[1]

Uporedna analiza modelom-upravljanih rešenja za orkestraciju servisa

Ana Marković

***Sadržaj* — Nasuprot monolitnim sistemima koji imaju svest o unutrašnjoj strukturi i organizaciji komponenti, kod servisne arhitekture čija orkestracija ne podrazumeva poznavanje unutrašnje organizacije pojedinačnih servisa, glavni problem je povezivanje elemenata i formiranje podrške za njihovu saradnju. Jedan od pristupa u modelovanju distribuiranih sistema jeste da se mehanizmi orkestracije delegiraju srednjem sloju koji pored okupljanja servisa može biti zadužen i za njihovo slaganje. Karakteristično za orkestraciju u servisnim okruženjima je da ona može biti statičke ili dinamičke prirode, gde dinamička orkestracija podrazumeva bilo promenu statički definisane orkestracije bilo promenu pravila orkestriranja u zavisnosti od konteksta. Cilj ovog rada je da predstavi neka od dosadašnjih rešenja za orkestriranje servisa, istakne prednosti i mane tih pristupa i da podlogu za kreiranje meta-modela koji će služiti kao osnov za modelovanje kontekst-zavisnog srednjeg sloja u servisno-orijentisanim arhitekturama.**

***Ključne reči* — servisno-orijentisana arhitektura, orkestracija servisa, kontekst-zavisna orkestracija, modelom-upravljan razvoj servisnih arhitektura**

I. UVOD

Termin SOA (servisno-orijentisana arhitektura) se odnosi na koncept projektovanja softvera kod koga je akcenat na labavom povezivanju ponovno upotrebljivih funkcija kompleksnog IT sistema. Servise, kao osnovne jedinice SOA, karakteriše visok nivo apstrakcije, zbog čega mogu biti predstavljeni u formi "crne kutije" *(black bo*x). Ukoliko servis opišemo kao informacionu uslugu dostupnu uz oslonac na mrežnu infrastrukturu, pojam "crna kutija" implicira da je mehanizam dobavljanja resursa skriven iza interfejsa i da detalji

[1] Marković Ana,. Autor, Računarski fakultet, Srbija; (email: amarkovic@raf.edu.rs).

njegove implementacije ostaju nepoznati pozivaocu. S obzirom na to da je servis u ovakvom okruženju je nezavisan od implementacije – korisnici i provajderi servisa mogu biti na različitim platformama, a kompatibilnost se osigurava komunikacionim protokolima i standardima poruka. Dodatno, servisi ne čuvaju podatak o stanju - svi udaljeni pozivi su nezavisni jedni od drugih, čime je optimizovana upotreba resursa: prilikom svakog poziva će biti ili izvršena enkapsulirana funkcionalnost ili vraćena poruka o grešci.

Još jedan od osnovnih principa servisne arhitekture predstavlja kompozicija servisa. Pored toga što su autonomni i zatvorene prirode, za servise važi i da mogu učestvovati u formiranju drugih servisa, tj. servis može biti ili nerazloživa jedinica sistema ili može biti sačinjen iz grupe logički povezanih komponenti. Kako slaganje servisa ima za cilj da omogući ponudu novih funkcionalnosti sistema bez potrebe za dodatnim programiranjem, neophodno je da se obezbedi saradnja između postojećih servisa. Mehanizmi povezivanja servisa u logičke celine se mogu podeliti u nekoliko kategorija [1]:

-Orkestracija. Postoji jedan element koji upravlja elementima kompozicije i njenim izvršavanjem i on se naziva orkestrator. Po definiciji, orkestrator je nezavisan element i ne pripada skupu servisa koji se orkestriraju.

-Koreografija. Elementi interaguju bez direktive. Iako su autonomni, svaki prati unapred definisan obrazac ponašanja.

-Kolaboracija. Elementi su potpuno samostalni i ponašaju se u skladu sa svojom internom logikom, inicirajući interakciju sa drugim elementima prema sopstvenom nahođenju. Drugim rečima, ne postoji unapred određen tok kolaboracije, već do interagovanja dolazi proizvoljno u toku izvršavanja.

