključnih kompetencija radi ispunjenja kratkoročnijih ciljeva.

1984 godine, Miles i Snow su predložili koncept eksternih grupa, koje su nazvali "dinamičkim mrežama" – kombinacijama nezavisnih poslovnih procesa od kojih se od svakog koristi onaj deo koji doprinosi zajedničkom cilju mreže. Ovaj koncept je privukao pažnju industrije i naučno-istraživačke zajednice i otvorio javnu diskusiju čiji je cilj bio definisanje "virtuelnog preduzeća" – privremene mreže nezavisnih preduzeća, koje se brzo udružuju sa ciljem eksploatacije tržišne prilike (Browne and Zhang, 1999). Glavni izazov formiranja virtuelnog preduzeća je uspostavljanje optimalnog balansa dinamičkih, kompetentnih i kompatibilnih veza, i samim tim, po složenosti nadmašuje jednostavnu kolaboraciju fizičkih ili legalnih entiteta. Dok prošireno preduzeće teži ga uspostavljanju strateške saradnje između aktera lanaca snabdevanja, virtuelno preduzeće karakterišu kratko trajućim lancima snabdevanja, u okviru kojih se proizvode male serije velikog diverziteta proizvoda, u heterogenom okruženju kompetencija, sposobnosti i resursa, dostupnih u određeno vreme.

Virtuelna preduzeća se formiraju i rasturaju u okviru inter-organizacionih mreža, vrsti relativno dugoročne kooperacije u odnosu na kratko-trajuće forme koje prepoznaje i stvara. Mreža je odgovorna za pripremu, selekciju aktera i upravljanje životnim vekom virtuelnog preduzeća. Ona održava strukturne elemente virtuelnih preduzeća – kompetencije partnera, koje se konfiguriraju na način kojim se maksimizuje učinak i kvalitet odziva na pojavu tržišne prilike.

Sa ciljem da predstavi trenutno stanje istraživanja u razvoju ICT podrške organizaciji virtuelnih preduzeća, ovaj rad je organizovan na sledeći način. U narednom poglavlju, predstavljeno je generičko okruženje za inter-organizaciono umrežavanje. Ono obuhvata osnovne principe i izvedene funkcije ICT infrastrukture, ključne faktore razvoja mreža i njihove uticaje i sociološke i organizacione aspekte umrežavanja. U trećem poglavlju, navedeni su neki zaključci relevantnih istraživanja i predstavljena tri izabrana pristupa rešenju individualnih problema inter-organizacionog umrežavanja (selekcija partnera,

referentni modeli procesa i dinamički procesi). Takođe, predstavljen je i četvrti pristup koji se zasniva na značaju socioloških aspekata umrežavanja, praćen opisom uticaja uspostavljanja kooperativne kulture na strateško pozicioniranje preduzeća na tržištu. U četvrtom poglavlju, prikazano je trenutno stanje razvoja SOA, u kontekstu njenih praktičnih implikacija za razvoj virtuelnih preduzeća, sa naročitim naglaskom na potencijalni uticaj semantičkih tehnologija.

Inter-organizacione mreže

Tradicionalni načini kolaboracije preduzeća u stabilnim lancima snabdevanja, zasnovanim na dugoročnim partnerstvima nisu održivi u okolnostima današnje globalne ekonomije (Hamel, 1999). Danas, fizičke granice kolaboracije su sve šire i otvorenije, pre svega usled transparentnosti tržišta i dostupnosti informacija, relevantnih za uspostavljanje saradnje. U ovakvim uslovima, razvija se vizija globalnog poslovnog umrežavanja, koja podrazumeva preuzimanje dominantne tržišne uloge poslovnih mreža od individualnih preduzeća. Uprkos trendu konsolidacije poslovnih akvizicija, odnosno, ukрупnjavanju tržišta, smatra se da su mreže preduzeća mnogo agilnije i preduzimljivije od individualnih kompanija, sa integrisanom poslovnom infrastrukturom (Katzky and Crowston, 2000; Katzky and Dissel, 2001). Osnovni razlog za to je dinamičnost savremenog tržišta koju karakteriše nepredvidiva tražnja za određenim proizvodom ili uslugom, izuzetno kratkog veka. Očekivanja naučno-istraživačkog sektora i industrije od virtuelnih preduzeća su vezana upravo za njihovo agilno ponašanje (Goldman, *et al.*, 1995) i zadovoljenje frekvencije i diverziteta tražnje. Agilno ponašanje jednog kolaborativnog okruženja podrazumeva fleksibilnost njegovih partnera, zbog čega sektor malih i srednjih preduzeća uobičajeno čini operativno jezgro virtuelnog preduzeća. Vizija razvoja globalnih poslovnih mreža predviđa ključnu ulogu malih i srednjih preduzeća u njihovom razvoju, koji će se sprovesti, prema planovima i strateškom vođstvu nekoliko preostalih velikih korporacija – pre svega distribucionih mreža (Katzky, *et al.*, 2004).

Ukupna sposobnost mreže zavisi od objektivnih i realističnih performansi zbirnih kompetencija

bilateralnih veza između njenih partnera, kao i potencijala za stvaranje dodatnih vrednosti u procesu saradnje. Zato, sposobnost svakog partnera mreže mora biti opisana eksplicitno i merljivo, najčešće kvantifikacijom potencijala njihovog kapaciteta. Očigledno je da su tradicionalni pogledi na sposobnost preduzeća, zasnovanih na njihovoj reprezentaciji operativnim resursima, previše implicitni. Naime, dostupnost određene mašine ili alata nije dovoljan argument za nedvosmisleno definisanje potencijalne vrednosti koju jedan resurs može ostvariti u kolaboraciji. Izbor partnera zavisi i od velikog broja drugih faktora, kao što su jedinična cena eksploatacije resursa, verovatnoća završetka operacije pod navedenim uslovima, istorijski pogled na učinak (Sari, *et al.*, 2006) itd.

