

USING WSMO FOR DEVELOPMENT OF SEMANTIC SUPPLY NETWORKS

KORIŠĆENJE WSMO ZA RAZVOJ SEMANTIČKIH MREŽA SNABDEVANJA

Milan Zdravković, Miroslav Trajanović, Nikola Vitković

Inovacioni Centar za razvoj Informacionih Tehnologija, Mašinski fakultet u Nišu

Sadržaj – Usled sve veće složenosti savremenih nehijerarhijskih lanaca snabdevanja, jedan od ključnih izazova razvoja agilnih poslovnih mreža postaje izgradnja kolaborativne ICT platforme, sposobne da poluautomatski ili automatski podrži odlučivanje u procesima selekcije partnera i kompoziciji relevantnih, optimalnih inter-organizacionih procesa, u realnom vremenu. U ovom radu je istražena mogućnost primene semantičke SOA kao temelja arhitekture ovakve platforme. Za tranziciju ka semantičkim mrežama snabdevanja, koristi se najšire prihvaćen standard za modeliranje semantičkih web servisa – WSMO (Web Services Modeling Ontology).

Abstract – Due to growing complexity of contemporary non-hierarchical supply chains, building the collaborative ICT platform, capable to provide semi-automatic or automatic support in processes of partner selection and real-time composition of relevant, optimal inter-organizational processes, becomes one of the key challenges of agile inter-organizational networks development. This paper presents research of using semantic SOA as architectural basis for this platform. For transition towards semantic supply networks, widely accepted standard for modelling of semantic web services – WSMO (Web Services Modeling Ontology), is being used.

1. UVOD

Tradicionalni načini kolaboracije preduzeća u stabilnim lancima snabdevanja, zasnovanim na dugoročnim partnerstvima nisu održivi u okolnostima današnje globalne ekonomije [1]. 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, ukupnjavanju tržišta, smatra se da su mreže preduzeća mnogo agilnije i preduzimljivije od individualnih kompanija, sa integrisanom poslovnom infrastrukturom [2]. 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 [3] i zadovoljenje frekvencije i diverziteta tražnje.

Jedan od osnovnih ekonomskih i organizacionih faktora za uspostavljanja agilnih inter-organizacionih mreža je razvoj naprednih ICT tehnologija, odnosno uspostavljanje tehničke infrastrukture, koja treba 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.

Za projektovanje i implementaciju poslovne mreže, modeliranje procesa predstavlja fundamentalno polazište [4], 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, oslonjena na principe i koncepte servisno-orijentisane arhitekture (SOA).

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. Očigledno je da korišćenje web servisa i odgovarajućih tehnologija omogućava ekspanziju 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 [5][6]. 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, generisanje klijenata adaptirajućih na promene u strukturi web servisa i najveći – automatska kompozicija web servisa.

Opšti cilj SOA tehnologija je konceptualizacija sposobnosti tradicionalnih informacionih sistema u autonomne, distribuirane servise. 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. Visoki nivo konceptualizacije, jedan od osnovnih principa SOA konceptata 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 [7].

Jedno od potencijalnih rešenja gore navedenih problema obećava primena WSMO (*Web Services Modelling Ontology*) – Ontologije za modeliranje web servisa. U narednom poglavlju ovog rada, predstavljeni su elementi WSMO. U trećem poglavlju, istražuje se potencijal industrijske primene WSMO za rešavanje problema koordinacije inter-organizacionih mreža, odnosno nehijerarhijskih lanaca snabdevanja. Konačno, u poslednjem poglavlju, predstavljeni su zaključci, kojima se objedinjuju uočene prednosti korišćenog pristupa, sa stanovišta uticaja na agilnost i fleksibilnost inter-organizacionih mreža i njegove slabosti.

2. ONTOLOGIJA ZA MODELIRANJE WEB SERVISA (WSMO)

Ontologija za modeliranje web servisa (WSMO) [8] predstavlja formalizaciju različitih aspekata relevantnih za modeliranje semantičkih web servisa. Nastala je na osnovi koju je definisalo okruženje za modeliranje web servisa (*Web Service Modelling Framework*).

Osnovne karakteristike WSMO su:

- Okruženje za kreiranje i objavljivanje semantičkih opisa web servisa
- Podrška otkrivanju web servisa sposobnih da izvrše određeni zadatak
- Obezbeđenje sredstava za medijaciju - rezoluciju nesaglasja (heterogenih) podataka, protokola i procesa resursa koji komuniciraju.