Dosadašnja literatura predlaže veliki broj modela i alata za opisivanje složenih poslovnih procesa. Generalno gledano, postoji nekoliko osnovnih podela u koje možemo svrtstati pristupe orkestriranju. Naime, pored dinamičke i statičke kompozicije, koje Čakraborti još naziva *on-lin*e i *off-line* slaganjem [2], postoje i rešenja koja nude centralizovane odnosno distribuirane mehanizme za kreiranje kompozitnih servisa. U distribuiranim okruženjima je ideja da servis provajderi sarađuju između sebe kako bi definisali servise koji se sastoje iz više sitnijih granulata. Međutim, to dovodi u pitanje nivo poverenja koji mora da postoji između provajdera kako bi se garantovalo uspešno izvršavanje ovako nastale usluge [3]. Sa druge strane, centralizovani pristup zahteva postojanje komponente koji će preuzeti odgovornost za izvršavanje procesa, što ga ujedno čini i jednostavnijim.

Pored osnovnih razlika u funkcionisanju samog sistema za orkestraciju,

postoje velike razlike i u načinu kreiranja opisa servisa i orkestratora u trenutku dizajna (design-time). Dva glavna pravca su definisanje proširenja postojećih jezika i standarda i kreiranje nezavisnih domen-specifičnih jezika. U narednim poglavljima su predstavljena dosadašnja rešenja za orkestraciju iz oblasti modelom-upravljanog razvoja, i statičke i dinamičke prirode, sa ciljem da se izloži detaljna analiza domena problema koja će postaviti temelje za formiranje meta-modela za dinamičku orkestraciju.

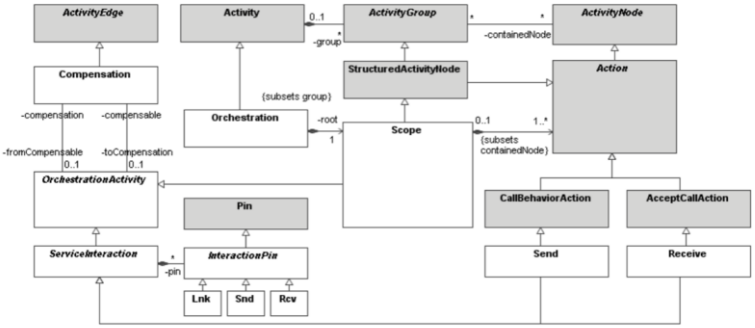
II. MODELOVANJE ORKESTRACIJE UPOTREBOM UML-A

UML (*Unified Modelling Language*) je jezik iz domena softverskog inženjerstva namenjen da da standardan prikaz dizajna softverskih sistema. Samim tim, on se nameće kao prirodan izbor za modelovanje orkestracije. Ipak, njegovi stereotipi ne podržavaju osnovne SOA koncepte poput razmene poruka između servisa i provajdera, povezivanja servisa, transakcija, i događaja, čak ni u verziji UML2.

Majer i saradnici su dali predlog proširenja UML2 jezika tako da podrži rad sa servisnim arhitekturama [4]. Svoj meta-model su nazvali UML4SOA, i u njemu definisali stereotipe koji se direktno naslanjaju na UML2 koncepte. Naveli su da se orkestracija može predstaviti kao skup aktivnosti (*Activity*) i da ima svoj domen (*Scope*) koji čini niz akcija (*Action*) koje mogu biti pozvane da se izvrše. Meta-klase vezane za ove akcije predstavljaju podlogu za modelovanje interakcija jer se na zvanje akcije i prihvatanje poziva (*CallBehaviourAction* i *AcceptCallAction*) mogu dodati poruke za međuservisnu komunikaciju (*Send* i *Receive*). Poruke se šalju preko specijalizovanih pinova (InteractionPin) - konkretno pinovi tipa Snd i Rcv sadrže podatke koji treba da budu poslati/prihvaćeni tokom interakcije. Predviđeno je da procesi definisani ovim meta-modelom budu transformisani u BPEL (*Business Process Execution Language*) opis kako bi mogli da budu uključeni u kod.