Osnovni ekonomski i organizacioni faktori uspostavljanja inter-organizacionih mreža su razvoj naprednih ICT tehnologija i aktuelni, rastući trendovi specijalizacije, outsourcing-a (Kempainen and Vepsäläinen, 2003) i mas-kustomizacije.

Složenost strukture poslovnih mreža i principi kolaboracije se ne mogu upravljati bez primene naprednih ICT tehnologija. Njihov osnovni cilj je da obezbede infrastrukturu i ukupno okruženje za razvoj virtuelne kooperativne platforme za koordinaciju mreže, odnosno njenih relevantnih aktera (Felix and Chan, 2005). Osnovni ciljevi virtuelne kooperativne platforme su da:

- a) Obezbedi polu-automatski ili automatski izbor svih kompetencija relevantnih za zadovoljenje zahteva klijenta, zasnovanih na transparentnoj, realističnoj, aktuelnoj i merljivoj slici individualnih sposobnosti;
- b) Eksponira i distribuira poslovne servise individualnih partnera kroz celi prostor kolaboracije;
- c) Koordinira korišćenje poslovnih servisa individualnih partnera u okviru inter-organizacionih poslovnih procesa.

Sledeći faktor inter-organizacionog umrežavanja je sve veća relevantnost fenomena specijalizacije, i to u horizontalnom i vertikalnom pravcu. On promovise ekspertizu preduzeća u određenom segmentu tržišta, koja

ga čini prepoznatljivom. Takođe, trend specijalizacije utiče na diferencijaciju tržišta i pojavu novih poslovnih segmenata, ranije smatranih integralnim aktivnostima individualnih preduzeća, pre svega u horizontalnom pravcu. Jedan od primera za ovo je sve češća praksa specijalizacije upravljačkih veština i usluga, koja utiče na to da menadžment od pozicije u preduzeću prerasta u poslovnu funkciju, koja se integralno nudi na tržištu (Katzy, *et al.*, 2004). Očigledno je da je uticaj trendova specijalizacije i umrežavanja obostran. Nema sumnje da ukupna sposobnost jedne interorganizacione mreže zavisi od visokog nivoa specijalizacije njenih partnera. Sa druge strane, učešće partnera u poslovnoj mreži može da potpomogne njegovu tranziciju ka agilnom, inovativnom preduzeću, sposobnom da ostvari visoke performanse odziva na ponašanje tržišta tražnje.

Jedan od uzroka trenda specijalizacije je drugi ekonomski fenomen koji se razvio na globalnom tržištu tokom osamdesetih – *outsourcing*. Zeffane (1995) smatra *outsourcing* fundamentalnim sastojkom promocije korisnosti i ekonomske isplativosti inter-organizacionog umrežavanja. Ova aktivnost se definiše kao delegiranje sekundarnih operacija jednog preduzeća eksternom entitetu, specijalizovanom za njihovo izvršavanje, i obično se odnosi na transfer korporativnih sredstava pružaocu određenih poslovnih usluga, koji preuzima dugoročnu odgovornost za njihovo pružanje, u definisanom ambijentu obaveza i odgovornosti, vezanih za kvalitet usluga i vreme isporuke. U proizvodnim preduzećima se najčešće vrši *outsourcing* funkcija logistike, koje uključuju transport, nabavku, kontrolu inventara, skladištenje, itd. (Berry, 1994).

Koncept mas-kastomizacije privlači sve veću pažnju naučno-istraživačke zajednice i industrije. Ona je definisana kao “proizvodnja u cilju zadovoljenja individualnih korisničkih zahteva sa efikasnošću bliskom masovnoj proizvodnji” (Tseng and Jiao, 2001).

Blecker i Abdelkafi (2006) tvrde da je spremnost lanaca snabdevanja jedan od kritičnih faktora mas-kastomizacije i, u skladu sa tim, naglašavaju značaj dizajna proizvoda i fleksibilnosti procesa. U uslovima kada je ovo zadnje već nametnuto zahtevima dinamične

prirode poslovnih mreža, poseban pristup dizajnu proizvoda ili usluga može uticati na povećanje sposobnosti poslovne mreže da zadovolji individualne zahteve klijenata. Modularizacija proizvoda predstavlja jednu praksu njegovog razvoja, koja se vrši radi zadovoljenja dva osnovna cilja: ostvarenja značajnog nivoa prilagodljivosti konstrukcije i funkcionalnosti jednog proizvoda i smanjenja složenosti njegove proizvodnje. Ostvarenje ova dva cilja u kontekstu primene u jednom lancu snabdevanja može imati veliki uticaj na poslovnu mrežu iz koje je on proistekao. Ono može da stvori potencijal za višestruko korišćenje komponenti, ali i celih procesa, kao i mogućnosti za inoviranje korišćenih ekspertiza. Postupak modularizacije se može primeniti i na procese primenjene u stvaranju fleksibilnog proizvoda, sa ciljem izolacije ključnih znanja i aktivnosti kojima se ostvaruju ključne vrednosti proizvoda, od opštih aktivnosti podrške iz, na primer, domena logistike. Ovakvim postupkom se mogu stvoriti elementi za odlučivanje o mogućnostima *outsourcinga* operacija od sekundarnog značaja.

Uspeh jedne poslovne mreže u velikoj meri zavisi od njene sposobnosti da pruži jednake mogućnosti učešća u operacijama svim svojim akterima, pa i onim čija informaciona infrastruktura ne obezbeđuje jednostavnu integraciju u virtuelnu kooperativnu platformu. Zato, sve više napora se ulaže u istraživanje usluga neposredne, ljudske kolaboracije (Lee and Kim, 2007). Ovo je izuzetno važno za razvoj mreža koje karakteriše diverzitet ICT zrelosti i sposobnosti njenih partnera.