Osnovni WSMO elementi za opis semantičkih web servisa su:

- Ontologije - formalizovani koncepti koji se koriste od strane svih ostalih elemenata.
- Web servisi, odnosno njihovi semantički opisi web servisa: funkcionalni opisi (*capability*) i opisi korišćenja (*interfaces*)
- Ciljevi (*goals*) koje korisnici žele da ostvare upotrebom web servisa.
- Medijatori (*mediators*) - konektori između komponenata za rešavanje problema heterogenosti.

Svaki od njih karakterišu URI referenca, anonimni identifikator i skup opštih anotacija kojima se predstavljaju ne-funkcionalne karakteristike entiteta. Svaki od elemenata je definisan nezavisno od ostalih, čime je ostvaren modular, distribuiran model. Specifične karakteristike svakog od osnovnih elemenata su prikazane u daljem tekstu, što je ilustrovano na slici 1.

Ontologije predstavljaju formalne, eksplicitne specifikacije konceptualizacija i sastoje se od konceptata, njihovih instanci, osobina i relacija i aksioma. One

predstavljaju meta-sloj WSMO modela, kojima se formalizuje semantika informacija koje se koriste u kolaboraciji i omogućava uzajamno referenciranje terminologija koje koriste ljudi i računari.

Jedan od velikih problema konvencionalnih web servisa predstavlja njihovo otkrivanje. Iako UDDI mehanizmi predviđaju klasifikaciju web servisa i rudimentarne servise otkrivanja kao što su pretraživanje uz pomoć ključne reči, veoma brzo je postalo očigledno je da oni nisu dovoljni za usaglašavanje potreba korisnika i sposobnosti web servisa, deklariranih sintaksnim elementima, obuhvaćenih WSDL standardom. Zato, WSMO model uvodi složenije modele pretraživanja, oslonjene na semantičke strukture, kroz upoređivanje **ciljeva** korisnika i **sposobnosti** web servisa da taj cilj ostvari. Sa stanovišta WSMO, ciljevi (*goals*) predstavljaju opise konkretnih zadataka visokog nivoa. Korisnik servisa se u jednom kolaborativnom okruženju deklarira ciljevima koje želi da ostvari, koristeći koncepte njegovih sopstvenih ontologija. Pored korišćenih ontologija, medijatora za njihovo usaglašavanje, kao i ne-funkcionalnih karakteristika, definicija **cilja** obuhvata sposobnost i interfejs web servisa koje bi korisnik **želeo** da ima na raspolaganju. Takođe, definicija cilja može da predstavlja aksiom kojim se definišu **uslovi sposobnosti** nekog web servisa. Na primer, definicija cilja najniže cene se može koristiti za otkrivanje servisa nabavke određenog proizvoda u heterogenom okruženju različitih web servisa koji pružaju srodne informacije.

Slično načinu na koji korisnik definiše svoje ciljeve, provajder web servisa definiše i njegovu sposobnost, u kontekstu ontologija koje provajder koristi. WSMO model **web servisa** čine njegove ne-funkcionalne, funkcionalne i bihevioralne karakteristike. One se zasnivaju na uvezenim ontologijama i medijatorima, koji se mogu koristiti za rešavanje konflikata između različitih uvezenih ontologija ili uspostavljanje saglasja između različitih procesa i protokola koji se koriste u domenu funkcionisanja web servisa. Ne-funkcionalne karakteristike predstavljaju **parametre ili logičke izraze** kojima se reprezentuju uslovi korišćenja web servisa (cena, naplata) [9] ili njegova tačnost, kvalitet usluga sa stanovišta infrastrukture, performanse, pouzdanost, skalabilnost, sigurnost i dr. [10]. Sposobnošću jednog web servisa (*capability*) obuhvaćene su njegove funkcionalne karakteristike. Osnovni elementi njegove sposobnosti su aksiomi: preduslovi (*postcondition*), pretpostavke (*assumption*), pauslovi (*postcondition*) i uticaji (*effects*).

Primer preduslova izvršenja web servisa je postojanje zahteva - web servis može pružiti traženu uslugu, samo ukoliko mu je prethodno poslat odgovarajući zahtev. U tom smislu, pauslovi se definišu kao pravila: ukoliko je zahtev određenog tipa, predviđenog nekim od preduslova, odgovarajući odgovor će biti dostavljen.