Možemo zapaziti da ovakvo rešenje dopušta samo konfiguraciju procesa tokom faze dizajna. Sve promene u definiciji procesa zahtevaju promenu modela i ponovnu transformaciju do koda, i ne postoji mehanizam za interakciju sa okruženjem.

Na slici 2.1. je prikazan UML4SOA meta-model. Meta-klase iz UML2 su date sivom bojom, dok su dodati koncepti predstavljeni belom.



Sl. 2.1. UML4SOA meta-model.

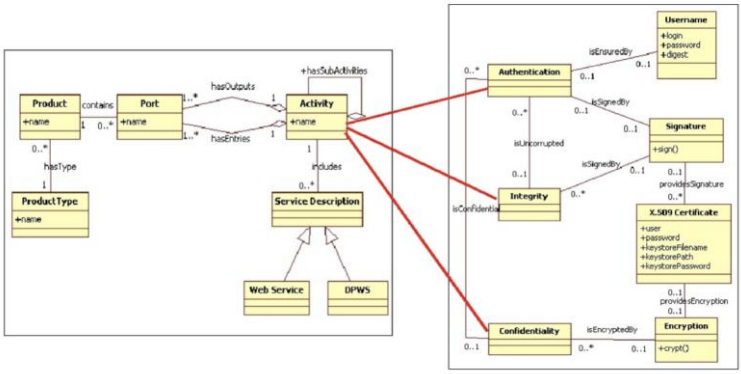
III. APSTRAKTNI OKVIR ZA MODELOVANJE ORKESTRACIJE

Da bi alat za podršku orkestriranju servisa bio modelom-upravljan, neophodno je da se zasniva na dva ključna koncepta: apstrakciji i razdvajanju, kako u svom radu "Proširiv apstraktni okvir za modelovanje orkestracije" navode Stefani Šolet i Filip Lalanda [5]. Njihov predlog je da se u toku dizajna radi sa orkestriranjem apstraktnih servisa, i da se tek u fazi generisanja koda akcenat prebaci na konkretne servise. Apstraktni servis je definisan funkcionalnim interfejsom i skupom nefunkcionalnih atributa namenjenih da konfigurišu servis pre korišćenja. Sam apstraktni servis može biti prost ili složen zavisno od toga da li ga čini kolekcija drugih apstraktnih servisa. Nije definisana orkestrator komponenta, tako da se složeni servisi mogu modelovati tako da tu logiku sadrži ili najviša instanca servisa (koja sadrži servise nižeg nivoa) ili se ta uloga može prepustiti nekom od konkretnih servisa nižeg nivoa. Set nefunkcionalnih atributa je neophodan za poziv udaljene funkcije - naime, oni tvrde da je svaki poziv veb servisa sličan i da ta operacija može podleći generisanju i da je generisanje poziva moguće jedino pod uslovom da postoji način da se tačno specificiraju interfejs i podaci koji će se razmeniti.

Ovaj meta-model predstavlja jezik visokog nivoa čiji su glavni gradivni elementi aktivnost i proizvod (*activity* i *product*). Aktivnost je korak procesa koji rezultuje akcijom - u ovom slučaju to je poziv servisa. Samim tim, ako

aktivnost posmatramo kao servis, on mora da poseduje portove koji omogućavaju komunikaciju sa drugim komponentama. Proizvod enkapsulira podatke za razmenu, i u ulozi je neke forme "paketa" koji putuje od porta do porta. Meta-model koji su napravili je zasnovan na FOCAS-u (*Framework for Orchestration, Composition and Aggregation of Services*) [6] koji orkestraciju deli na 3 sloja - domen servisa koji je formalno opisan Java interfejsima, i modele kontrole i podataka.

Ono što je posebno interesantno u ovom pristupu je što su *FOCAS* model proširili ne samo opisima servisa već i konceptima zaštite, vođeni time da su autorizacija, autentikacija, logovanje i nadgledanje sistema esencijalni u današnjoj IT industriji. Deo ovog meta-modela i njegovog proširenja je prikazan na slici 3.1. Jedna od njegovih glavnih prednosti je to što je lako proširiv upravo upotrebom metalinkova. Manjkavost ovog pristupa je ponovo to što je orkestracija statičke prirode, što dalje implicira da ukoliko želimo da podržimo i dinamičko orkestriranje i na taj način damo bolju podlogu za modelovanje srednjeg sloja, neophodno je da kreiramo poseban model kao dodatak za kontekstnu zavisnost koji bi se direktno naslonio na koncept slaganja aktivnosti.