Različiti pristupi organizaciji inter-organizacionih mreža

Virtuelno preduzeće predstavlja “privremenu poslovnu mrežu nezavisnih preduzeća, koji ubrzano pristupaju saradnji radi eksploatacije iznenadne tržišne mogućnosti ” (Browne and Zhang, 1999). Operacije virtuelnih preduzeća su orijentisane ka tražnji, odnosno klijentu, a njihov interes je zadovoljenje jedinstvene, individualne potrebe, za razliku od lanaca snabdevanja koji se izgrađuju sa ciljem da ostvare određenu dugoročnu penetraciju na tržištu. Virtuelna preduzeća se mogu formirati radi jedinstvene proizvodnje (*one-of-a-kind* - OKP) ili pružanja jedinstvene usluge (Sari, *et*

al., 2006), ili čak radi post-prodajne podrške isporučenoj liniji proizvoda (Hamel, 1999).

Iako se virtuelno preduzeće formira radi stvaranja vrednosti oko jedinstvene poslovne prilike, može se reći da se vrednost stvara i unutar jedne mreže, odnosno proističe iz njenih operacija i to direktno u procesu adaptacije internih procesa i usluga na kolaborativno okruženje, definisano okvirom individualne i iznenadne tražnje. U tom smislu, restrukturiranje kompetencija partnera poslovne mreže predstavlja oblik stimulacije organizacione fleksibilnosti, koja vodi poboljšanju performansi i u svim budućim operacijama (Katzy and Dissel, 2001).

Sa aspekta tehničke realizacije selekcije i koordinacije partnera u poslovnoj mreži, analiza relevantnih istraživanja i radova pokazuje da dominira teoretski pristup, odnosno razvoj konceptata i odgovarajućih logičkih arhitektura. Uprkos postojećem trendu ubrzanog razvoja relevantnih ICT tehnologija, koje su uticale čak i na pojavu novih poslovnih modela (Internet), u ovom trenutku ne postoji poznata platforma za podršku poslovanju inter-organizacionih mreža, koja u punoj meri eksploatiše i realizuje ključne koncepte kolaborativnog poslovanja. Većina razvijenih pristupa se fokusira na problem selekcije partnera i alociranja kompetencija i resursa za optimalno izvršenje horizontalnih procesa, kao što su obrada narudžbina ili upravljanje projektom. Retki autori istražuju i specijalizovanije procese kao što su kolaborativni razvoj proizvoda (Lee and Kim, 2007) ili uporedno planiranje tehnoloških procesa i terminiranje proizvodnje (Wu, et al., 2002).

Za projektovanje i implementaciju poslovne mreže, modeliranje procesa predstavlja fundamentalno polazište (Vanderhaeghen and Loos, 2007; Presley, et al., 2001), a poslovni procesi – osnovni subjekat. Dizajn, upravljanje i koordinacija kooperativnih procesa predstavljaju dominantnu temu istraživanja u poslednje vreme. Iako je stvoreno mnogo različitih pristupa, većinu njih karakteriše slična metodologija u rešavanju određenih grupa problema. Izabrani modeli su predstavljeni u nastavku ovog poglavlja.

VEM – *Virtual Enterprise Methodology* (Sari, et al., 2006) čini skup smernica za definisanje

aktivnosti koje individualni partneri poslovne mreže sprovode u cilju boljeg upravljanja životnim vekom virtuelnog preduzeća. Njima se definiše *Virtual enterprise Breeding Environment* (VBE) – inter-organizaciona forma čija svrha je razvoj i upravljanje potencijala virtuelnih preduzeća zasnovanih na tražnji i orijentisanih ka klijentima. VEM koristi poznata scenarija kolaboracija, ali se posebno fokusira na proces selekcije partnera, i to istraživanjem primene procesa analitičke hijerarhije (*analytic hierarchy process* - AHP) i tehnike programske evaluacije (*program evaluation review technique* - PERT). AHP je metod, razvijen ranih sedamdesetih za strukturiranje problema, zasnovanih na višestrukim atributima, ulogama i periodima na hijerarhijski način. PERT predstavlja tehniku terminiranja projekta i pokriva neizvenosti procena vremena potrebnih za obavljanje neke aktivnosti. Konačno, VEM usvaja pristup korišćenja višenivoskih neuronskih mreža za evaluaciju performansi partnera u obavljanju određenih aktivnosti.

VECCF - *Virtual Enterprise Chain Collaboration Framework* (Choi, et al., 2006) je razvijen sa pretpostavkom da je potpuna integracija relevantnih poslovnih procesa individualnih partnera mreže nezaobilazan faktor implementacije virtuelnog preduzeća. Zato, u okviru ovog pristupa se predlaže rešenje za probleme nekompatibilnosti, zasnovano na elementima različitih postojećih modela. U svrhu razvoja lanaca vrednosti unutar inter-organizacionih mreža, VECCF koristi referentne modele, nezavisne operacione domene za svaki od lanaca vrednosti i sredstva za komunikaciju između njih. Predloženo okruženje obuhvata relevantne elemente dva postojeća referentna modela (DoDAF, FEAF) i metodologiju za razvoj poslovnih procesa koja koristi SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) model, restrukturiran sa dodatim konceptom komponenti. Osnovna ideja VECCF modela je da reši nekonzistentnost individualnih poslovnih procesa u vlasništvu preduzeća, zavisnih od konteksta u kojima se izvršavaju, tako što će obezbediti alate za njihovo semantičko preslikavanje u predefinisane šablone procesa, nezavisne od konteksta primene. Komunikacija ovako mapiranih procesa se vrši putem interfejsa, implementiranih proizvoljnom, ali

unapred definisanom tehnologijom ili standardom.