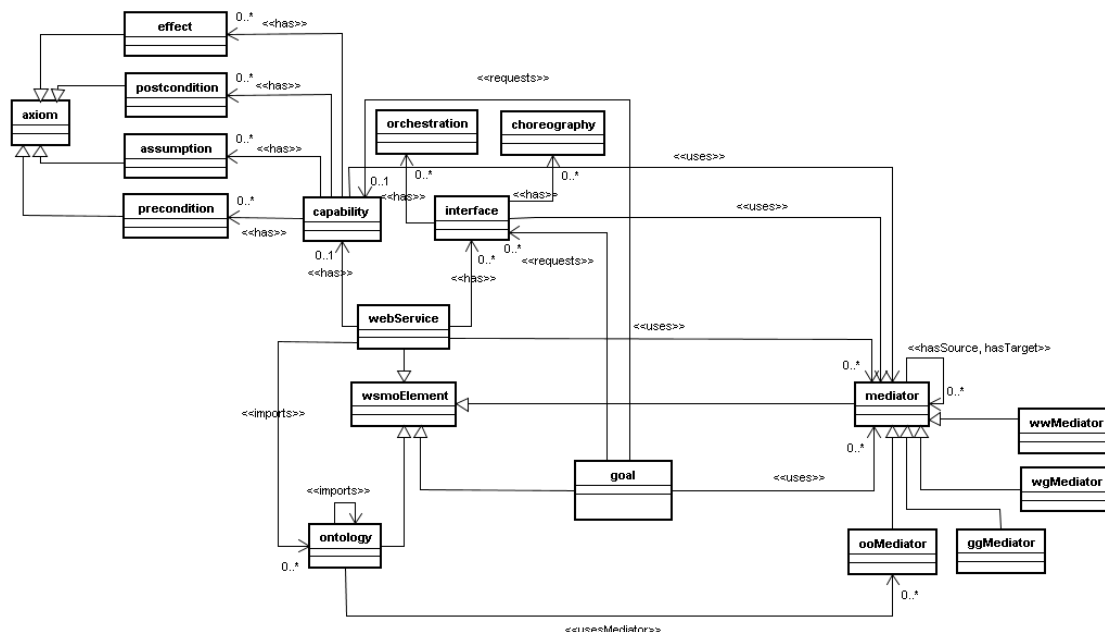
Bihevioralne karakteristike web servisa su realizovane modelom njegovog interfejsa – opisom načina na koji se funkcionalnost web servisa može ostvariti. **Koreografija**, kao prvi element njegovog interfejsa opisuje kako se sa web servisom komunicira, iz perspektive njegovog korisnika. Drugi element, **orkestracija**, opisuje kako

jedan web servis koristi druge web servise, radi postizanja njegove operativne sposobnosti.

Koreografija predstavlja ekvivalent WSDL interfejsa konvencionalnih web servisa. Ona obuhvata ontološke tipove zahteva koji se upućuje web servisu i njegovog odgovora, ali i tranziciona pravila – na primer, slanje predviđenog tipa zahteva, po prijemu predviđenog tipa odgovora.

Ukoliko provajder web servisa i njegov korisnik koriste iste ontologije, poređenje između deklaracije cilja korisnika i sposobnosti web servisa se vrši na direktan način. Na žalost, scenarija kolaboracije u kojima je ovo slučaj su izuzetno retka. Zato, WSMO predviđa korišćenje elementa čiji je cilj homogenizacija ukupnog

okruženja. Ona se ostvaruje primenom funkcije posredovanja – funkcije WSMO **medijatora**. Medijatori mogu da uspostave koherentnost 1) dva cilja, 2) različitih koncepata različitih korišćenih ontologija, 3) karakteristika web servisa definisanih iz perspektive njihovih provajdera i korisnika (ciljeva) i 4) različitih web servisa. Osnovne karakteristike medijacije 2 elementa WSMO su poreklo (*source*), odredište (*destination*) i usluga medijacije koja može ukazivati na 1) deklaraciju cilja koja opisuje preslikavanje, 2) web servis koji implementira mehanizam preslikavanja ili 3) drugi medijator element koji je vezan za web servis koji implementira mehanizam preslikavanja.



Slika 1. UML dijagram karakterističnih elemenata meta-modela WSMO

WSMX (Web Service Modelling Execution Environment) [11] predstavlja tehničku implementaciju WSMO i pretenduje da pruži potpunu podršku za interakciju sa semantičkim web servisima. Osnovne funkcije WSMX su:

- Registracija i kompajliranje opisa i entiteta semantičkih web servisa,
- Održavanje repozitorijuma semantički reprezentovanih web servisa, ontologija i medijatora,
- Dinamička selekcija web servisa na osnovu definisanog korisničkog cilja i njegovo pozivanje,
- Medijacija podataka i protokola na putu između korisnika i provajdera web servisa.