Sl. 3.1. Prošireni *FOCAS* model.

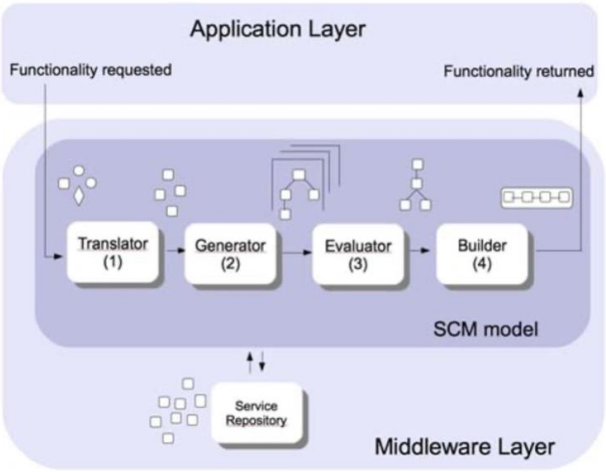
IV. MODEL SREDNJEG SLOJA ZA ORKESTRACIJU SERVISA

Nasuprot apstraktnom okviru i UML4SOA koji se fokusiraju na orkestraciju bez direktnog deklarisanja elementa koji će je voditi, SCM (*Service Composition Middleware Model*) je pristup orkestraciji zasnovan na postojanju srednjeg sloja koji ima ulogu da generiše složene servise i nadgleda njihovo izvršavanje. Zamišljen je kao apstraktni sloj, koji posmatra servise kao "crne kutije" i isti generalizovan pristup orkestriranja primenjuje bez obzira na njihovu konkretnu implementaciju [7]. On je u direktnoj interakciji sa aplikativnim slojem, i predstavlja posrednika u komunikaciji između korisničke i serverske strane. Samim tim, servisi ne odgovaraju na zahteve korisnika direktno, već prepuštaju srednjem sloju da ih presretne i prvi obradi. Na zahteve za funkcionalnostima koje dobije, broker odgovora pozivom servisa, bilo atomičnih koji se nalaze u njegovom registru servisa bilo kompozitnih.

SCM je podeljen na 4 komponente (*Translator, Generator, Evaluator, Builder*) koje učestvuju u izgradnji složenih servisa, pa se i sam proces kompozicije može razložiti na 4 koraka:

1. Aplikacije specificiraju funkcionalnosti koje su im potrebne i upućuju zahtev srednjem sloju. Komponenta prevodilac (*Translator*) preuzima zahtev i prevodi ga u jezik razumljiv brokeru.
2. Preveden zahtev prepušta *Generatoru*. *Generator* treba na osnovu raspoloživih servisa da napravi jedan ili više planova izvršavanja (mogućih kompozicija) i na taj način ponudi tražene funkcionalnosti. Plan slaganja, kao rezultat rada *Generatora*, sastoji se iz lanca interfejsa povezanih na osnovu sintaksičkih pravila ili nekim semantičkim metodama, što može biti prikazano grafički ili opisano jezikom posebno definisanim za tu namenu.
3. *Evaluator* bira najbolji od nastalih planova u zavisnosti od okruženja. Iako algoritam po kome bi se selektovao najoptimalniji plan nije izložen, naznačeno je da implementacija treba da uzme u obzir kontekst aplikacije, modela servisa, aktivnost na mreži…
4. *Builder* je zadužen za izvršenje selektovanog plana i komunikaciju sa konkretnim servisima da bi bio dostavljen rezultat složene funkcionalnosti.