U radu, vezanom za razvoj SPM (Synchronization Point Model) modela Perrin, *et al.* (2003) istražuju posebne karakteristike kooperativnih procesa u okviru kojih partneri iz različitih preduzeća realizuju osnovne (atomske) ili kompozitne aktivnosti. Autori pokazuju da su dinamička definicija poslovnih procesa, odnosno mogućnost njihove revizije u toku izvršenja, ključni za virtuelna preduzeća. Njihov glavni argument je neizvesnost strukture kolaborativnih poslovnih procesa, nastala usled nemogućnosti da se predvide sve aktivnosti neposredne, ljudske kolaboracije i neophodnost razmene preliminarne rezultata kolaborativnog rada, prouzrokovana velikom uobičajenom međuzavisnošću uporednih aktivnosti različitih partnera. SPM model predviđa ekspoziciju internih poslovnih procesa u mrežnom okruženju, kroz njihove javne, apstraktne definicije, koje obuhvataju ishode koje preduzeće može da ostvari prilikom izvršenja određenih aktivnosti. Korišćenjem tzv. procesnih servisa, SPM jasno diferencira javno deklarisanu sposobnost preduzeća od implementacije sredstava i resursa za njenu primenu. Željeni rezultat ovakvog pristupa je očuvanje privatnosti i zaštite intelektualne svojine partnera u mreži. Kooperativni proces se realizuje orkestracijom procesnih servisa, gde koordinaciju između svaka dva ili više procesna servisa vrši sinhronizaciona aktivnost (*synchronization point* - SP). SP je generička inter-organizaciona aktivnost koja obezbeđuje alate za koordinaciju dva ili više procesna servisa koja apstrahuju dve ili više kooperativne aktivnosti različitih partnera. SP implementira funkcije upravljanja projektima, kao što su upravljanje tokovima informacija, verifikacija ishoda, revizija planova (dinamičke promene procesa), revizija alociranih resursa, itd.

Za razliku od opisanih pristupa koji imaju za cilj rešenje određenih tehničkih problema (selekcija partnera i integracija procesa), rad vezan za razvoj *Value System Designer* okruženja (Katzy and Dissel, 2001) naglašava značaj socioloških aspekata umrežavanja za ukupne performanse inter-organizacionih mreža. On identifikuje kooperativnu kulturu partnera kao kritični faktor uspeha za formiranje i operacije virtuelnih preduzeća. *Value System Designer* okruženje je

direktan rezultat konverzije rezultata socioloških istraživanja u metod i alate za podršku njegovoj implementaciji. Konfiguracija predloženog sistema obuhvata tri tehničke komponente: integrisani alat za modeliranje poslovne mreže i inter-organizacionih procesa, alat za praćenje performansi mreže i infrastrukturu za ostvarenje IT podrške, na bazi projekata.

Na osnovu praktičnih iskustava primene *Value System Designer* okruženja, Katzy i Dissel između ostalog zaključuju da specijalizacija kompetencija individualnih partnera mreže u njoj evoluirala, stvarajući pretpostavke za nove pristupe u strateškom pozicioniranju preduzeća na tržištu. Preduzeća – partneri mreže su počele da napuštaju tradicionalne pristupe u definisanju poslovnih strategija, zasnovane na punoj horizontalnoj podršci celokupnom životnom veku jednog proizvoda ili usluge, i sve više istražuju fokusiranje poslovnih strategija na svoje ključne kompetencije (npr. dizajn proizvoda, upravljanje operacijama, isporuka tehnologija, itd.). Veliki broj preduzeća iz mreže počinje da se oslanja na partnere sa komplementarnim i kompatibilnim kompetencijama. Iako ova pojava podrazumeva određene rizike, nove poslovne strategije omogućavaju proširenje segmenta tržišta preduzeća i ostvaruju posredna, značajna uvećanja prihoda. Takođe, ekspozicija različitih ideja i zahteva, vezanih za ključne kompetencije individualnih partnera, motivišu ih da kontinuirano inoviraju svoju sposobnost i resurse, odnosno redefinišu svoja ciljna tržišta. Uporedo sa specijalizacijom partnera, postalo je očigledno da su za upravljanje inter-organizacionim kolaborativnim okruženjem i koordinacionim uslugama potrebne nove, specifične kompetencije. Neke nove uloge koje vrše aktivnosti direktno vezane za operacije virtuelnih preduzeća su broker, menadžer kompetencija, menadžer projekata, *in/outsourcing* menadžer, trener mreže, i druge.

Servisno orijentisana arhitektura i inter-organizacione mreže

SOA je u proteklom periodu postala vodeća tehnologija za ostvarivanje interoperabilnih sistema. Ona omogućava tradicionalnim poslovnim informacionim sistemima da eksponiraju svoje funkcije kroz servise – višestruko korišćene komponente koje

implementiraju poslovne aktivnosti, orkestrirane u poslovne procese. Iako su ICT tehnologije oduvek bile jedan od ključnih faktora napretka discipline upravljanja lancima snabdevanja, pojava SOA na tržištu je omogućilo rešavanje najšireg domena problema iz segmenta kolaboracije i koordinacije. Naročiti primer za ovo je kolaboracija unutar virtuelnih preduzeća, pre svega zbog slabo povezanih slojeva opisa poslovnih servisa i njihove implementacije. Jasno je da korišćenje web servisa i odgovarajućih tehnologija omogućava eksponiranje kompetencija partnera poslovnih mreža u heterogenom okruženju softverskih i hardverskih platformi. Ipak, veliki broj autora pokazuje da sami web servisi ne mogu obezbediti automatsku i dinamičnu kolaboraciju (Namin, et al., 2005; Young and Lee, 2004). Zato, oni se veoma često koriste u sprezi sa softverskim agentima, koji se mogu koristiti za selekciju partnera, provere statusa procesa, itd. (Namin, et al., 2005; Wu, et al., 2002).