U B2B okruženju, WSMX sistem predstavlja centralno mesto *hub-and-spoke* arhitekture i sam se eksponira kao web servis, čime se uklanja potreba integracije za kreiranjem specifičnih adaptera.

3. KA SEMANTIČKIM MREŽAMA SNABDEVANJA

Relevantna studija aktuelnog istraživanja u oblasti upravljanja lancima snabdevanja [15] pokazuje da ono nije uspelo da sagleda skup individualnih preduzeća koja

čine jedan lanac snabdevanja kao integralni poslovni entitet. Jedan deo odgovornosti za neuspeh u stvaranju tzv. proširenih preduzeća (*extended enterprise*) [16] se vezuje za slabosti postojećih pristupa **integracije poslovnih informacionih sistema**. Naime, nijedan od njih nije uspeo da u potpunosti reši problem **heterogenosti** ICT okruženja u okviru kojeg je potrebno podržati kolaboraciju partnera. To je još jedan od razloga zbog kojeg se u razvoj ove oblasti danas investira najviše sredstava. Ipak, nove ekonomske okolnosti ukazuju na to da će izazovi integracije biti sve veći.

Primarni interes integracije je da omogući svakom preduzeću u lancu snabdevanja da unutar svog poslovnog informacionog sistema pregleda ili ažurira informacije iz domena poslovanja svojih partnera, odnosno sa aspekta ukupnog lanca snabdevanja. Ovo omogućavaju izuzetno kompleksna B2B okruženja, kao što su EDI, RosettaNet ili ebXML. S obzirom na to da investicije u uspostavljanje ovakvih okruženja mogu biti značajne, jednom uspostavljena partnerstva imaju dugoročni karakter i mogu biti rigidna.

Ipak, tradicionalni načini kolaboracije preduzeća u stabilnim lancima snabdevanja, zasnovani na dugoročnim

partnerstvima, nisu održivi u savremenim ekonomskim okolnostima [17]. Osnovni razlozi za to su **konkurentnost** i **dinamičnost** savremenog tržišta, koju karakteriše nepredvidiva tražnja za određenim proizvodom ili uslugom, izuzetno kratkog veka. Agilnost jednog lanca snabdevanja predstavlja osnovni faktor njegove konkurentnosti. Naime, proizvođači žele mogućnost uspostavljanja *ad-hoc* veza, koje će im obezbediti zamenu postojećih partnera sa svojim konkurentnijim alternativama ili uključivanje novog dobavljača koji smanjuje stepen zavisnosti od postojećeg. Dodatni pritisak na proizvođače čini i kontinuirani rast diverzifikacije tražnje, sa aspekta zahteva tržišta za sve većim stepenom kastomizacije proizvoda i usluga, odnosno, prilagođavanjem vrlo specifičnim potrebama klijenata, sa odzivom, koji mora biti blizak onom koji se ostvaruje u modelu proizvodnje za nepoznatog kupca (*make-to-stock*).

Direktne posledice ovih okolnosti su **skraćivanje životnog veka konvencionalnih lanaca snabdevanja** i povećana neizvesnost ukupnog kolaboracionog ambijenta. S obzirom na to da su mala i srednja preduzeća dominantno prisutna u velikim lancima snabdevanja, iz gore navedenog proističe i uslov njihovog kontinuiteta – aktivno učešće MSP u **što većem broju** lanaca snabdevanja, bez negativnih efekata restrukturiranja ili adaptacije na ukupno poslovanje, odnosno, fleksibilnost i agilnost njihovog poslovanja. Savremeni koncepti poslovnog umrežavanja su proistekli upravo iz ovih pretpostavki. Investiranje u stvaranje strateških partnerstava, osim u jednom broju slučajeva, više nema osnova. Zato, industrija počinje da traži rešenja za problem brzog stvaranja privremenih veza, sa ciljem da se omogući efikasna kolaboracija **slabo povezanih** preduzeća različitih specijalnosti i umrežavanje njihovih ključnih kompetencija radi ispunjenja **kratkoročnih ciljeva**.

Sredinom osamdesetih, predložen je koncept eksternih grupa [18], “dinamičkih mreža“, koje predstavljaju kombinacije 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, koja se brzo udružuju sa ciljem eksploatacije tržišne prilike [19]. 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 ka 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 konfigurisu na način kojim se maksimizuje učinak i kvalitet odziva na pojavu tržišne prilike. Dve osnovne grupe problema funkcionisanja jedne inter-organizacione mreže su **selekcija** kompetentnih partnera virtuelnog preduzeća i kolaboracija, odnosno implementacija **inter-organizacionih procesa**.