Na slici 4.1. je prikazan generalni model SCM srednjeg sloja. Prednost ovog rešenja je visoka fleksibilnost, jer je u osnovi ideja za projektovanje srednjeg sloja. Radi samo sa dinamičkom orkestracijom, što je korisno za današnje sisteme čija je priroda promenljiva. Ipak, može se reći da je rešenje suviše apstraktno, jer model ne opisuje način interakcije sa okruženjem, niti način čuvanja konteksta i mehanizme reagovanja na njegove promene - to je prepušteno projektantu da reši u fazi dizajna sistema.



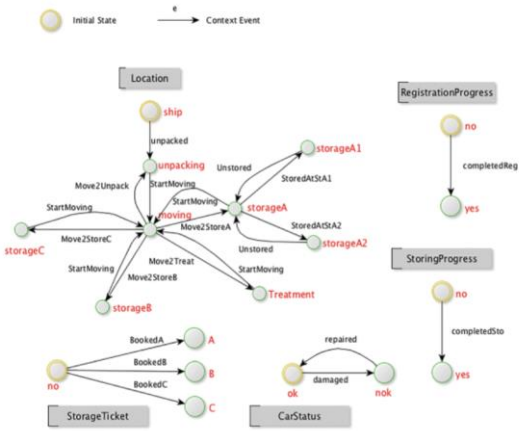
Sl. 4.1. SCM arhitektura.

V. KONTEKST-ZAVISAN OKVIR ZA DINAMIČKO SLAGANJE PROCESA

Jedno od novijih istraživanja fokusira se na kompoziciju fragmenata procesa umesto konkretnih servisa. Fragment predstavlja ponovno upotrebljivi deo procesa ili generalno znanje o njemu koje se može iskoristiti u stvaranju složenih procesa [8]. Ukoliko kompoziciju servisa posmatramo kao složeni proces koji treba izvršiti, ideja iza ovoga je da se konkretni procesi i implementacije mogu menjati u zavisnosti od konteksta, ali da se njihov kostur može iznova koristiti.

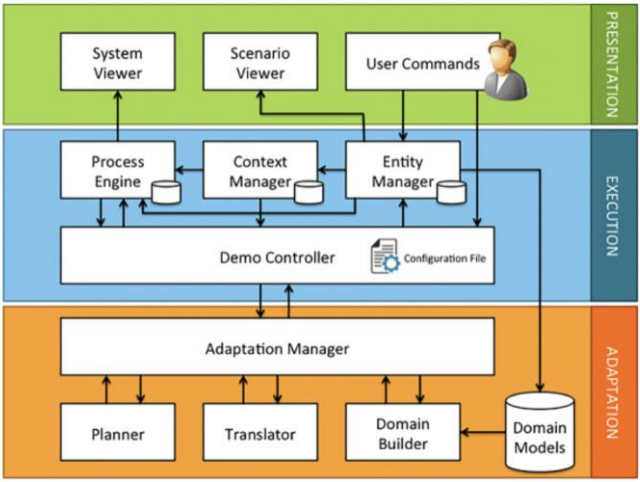
Bućiarone i saradnici su dali novi pristup orkestraciji koji koristi APFL (*Adaptable Pervasive Flows Language*), proširenje BPEL-a, za modelovanje procesa i zasniva se na modelovanju apstraktnih aktivnosti. Apstraktne aktivnosti su zadaci koje može da modeluje čovek, a apstrakcija postoji jer konkretna implementacija direktno zavisi od konteksta. Drugim rečima, modelovanje pokriva stvaranje procesa samo delimično: uzima u obzir korake procesa i to kako bi generalno trebalo da izgleda njegov tok, međutim kako će stvarno biti izvršen zadatak odlučuje orkestrator u toku izvršavanja. On ima sposobnost da, u zavisnosti od konteksta, dinamički menja apstraktno modelovanu aktivnost odgovarajućom kompozicijom fragmenata.

Sa stanovišta modelovanja, fragmenti se predstavljaju kao sistem obeleženih prelaza, što fragment-orijentisane procese svodi na automat. Na slici 5.1. je ilustrovan primer parkiranja auta, prikazan kroz stanja koja su u stvari fragmenti ovog složenog procesa. Prelazi između različitih stanja su dati kao događaji okruženja, gde se vidi da rad svakog fragmenta ostavlja trag u konteksu, tj. da su događaji zapravo posledice njihovog izvršenja. Svaki fragment se može dodatno opisati preduslovom i efektom: preduslov govori iz kojih stanja konteksta je njegovo izvršavanje dozvoljeno, dok efekat opisuje događaje koje će fragment izazvati nakon što se izvrši, a ti dotatni opisi su u formi anotacije na osnovu atributa iz okruženja.