Veoma je važno naglasiti da web servisi nisu jedina, pa ni ključna komponenta SOA. Iako postoji konsenzus da su poslovni procesi glavni subjekti kolaboracije u virtuelnim preduzećima, primetno je da istraživanje u ovoj oblasti ne prati dinamiku razvoja SOA paradigme, pre svega u orkestraciji servisa primenom BPEL (*Business Process Execution Language*) specifikacije (MacKenzie, et al., 2006). Indikativno je da veoma mali broj autora istražuje mogućnosti korišćenja BPEL specifikacije za implementaciju kolaboracionih procesa.

Većina obavljenih istraživanja u skorije vreme (Wang, 2007; Saugatuck, 2006; ebizQ, 2006) pokazuje da je razvoj SOA koncepata još uvek u ranoj fazi. Iako se web servisi često koriste kao osnovna tehnologija za eksponiranje poslovnih funkcija i njihovo distribuirano korišćenje, mogućnosti koje nude jezici za orkestraciju nisu iskorišćene na očekivani način. Uobičajeno korišćenje SOA danas, ograničeno je na tradicionalne granice preduzeća (ebizQ, 2006) i to na rešavanje problema integracije sa ciljem ostvarivanja centralizovane perspektive na poslovne performanse i usklađivanje poslovnih informacionih sistema sa pravnim okvirima (Wang, 2007).

Sa razvojem tehnologija bezbednosti, očekuje se da se fokus industrije i istraživanja polako premesti sa korišćenja SOA u zatvorenim, privatnim okruženjima, ka inter-organizacionim mrežama. Uopšte, istraživanje SOA danas karakteriše koncentracija napora u rešavanju sledećih praktičnih problema:

- Poslovno orijentisana SOA,
- Dinamička i adaptibilna SOA,
- Semantička SOA,

, gde se poslednje dve grupe problema, u poslednje vreme sagledavaju i integralno.

Iako se smatra da SOA koncepti omogućavaju mnogo jasniju perspektivu menadžmenta u razvoj i eksploataciju poslovnih informacionih sistema od tradicionalnih pristupa, kao što je npr. objektno-orijentisani, pokazalo se da tranzicija tradicionalnih EIS koncepata ka potpuno novom pristupu nije tako laka, usled nerazumevanja i različitih tumačenja istih principa. Iz tog razloga, značajni istraživački naponi se ulažu u poboljšanje izvodivosti i korisnosti SOA implementacija. U vezi sa tim, krucijalni izazov razvoja poslovne orijentisane SOA je premošćavanje postojećeg jaza između slojeva modeliranja preduzeća, projektovanja implementacionog rešenja i razvoja programskog koda (Zhang). Neka od relevantnih istraživanja za rešavanje ovih problema obuhvataju definiciju jedinstvenog modela i okruženja za implementaciju integrisane arhitekture (van der Aalst, et al., 2007), pojednostavljenje pristupa razvoja SOA korišćenjem XSLT transformacije (Kelly, et al., 2006), modeliranje relacija između servisa (Zhang), generisanje konfiguracije web servisa na osnovu poslovnih zahteva (Gorton and Reiff-Marganec, 2006), i druga.

Jedan od najvećih izazova u trenutnom istraživanju SOA je fleksibilnost i adaptibilnost web servisa. Ključna tema je obezbeđenje automatskog odziva ili odgovora sistema po registraciji određenog poslovnog događaja, ili uopšte, promene u poslovnom sistemu. Neki od problema koje je potrebno rešiti u cilju obezbeđenja adaptivnog ponašanja poslovnih sistema sa SOA arhitekturom su adaptibilno pozivanje servisa, generisanje kompozitnih aplikacija u realnom vremenu (Zhang), generisanje klijenata adaptirajućih na promene u strukturi web servisa (Hmida, et al., 2007) i

najveći – automatska kompozicija web servisa. Poslednji problem predstavlja fokus pažnje velikog broja istraživača i industrije. Predlaže se veliki broj različitih pristupa koje karakteriše primena principa aspekt-orijentisanog programiranja (Navarro, *et al.*, 2006), modeliranje servisa uz pomoć petrijevih mreža sa pridruženim kompozicionim operatorima (Hamadi and Benatallah, 2003) i drugi.

U osnovi, put razvoja SOA tehnologije karakteriše evolucija relacija između korisnika i provajdera servisa: od statičkog vezivanja statičkih servisa, ka dinamičkom vezivanju dinamičkih, semantičkih servisa. Osnovna prepreka razvoja adaptibilnih SOA infrastruktura danas je statičko vezivanje servisa. U ovom trenutku, razvoj, otkrivanje i kompozicija servisa se vrši u fazi njihove implementacije, od strane programera. Ovo nije prihvatljivo za primenu u poslovnim mrežama, gde je automatska ili poluautomatska kompozicija servisa, na bazi parametara performansi u definisanim okolnostima, osnovni izazov formiranja virtuelnog preduzeća. Da bi se stvorilo dinamično okruženje za kompoziciju postojećih servisa na zahtev, u optimalne i efikasne poslovne procese, neophodna je primena dinamičkog vezivanja. U ovom trenutku, SOA standardi to ne podržavaju. Ipak, pre njihove revizije i primene u postojećim rešenjima, ovaj problem je rešen od strane nekih komercijalnih SOA sistema, kao što su Oracle (Carey) ili pristupa, kao što je implementacija *middleware* aplikacija za dinamičko vezivanje (Küster and König-Ries, 2007).