Analiza istraživanja i prakse pokazuje da se selekcija partnera virtuelnih preduzeća uobičajeno vrši primenom analitičkih metoda, kao što je AHP (*Analytic Hierarchy Process*) [20], dok se u domenu implementacije konzistentnih inter-organizacionih procesa, često promovise korišćenje referentnih modela (DoDAF, FEAF, SCOR) i semantičko preslikavanje individualnih poslovnih procesa u predefinisane šablone, nezavisne od konteksta primene. Komunikacija ovako mapiranih procesa se vrši putem interfejsa, implementiranih proizvoljnom, ali unapred definisanom tehnologijom ili standardom [21]. U oba domena, za ekspoziciju elemenata kompetentnosti partnera i interfejsa ka internim procesima, promovise se korišćenje konvencionalnih web servisa, veoma često u sprezi sa tehnologijom softverskih agenata.

3.1. PROBLEM HETEROGENOSTI

Ipak, nijedan od konvencionalnih modela ne rešava u potpunosti ključne probleme integracije – heterogenost podataka i procesa.

Kao što je već pomenuto, u agilnim poslovnim mrežama postoji imperativ *ad-hoc* komunikacije, kojom se povećava responsivnost partnera, odnosno domen interakcije dva ili više preduzeća u lancu snabdevanja. Ipak, *ad-hoc* komunikaciju karakteriše terminološka, ali i konceptualna raznovrsnost, koja predstavlja ogroman rizik za integrisanu saradnju. Na primer, prečnik usisne grane centrifugalne pumpe se može predstaviti u različitim jedinicama mere, pri čemu se u komunikaciji uobičajeno koristi samo njegova vrednost. Dalje, standardno pakovanje određene vrste ulja jednog proizvođača sadrži 1,5 litara ulja, dok je kod drugog ono 1 litar. Ova nesaglasja se mogu otkriti tek istraživanjem sadržaja same poruke ili, još gore, istraživanjem uzroka grešaka koje su nastale usled njih.

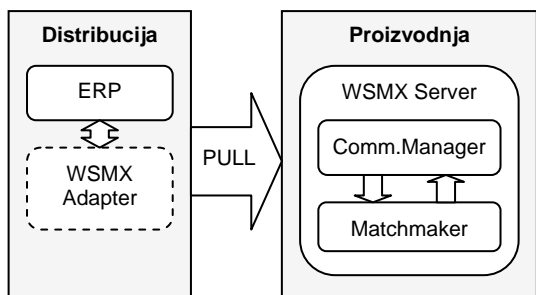
Čak ni postojeće industrijske šeme za kategorizaciju proizvoda, kao što su UNSPSC ili eClass, ne karakteriše semantička preciznost koja može da podrži *ad-hoc* komunikaciju. Na primer, jedan proizvod – pumpa za vodu, se može opisati svojom funkcionalnom reprezentacijom (UNSPSC kod 4015151) i sa najmanje dve konstrukcije (40151503, centrifugalna pumpa, i 40151546, aksijalna pumpa). Štaviše, pumpe za vodu visokog pritiska se mogu realizovati i kao višestepene, čiji kod i ne postoji u UNSPSC klasifikaciji.

Ovi primeri ukazuju na izuzetno važan zaključak, vezan za korišćenje postojećih B2B okruženja – oni su validni samo u čvrsto predefinisanim kontekstima. Drugim rečima, proizvođač i dobavljač moraju unapred definisati sadržaj i format poruke koju razmenjuju u jednom lancu snabdevanja.

Pored heterogenosti podataka, još jedan problem *ad-hoc* integracije predstavlja heterogenost procesa. Tipičan primer heterogenosti procesa predstavlja proces obrade narudžbina. Tamo gde jedan dobavljač podrazumeva formiranje pojedinačnih narudžbina i dodatni zahtev za aktiviranjem prethodno poslatih, drugi očekuje zahtev koji čini grupa narudžbina. Ukoliko proizvođač toga nije svestan, može doći u situaciju da nakon poslate narudžbine ne pošalje i zahtev za njenim aktiviranjem i time dovede u rizik njenu obradu i ispunjenje u predviđenom periodu.

3.2. PRIMENA WSMO U LANCIMA SNABDEVANJA

S obzirom na to da se distribucija ili prodaja nalaze na samom vrhu lanaca snabdevanja, njihova komunikacija sa dobavljačima se veoma često vrši *pull* interakcijama - distributeri pozivaju odgovarajuće servise svojih dobavljača. Ovakav oblik interakcije u lancima snabdevanja je karakterističan za saradnju u kojoj proizvođači imaju dominantnu ulogu u izgradnji svoje distributivne mreže, npr. kod franšiza. U ovom slučaju, pristup implementaciji semantičke platforme za upravljanje lancima snabdevanja podrazumeva implementaciju WSMX servera na strani dobavljača (vidi sliku 2).