Sl. 5.1. Primer parkiranja auta u fragment-orijentisanom sistemu.

Sam radni okvir (*framework*) se zasniva na proširenju *ASTRO-CAptEvo*[9] okvira, čija je višeslojna arhitektura prikazana na slici 5.2. Dodatne funkcije su ubačene na nivou adaptacije (*Adaptation*) - taj sloj prihvata apstraktnu aktivnost i cilj izvršavanja zajedno sa informacijom o kontekstu, i treba da od njih kreira orkestraciju sa konkretnim fragmentima i planovima izvršavanja. Taj element se potom prosleđuje višim slojevima na obradu, da bismo na kraju dobili tačnu implementaciju procesa koji se na početku posmatrao.



Sl. 5.2. *ASTRO-CAptEvo* radni okvir.

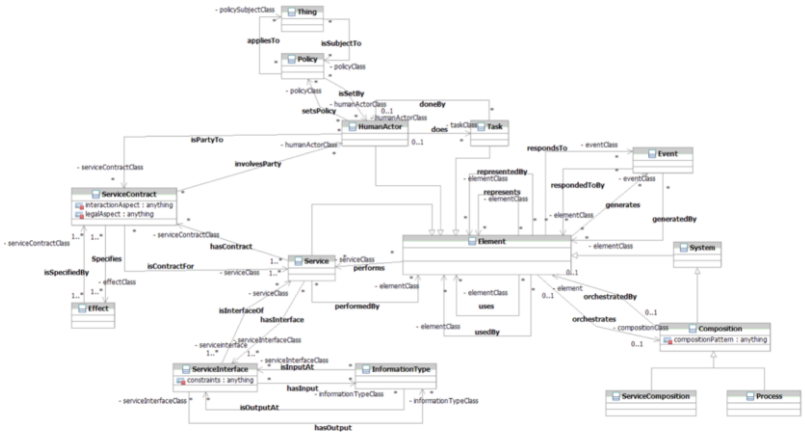
Možemo zapaziti da, kao i u SCM pristupu, postoje komponente za prevođenje i planiranje. Dok je glavna uloga *Planner*-a vrlo slična onoj koju predlaže SCM rešenje - da kreira plan potencijalnih orkestracija na osnovu okruženja - prevodilac se ne bavi obradom zahteva koji dolaze iz spoljašnjeg sveta, već je njegova primarna aktivnost prevođenje problema iz domena kompozicije u domen planiranja. Dodatno, nakon što planer završi sa svojom

obradom, rezultat se vraća prevodiocu da ga iz plana pretvori u proces koji može da se izvrši.

Ovaj pristup kompoziciji je vrlo kompleksan ali uspeva da obuhvati dinamičku orkestraciju zahvaljujući razlaganju složenih servisa i procesa na manje celine i njihovom ponovnom uklapanju u toku izvršavanja. Ne samo da uključuje stanja okruženja, već pruža mogućnost izmene procesa u zavisnosti od konteksta u toku rada sistema, što daje podlogu za kreiranje servisa zavisnih od stanja (*stateful*). S obzirom na to da su mikroservisne arhitekture danas najčešće zasnovane na REST (*Representational state transfer*) protokolu koji je po definiciji bez stanja, ovakav pristup je potpuno nov pogled ne samo na orkestriranje, već i na pisanje servisa. *ASTRO-CAptEvo* daje osnovu za modelovanje samo-adaptirajućeg srednjeg sloja, a u kombinaciji sa servisima koji čuvaju informaciju o stanju bi mogao da u potpunosti promeni koncept SOA.