Opšti cilj SOA tehnologija je konceptualizacija sposobnosti tradicionalnih informacionih sistema u autonomne, distribuirane service. Međutim, s obzirom na to da se za njihovu reprezentaciju koriste sintaksni elementi, razumevanje sposobnosti servisa zavisi od tumačenja njihovih korisnika. Takođe, definicije jednog istog servisa variraju od preduzeća do preduzeća, tako da se ne mogu koristiti kao takve u modeliranju inter-organizacionih procesa, bez koordinacije generičkih virtuelnih servisa (Chaari, *et al.*, 2006). Visoki nivo konceptualizacije, jedan od osnovnih principa SOA koncepata utiče na neprihvatljivo visoki nivo heterogenosti podataka, servisa i aplikacija. Drugim rečima, semantika jednog poslovnog servisa je još uvek implicitna i zato se njime ne

može manipulirati automatski (Euzenat, 2001). Zato se primenjuju različite prakse integracije SOA sa dolazećim tehnologijama semantičkog weba (Pedrinaci, *et al.*, 2006; de Bruijn, *et al.*, 2005). Očekuje se da će ovaj trend probuditi prave vrednosti SOA koncepata, i to prebacivanjem fokusa vrednosti od provajdera servisa ka njegovom korisniku, koji ima problem koji je potrebno rešiti. U ovom kontekstu, može se govoriti i o evoluciji SOA ka POA – problem-orijentisanoj arhitekturi, odnosno, arhitekturi orijentisanoj ka rešavanju problema.

Proces kompozicije postojećih servisa mogu značajno podržati ontologije, koje se mogu koristiti za organizovanje servisa. U tom smislu, rad na razvoju TOVE ontologija (Fox and Gruninger, 1998) je veoma koristan za razvoj arhitekture SOA podržanih poslovnih mreža. Njihov cilj je razvoj formalne specifikacije semantike modela preduzeća, sa generičkom i eksplicitnom reprezentacijom strukture, aktivnosti, procesa, informacija, ljudi, ponašanja, ciljeva i ograničenja preduzeća. TOVE okruženje se sastoji od skupa generičkih ontologija: ontologije aktivnosti (Fox and Gruninger, 1994) koja opisuje aktivnosti, stanja, vreme i kauzalnost; ontologije resursa (Fadel, *et al.*, 1994) i organizacione ontologije koja obuhvata strukturu, role i komunikaciju. Sa stanovišta procesa u poslovnim mrežama, praktične implikacije TOVE ontologija mogu biti izuzetno značajne. Na primer, može se razviti ontologija poslovnih procesa za koordinaciju virtuelnih servisa, prostim nasleđivanjem ontologije aktivnosti sa nekoliko dodatnih koncepata.

Uporedo sa razvojem infrastrukture za semantičku podršku standardnim SOA implementacijama, ulažu se naponi i na proširenje SOA sa ciljem da se obezbedi semantička reprezentacija parametara web servisa. Ontologije predstavljaju jedan sloj SOA infrastrukture i omogućavaju kompleksniju podršku otkrivanju i kompoziciji odgovarajućih web servisa tako što sintaksnim metodama otkrivanja dodaju semantičku podršku. Iako su ontologije osnovne komponente semantičkih tehnologija, one se ne mogu primeniti bez odgovarajućih metoda otkrivanja. Jedan od najčešće korišćenih je metod zasnovan na stanjima (*state-based approach*, Schade, *et al.*,

2004). On podrazumeva semantičku definiciju servisa primenom jezika kao što su *Web Ontology Language* (OWL) ili *Rule Markup Language* (RuleML). Oni se koriste za reprezentaciju semantike ulaznih i izlaznih parametara servisa, uslova i posledica u odgovarajućim interfejsima.

Široko korišćen formalizam za predstavljanje semantike servisa proistekao iz ovog pristupa je *Web Service Semantic Profile* (WSSP) (Kawamura, *et al.*, 2003). Njegovom primenom, sintaksni WSDL opisi se obogaćuju semantičkim, tako što se ulazni i izlazni parametri referenciraju na koncepte iz korišćenih ontologija i ograničenja iz datoteka sa pravilima. Sa razvojem vizije semantičkog web-a, W3C organizacija je prihvatila WSSP formalizam i dalje ga razvila u *Web Services Modelling Framework* (Roman, *et al.*, 2005) – WSMF, konceptualno okruženje za opis semantičkih web servisa.

Zaključci

Ultimativni cilj ukupnog istraživanja u razvoju izvodive i efikasne infrastrukture za poslovno umrežavanje je priznanje industrije. Iako su specijalizacija i *outsourcing* prakse koje se široko primenjuju, naročito u malim i srednjim preduzećima, preambiciozno je očekivati da će poslovne mreže preuzeti dominantnu ulogu na tržištu od individualnih preduzeća koja posluju u tradicionalnim hijerarhijskim lancima snabdevanja, u bližoj budućosti. Ipak, za ovaj pomeraj postoji značajan potencijal, a očekuje se da će on biti ostvaren sa daljim razvojem sektora poslovnog posredovanja (*business brokerage*) i sazrevanjem i priznavanjem naprednih ICT tehnologija, koje već postoje na tržištu. Takođe, u upravljanju organizacionim promenama koje su neophodne za tranziciju ka dominantno kolaborativnom poslovanju, od izuzetnog značaja je upravljanje sociološkim aspektima umrežavanja.

Osnovni uslovi za priznanje relevantnih metoda i tehnologija su razvoj holoničkog pristupa poslovnom umrežavanju i njegova validacija u realističnom industrijskom okruženju. Iako navedeni pristupi rezultuju inovativnim rešenjima za individualne probleme, oni se mogu proveriti samo u simuliranim ili ograničenim okruženjima. Zato, njihova

primena ne može otkriti ostvareni realan uticaj na poslovanje.