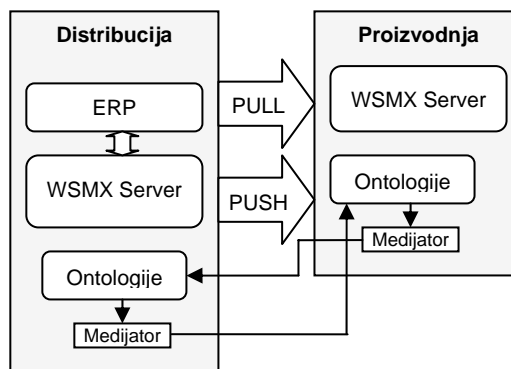
Slika 2. Arhitektura semantičkog sistema za upravljanje lancem snabdevanja Pull tipa

Za integrisanu komunikaciju sa dobavljačem, distributer instalira odgovarajući WSMX adapter. On upravlja zalihama koristeći odgovarajući modul svog ERP sistema, pri čemu je jedna od njegovih funkcija - automatsko iniciranje narudžbina, u slučaju kada se stanje zaliha spusti ispod definisane veličine. Ova narudžbina se formira kao **WSMO cilj** i, posredstvom WSMX adaptera, prosleđuje proizvođaču. *Communication Manager* modul WSMX servera proizvođača prihvata poruku sa WSMO ciljem i prosleđuje je *Matchmaker* modulu, čija je funkcija da pronade web servis čije **spособnosti** odgovaraju **cilju** iz WSMO poruke. Uobičajeno, pošto se radi o direktnoj komunikaciji, samo jedan servis odgovara ovom cilju - on se izvršava tako što se uz definiciju cilja prosleđuje i njegova instanca. Ipak, proizvođač može biti i deo mreže, odnosno, klastera koji omogućava ekspoziciju sposobnosti odgovarajućih servisa svih proizvođača iz klastera, ukoliko primarni proizvođač ne može da ostvari zahtevani cilj. Ukoliko sposobnosti više servisa odgovaraju WSMO cilju, WSMX poruka sa opisom njihovih sposobnosti se vraća WSMX adapteru, nakon čega se vrši izbor odgovarajućeg servisa - primenom

pravila implementiranih u ERP sistemu ili ručno - na osnovu odluke menadžmenta. U ovom slučaju, automatski izbor nije moguć - on podrazumeva definisanje kriterijuma izbora, odnosno povlašćeni pristup WSMX serveru, koji distributer - nema.

Arhitektura *pull* tipa afirmiše proizvođača i njegove interese. Korišćenjem WSMX adaptera, distributer je vezan za usluge određenog proizvođača, čime se umanjuje njegova konkurentnost, ali povećavaju izvesnost kontinuiteta poslovanja proizvođača i prostor za uvećanje njegovih margina.

Ovaj scenario nije moguće primeniti u situaciji u kojoj malo ili srednje preduzeće želi da plasira novi, eventualno, specijalizovani proizvod na usko profilisano tržište. U ovom slučaju, zavisnost njegovog poslovanja od distribucije je mnogo veća, što opredeljuje i njenu povlašćeniju ulogu u poslovnoj saradnji. Radi zadovoljenja specifičnih potreba tržišta, formiraju se distributivni centri sa aktivnijom ulogom u lancu snabdevanja i snažnijom i fleksibilnijom komunikacionom infrastrukturom. Drugi pristup arhitekture semantičkog sistema za upravljanje lancem snabdevanja podrazumeva implementaciju WSMX servera od strane distributera (vidi sliku 3).



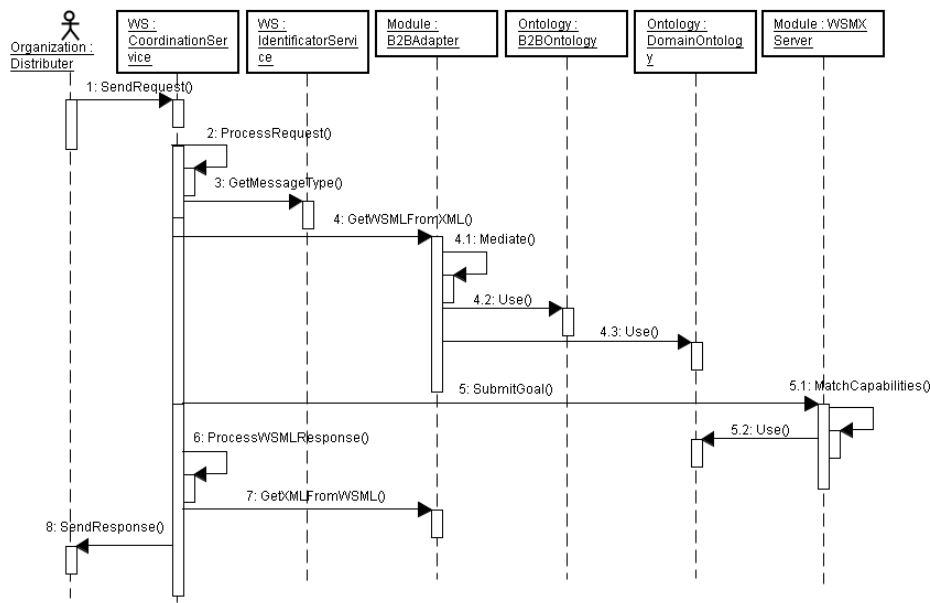
Slika 3. Arhitektura semantičkog sistema za upravljanje lancem snabdevanja Push/Pull tipa

U ovom slučaju, distributer je fleksibilniji - u odsustvu WSMX adaptera, on ostvaruje manje čvrste veze sa svojim dobavljačima i, samim tim - konkurentnije poslovanje i dinamičniji lanac snabdevanja. Sada, distributer otkriva web servise čije **spособnosti** odgovaraju njegovim **ciljevima**, i to - komunicirajući sa WSMX serverima svojih dobavljača, koji se u ovom slučaju mogu ponašati kao konvencionalni web servisi. Pritom interni WSMX server distributera se koristi za implementaciju kriterijuma za selekciju. Distributer može da koristi svoje ontologije za opis **ciljeva** - WSMX server će pronaći web servise sa odgovarajućim sposobnostima sve dok postoje **medijatori** koji će se koristiti za preslikavanje **ontologija ciljeva** distributera i **spособnosti** dobavljača. Konačno, posredstvom WSMX servera, distributer može da eksponira svoje **spособnosti** (*push* interakcije) - dostavljanje različitih izveštaja i prognoza svojim dobavljačima, ali i eksponiranje servisa za dostavljanje trenutnog stanja zaliha i ponude relevantne za njihovu popunu.

Iako oni otkrivaju potencijal WSMO elemenata, nijedan od ova dva modela ne treba koristiti kao referentne za izgradnju semantičkih mreža snabdevanja. Oba modela podrazumevaju osposobljenost svih partnera mreže da obezbede semantičke servise, ili da ih barem podrže. Takođe, ne treba preceniti i sposobnost preduzeća da održavaju domenske ontologije, koje bi se koristile za formulisanje WSMO ciljeva ili da pozivaju semantičke web servise. Korišćenje centralizovanog WSMX servera predstavlja realistično rešenje, a favorizovanost partnera u obezbeđenju kolaboracione infrastrukture se može izbeći pružanjem nezavisnih usluga posredovanja u

kreiranju i koordinaciji mreža snabdevanja – virtuelnih preduzeća. Ove usluge mogu nuditi poslovni brokeri ili arhitekti – konsultantska preduzeća za podršku održavanja životnog veka virtuelnih preduzeća – semantičkih mreža snabdevanja.

S obzirom na sve veću složenost savremenih lanaca snabdevanja, ne treba zanemariti postojeće B2B infrastrukture, kao što su RosettaNet ili ebXML, za ostvarenje konzistentne komunikacije. Na slici 4, prikazan je jedan scenario komunikacije distributera i proizvođača, koji podrazumeva puno iskorišćavanje prednosti B2B standarda i semantičkih web servisa.



Slika 4. Tehnički scenario hibridne komunikacije

U predstavljenom scenariju, dominantnu ulogu ima *CoordinationService*, konvencionalni web servis čija je uloga da prihvati narudžbinu distributera - XML poruku koja može biti u bilo kom B2B standardnom formatu. On prepoznaje tip formata i poziva *B2BAdapter* modul, koji vrši XSLT transformaciju XML poruku u **WSMO cilj**, odnosno njegovu WSML reprezentaciju. XSLT transformacija XML poruke se vrši na osnovu referenci između centralne domenske ontologije i odgovarajuće ontološke reprezentacije korišćenog B2B standarda, koja se takođe može generisati XSLT transformacijom u odgovarajući WSML kod. Za uspostavljanje ovih referenci, koristi se odgovarajući **WSMO medijator**.