Očigledno je da SOA tehnologije predstavljaju temelj svih budućih tehničkih napora vezanih za integraciju. Čak i na samom konceptualnom nivou, inovativni pristup projektovanju informacionih sistema preduzeća može biti podsticaj za stvaranje novih ideja usmerenih ka modelima poslovnog umrežavanja. Ipak, industrija nije reagovala na SOA, kao što se očekivalo. Iako su njeni koncepti relativno jednostavni, a pored toga nude i poslovno-orijentisan pogled na ICT infrastrukturu, dobavljači SOA rešenja nisu uspeli da premoste jaz između modela organizacije preduzeća, elemenata projekta tehničkog rešenja i generisanja samog koda za njegovu realizaciju. Dalje, utisak je da jedno od najvažnijih obećanja SOA, najrelevantnijeg za poslovno umrežavanje – slaba povezanost, nije ostvareno statičkim vezivanjem (*static binding*) servisa. Takođe, dominantan fokus SOA ka rešavanju problema integracije sistema je rezultovao izostankom standardnih elemenata i alata za upravljanje manuelnim aktivnostima procesa. Ovo može biti značajna prepreka za budući razvoj u uslovima kada praksa pokazuje rastući značaj ljudskog učešća u poslovnoj kolaboraciji.

Konačno, iako je istraživačka zajednica veoma posvećena realizaciji semantičke SOA, tvrdi se (Metcalf i Lewis, 2006) da tehnologije nisu napredovale do tačke na kojoj mogu izaći u susret realnim očekivanjima industrije i biti primenjene u praksi na efikasan i izvodiv način. Većina operativnih web servisa danas je razvijena kao interfejs, prosto dodat postojećim aplikacijama, bez ikakvih referenci na ontološke modele ili barem razmatranja njihovih semantičkih karakteristika. Zato, mapiranje atributa servisa na odgovarajuće koncepte može biti ekstremno složen i rizičan zadatak. Takođe, na proces usvajanja semantičke SOA utiče i činjenica da su postojeći alati još uvek u ranoj fazi razvoja, pri čemu ne nude metod za jednostavnu tranziciju sa *legacy* na semantičku SOA na svim nivoima implementacije.

Za većinu problema, navedenih u ovom zaključku, dobavljači nude svoja rešenja, pa i kompletnu SOA arhitekturu prilagođenu potrebama određenih industrijskih sektora. Većina dobavljača ERP aplikacija je prihvatila

SOA standarde i oni se već koriste kao jezgro njihovih modula za upravljanje procesa. Ipak, s obzirom na to da su otvorenost i univerzalnost SOA neki od njenih najznačajnijih atributa, industrija će morati da sačeka na značajan napredak u razvoju standarda i njegovo opšte prihvatanje od strane dobavljača operativnih rešenja.

Literatura

- Berry, A.J. (1994) "Spanning traditional boundaries: organization and control of embedded operations", *Leadership & Organization Development Journal*, Vol.15, No.7, pp.4-10
- Blecker, T., Abdelkafi, N. (2006) "Mass Customization: State-of-the-Art and Challenges", *International Series in Operations Research & Management Science*, Springer New York, Mass Customization: Challenges and Solutions, Vol.87, pp.1-25
- Browne, J., Zhang, J. (1999) "Extended and virtual enterprises – similarities and differences" *International Journal of Agile Management Systems*, Vol.1, No.1, pp.30-36
- de Bruijn, J., Fensel, D., Keller, U., Lara, R. (2005) "Using the web service modeling ontology to enable semantic e-business", *Communications of the ACM*, Vol.48, No.12
- Carey, S. "Making BPEL Processes Dynamic", *SOA Best Practices: The BPEL Cookbook*, Available online at: http://www.oracle.com/technology/pub/articles/bpel_cookbook/carey.html
- Chaari, S., Biennier, F., Ben amar, C., Favrel, J. (2006) "Towards Service Oriented Enterprise", *International Federation for Information Processing (IFIP)*, Vol. 27, Boston-Springer, *Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies In Product Design, Manufacturing and Management*, pp. 920-925
- Choi, Y., Kang, D., Chae, H., Kim, K. (2006) "An enterprise architecture framework for collaboration of virtual enterprise chains", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*
- Childe, S.J. (1998) "The extended enterprise – a concept of co-operation", *Production Planning and Control*, Vol.9, No.4, pp.320-327
- EbizQ White Paper, "The Current State of SOA Governance", http://www.ebizq.net/white_papers/7358.html, Decembar 2006
- Euzenat, J. (2001) "Towards a principled approach to semantic interoperability", In *Proceedings of IJCAI workshop on Ontologies and information sharing*, Seattle (WA), US
- Fadel, F., M.S. Fox and M. Gruninger (1994) "A Generic Enterprise Resource Ontology", *Proceedings of the Third Workshop on Enabling Technologies - Infrastructures for Collaborative Enterprises*, West Virginia University
- Felix T.S. Chan, H.K. (2005) "The future trend on system-wide modelling in supply chain studies", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.25, No.7-8, pp.820-832
- Fox, M.S. and M. Gruninger (1998), "Enterprise Modeling", *AI Magazine*, AAAI Press, pp. 109–121.
- Fox, M.S. and M. Gruninger (1994), "Ontologies for Enterprise Integration", *Proceedings of the 2nd Conference on Cooperative Information Systems*, Toronto, Ontario
- Goldman, S.L., Nagel, R.N., Preiss, K. (1995) "Agile Competitors and Virtual Organizations – Strategies for Enriching the Customer", Van Nostrand Reinhold, New York
- Gorton, S. and Reiff-Marganiec, S. (2006) "Towards a Task-Oriented, Policy-Driven Business Requirements Specification for Web Services", *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg, Vol.4102, pp. 465-470
- Hamel, G. (1999) "Bringing Silicon Valley Inside", *Harvard Business Review*, September – October, pp.71-84
- Hamadi, R., Benatallah, B. (2003) "A Petri net-based model for web service composition", *Proceedings of the 14th Australasian Database Conference*, Adelaide, pp. 191-200
- Hmida, M.B., Boutrous-Saab, C., Haddad, S., Monfort, V., Tomaz Ferraz, R.T. (2007) "Dynamically Adapting Clients to Web Services Changing", *Whitestein Series in Software Agent Technologies and Autonomic Computing*, in

- Emerging Web Services Technology, Birkhäuser Basel, pp.153-165
- Jagdev, H.S., Thoben, K.D. (2001) "Anatomy of enterprise collaborations", *Production Planning and Control*, Vol.12, No.5, pp.437-451
- Katzy, B.R., Loeh, H., Zhang, C. (2004) "Virtual Organising Scenarios", *Collaborative Networked Organizations*, Springer US, pp.27-40
- Katzy, B.R., Dissel, M. (2001) "A toolset for building the virtual enterprise", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol.12, No.2, pp.121-131
- Katzy, B.R., Crowston, K. (2000) "A process theory of competency rallying in engineering projects", *CETIM Working Paper Series*, Vol.4, No.37
- Kawamura, T., De Blasio, J-A., Hasegawa, T., Paolucci, M., Sycara, K. (2003) "Preliminary Report of Public Experiment of Semantic Service Matchmaker with UDDI Business Registry", *Proceedings of First International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC 2003)*, pp.208-224
- Kelly, P.M., Coddington, P.D., Wendelborn, A.L. (2006) "A Simplified Approach to Web Service Development", *ACM International Conference Proceeding Series*, Vol. 167, Hobart, Tasmania, Australia, pp.79-88
- Kemppainen, K., Vepsäläinen, A.P.J. (2003) "Trends in industrial supply chains and networks", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.33, No.8, pp.701-719
- Küster, U., König-Ries, B. (2007) "Dynamic Binding for BPEL Processes - A Lightweight Approach to Integrate Semantics into Web Services", *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg, *Service-Oriented Computing ICSOC 2006*, Vol. 4652/2007, pp.116-127
- Lee, J.Y., Kim, K. (2007) "A distributed product development architecture for engineering collaborations across ubiquitous virtual enterprises", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.33, No.1-2, pp. 59-70
- MacKenzie, C.M., Laskey, K., McCabe, F., Brown, P.F., Metz, R. (2006) "Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0", Available from: <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf>
- Metcalf, C., Lewis, G. (2006) "Model Problems in Technologies for Interoperability: OWL Web Ontology Language for Services (OWL-S)", *Software Engineering Institute*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA
- Miles, R.E., Snow, C.C. (1984) "Fit, failure and hall of fame", *California Management Review*, Vol.26, No.3, pp.10-28
- Namin, A.S., Shen, W., Ghenniwa, H. (2005) "Web services / Agent-based model for inter-enterprise collaboration", *IFIP International Federation for Information Processing*, Springer Boston, Vol.159, pp.231-240
- Navarro, L.D.B., Sudholt, M., Vanderperren, W., Verheecke, B. (2006) "Modularization of distributed web services using Aspects With Explicit Distribution (AWED)", *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg, Vol.4276, pp. 1449-1466
- Pedrinaci, C., Moran, M., Norton, B. (2006) "Towards a Semantic Event-Based Service-Oriented Architecture", *Workshop: 2nd International Workshop on Semantic Web Enabled Software Engineering (SWESE 2006)*, *The 5th International Semantic Web (ISWC 2006)*, Athens, GA, USA
- Perrin, O., Wynen, F., Bitcheva, J., Godart, C. (2003) "A Model to Support Collaborative Work in Virtual Enterprises", *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg, Vol.2678/2003, pp.104-119
- Roman, D., Keller, U., Lausen, H., de Bruijn, J., Lara, R., Stollberg, M., Polleres, A., Feier, C., Bussler, C., Fensel, D. (2005) "Web Service Modeling Ontology", *Applied Ontology*, Vol.1, No.1, pp.77 - 106
- Sari, B., Se, T., Kilic, E.S. (2006) "Formation of dynamic virtual enterprises and enterprise networks", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.34, No.11-12, pp.1246-1262

Saugatuck Technology Report (2006) "SOA Reality Check: Three Waves of Adoption through 2012"

Schade, S., Sahlmann, A., Lutz, M., Probst, F., Kuhn, W. (2004) "Comparing Approaches for Semantic Service Description and Matchmaking", Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg, Volume 3291/2004, pp.1062-1079

Tseng, M.M., Jiao, J. (2001) "Mass Customization", in: Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operation Management, 3rd.ed., pp.685

Vanderhaeghen, D., Loos, P. (2007) "Distributed model management platform for cross-enterprise business process management in virtual enterprise networks", Journal of Intelligent Manufacturing, Vol.18, No.5. pp.553-559

Van der Aalst, W., Beisiegel, M., van Hee, K., Konig, D., Stahl, C. (2007) "A SOA-Based Architecture Framework", International Journal of Business Process Integration and Management, Vol.2, No.2, pp.91-101

Wang, R. (2007) „Business Benefits in SOA and Web Services, Forrester Research“, http://www.wipro.com/datadocs/presentations/Business_benefits_SOA_Forrester.pdf

Wu, S.H., Fuh, J.Y.H., Nee, A.Y.C. (2002) "Concurrent process planning and scheduling in distributed virtual manufacturing", IIE Transactions, Vol.34, No.1, pp.77-89

Young, C., Le, J. (2004) "Research on Information Platform of Virtual Enterprise Based on Web Services Technology", Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg, Vol.3033, pp.203–206

Zeffane, R. (1995), "The widening scope of inter-organizational networking: economic, sectoral and social dimensions", Leadership & Organization Development Journal, Vol.16, No.5, pp.26-33

Zhang, L.J., "Blog: SOA Innovations“, IBM developerWorks, <http://www-03.ibm.com/developerworks/blogs/page/zhanglj>