Sada, WSMO cilj se šalje WSMX serveru, koji vrši pretraživanje repozitorijuma semantičkih web servisa, identifikuje one čije sposobnosti odgovaraju cilju i bira jedan koji zadovoljava definisane kriterijume na najbolji način. Na samom kraju procesa, *CoordinationService* transformiše WSML instancu cilja (XSLT) u odgovarajuću XML strukturu i dostavlja je korisniku servisa za obradu narudžbina, odnosno, distributeru.

4. ZAKLJUČCI

Postoji prilično široki konsenzus da SOA tehnologije, pre svega – web servisi, predstavljaju temelj svih budućih tehničkih napora vezanih za integraciju. Čak i na samom konceptualnom nivou, inovativni pristup projektovanju

informativnih 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 uspjeli 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.

Čini se da su pojava i razvoj WSMO doprineli povećanju optimizma industrije kada se govori o rešavanju problema svih problema integracije poslovnih sistema – heterogenosti. Ipak, iako je istraživačka zajednica veoma posvećena realizaciji semantičke SOA, tvrdi se [22] 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, odnosno njihova anotacija ontološkim elementima može biti ekstremno složen i rizičan zadatak.

5. LITERATURA

[1] Hamel, G., *Bringing Silicon Valley Inside*, Harvard Business Review, September – October, pp.71-84, 1999

[2] Katzy, B.R., Dissel, M., *A toolset for building the virtual enterprise*, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol.12, No.2, pp.121-131, 2001

[3] Goldman, S.L., Nagel, R.N., Preiss, K., *Agile Competitors and Virtual Organizations – Strategies for Enriching the Customer*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1995

[4] Vanderhaeghen, D., Loos, P., *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, 2007

[5] Namin, A.S., Shen, W., Ghenniwa, H., *Web services / Agent-based model for inter-enterprise collaboration*, IFIP International Federation for Information Processing, Springer Boston, Vol.159, pp.231-240, 2005

[6] Young, C., Le, J., *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, 2004

[7] Euzenat, J., *Towards a principled approach to semantic interoperability*, In Proceedings of IJCAI workshop on Ontologies and information sharing, Seattle (WA), US, 2001

[8] de Bruijn, J., Bussler, C., Domingue, J., Fensel, D., Hepp, M., Kifer, M., Konig-Ries, B., Kopecky, J., Lara, R., Oren, E., Polleres, A., Scicluna, J., Stollberg, M., *Web Service Modelling Ontology (WSMO)*, 2006

[9] O’Sullivan, J., Edmond, D. i Ter Hofstede, A., *What is a Service?: Towards Accurate Description of Non-Functional Properties*, Distributed and Parallel Database, No.12, pp.117-133, 2002

[10] Rajesh, S. i Arulazi, D., *Quality of Service for Web Services-Demystification, Limitations and Best Practices*, <http://www.developer.com/services/article.php/2027911>, 2003

[11] Oren, E., Wahler, A., Schreder, B., Balaban, A., Zaremba, M. i Zaremba, M., *Demonstrating WSMX: Least Cost Supply Management*, Proceedings of the 1st WSMO Implementation Workshop (WIW2004). Frankfurt, Germany, 2004

[15] Sachan, A., Datta, S., *Review of supply chain management and logistics research*, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol.35, No.9, pp. 664-705, 2005

[16] Childe, S.J., *The extended enterprise – a concept of co-operation*, Production Planning and Control, Vol.9, No.4, pp.320-327, 1998

[17] Hamel, G., *Bringing Silicon Valley Inside*, Harvard Business Review, September – October, pp.71-84, 1999

[18] Miles, R.E., Snow, C.C., *Fit, failure and hall of fame*, California Management Review, Vol.26, No.3, pp.10-28, 1984

[19] Browne, J., Zhang, J., *Extended and virtual enterprises – similarities and differences*, International Journal of Agile Management Systems, Vol.1, No.1, pp.30-36, 1999

[20] Sari, B., Se, T., Kilic, E.S., *Formation of dynamic virtual enterprises and enterprise networks*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.34, No.11-12, pp.1246-1262, 2006

[21] Choi, Y., Kang, D., Chae, H., Kim, K., *An enterprise architecture framework for collaboration of virtual enterprise chains*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006

[22] Metcalf, C., Lewis, G., *Model Problems in Technologies for Interoperability: OWL Web Ontology Language for Services (OWL-S)*, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 2006