VI. THE OPEN GROUP META-MODEL ZA RAZVOJ SERVISNIH ARHITEKTURA

U osnovi ovog meta-modela (slika 6.1.) se nalaze klase *Element* i *System*, na čijim temeljima su zasnovani svi glavni gradivni elementi SOA. Činjenica je da se u literaturi često koristi termin komponenta umesto element, pa se oni i u ovom modelu mogu posmatrati kao sinonimi. *Element* je zatvorena jedinica sistema, koja je nedeljiva celina na posmatranom nivou apstrakcije. Detaljno su razmotrene 4 specijalizacije elementa u kontekstu SOA: servis, sistem, akter i zadatak (opisani klasama *Service*, *System*, *HumanActor* i *Task*, respektivno). Za elemente su karakteristične asocijacije korišćenja, odnosno interakcije. Pod vezama *used* i *usedBy* se uglavnom misli na direktnu interakciju između dva elementa (na primer, neko koristi servis), ali se ovom vezom mogu opisati i indirektne interakcije poput pripadanja sistemu (sistem koristi element) i jaka spregnutost između elemennata u kompoziciji.



Sl. 6.1. The Open Group meta-model za razvoj servisnih arhitektura

Kompozicija je izdvojena kao potklasa sistema i napravljena je razlika između složenih servisa i procesa: prema definiciji ovog modela složeni servisi su nastali kombinovanjem servisa dok su u u procese uključeni i akteri i zadaci. Ono što je karakteristično za OG tehnički standard je da je kao parametar kompozicije postavljen podatak o šablonu po kome se slaže. Šablon se odnosi na pristupe slaganju - orkestraciju, koreografiju i kolaboraciju, opisane u uvodnom poglavlju. Ne postoji ograničenje nad vrednošću ovog polja, dokle god ono ima uputstvo kako se slažu elementi koji učestvuju u kompoziciji.

Ako posmatramo samo slučaj orkestracije, ovaj šablon je podržan vezom između kompozicije i elementa. Naime, već smo definisali da ukoliko je reč o orkestraciji, mora da postoji orkestrator, odnosno element koji će nadgledati orkestraciju. U jednom smeru, kompozicija ima najviše jedan element koji je orkestrira, i kardinalitet je 1 samo u slučaju kada je reč o orkestraciji. U suprotnom smeru, element može da orkestrira najviše jednu kompoziciju, u kom slučaju ona mora imati orkestraciju zadatu kao šablon. Treba istaći da,

iako je *Service* potklasa *Elementa*, u praktičnoj primeni njena instanca ne može da ima ulogu orkestratora.

ServiceComposition je rezultat uvezivanja servisa, i prirodno potklasa kompozicije. Kao što je uobičajeno, za njenu implementaciju se koristi *Composite* šablon. Treba istaći da instanca *ServiceComposition* nije sama po sebi složeni servis (*Service* i *System* su disjunktne klase), već je element koji izvršava kompozitni servis, tj. ima ulogu orkestratora ukoliko je o tom šablonu reč. Primera radi:

- A i B su instance klase *Service*
- X je instanca klase *ServiceComposition*
- X koristi A i B (slaže ih u skladu sa svojim šablonom kompozicije)

Iako vrlo detaljan model servisnih arhitektura, možemo zapaziti da je ponovo reč o isključivo statičkoj orkestraciji. Ono što je prednost u odnosu na druga rešenja je razdvojenost koncepata procesa i orkestracije. Dodatno, akteri su uključeni kao zasebni elementi, što nije slučaj ni u jednom od do sada predstavljenih meta-modela.

VII. DOGAĐAJIMA UPRAVLJANA PLATFORMA ZA ORKESTRACIJU SERVISA

Mikroservisne arhitekture propagiraju visok nivo dinamike i fleksibilnosti, pa BPEL i slični jezici nisu dobar izbor za njihovu orkestraciju jer bi se ona uglavnom izvršavala u okvirima teškog ESB (*Enterprise Service Bus*) [10]. *Medley* je platforma čija je uloga da pojednostavi specifikaciju procesa sačinjenih iz više mikroservisa kao i njihovog pakovanja i izvršavanja na serveru, pri čemu teži da optimizuje upotrebu resursa u odnosu na ESB. Tako definisana, ona preuzima ulogu srednjeg sloja i umesto krajnjeg korisnika komunicira sa udaljenim servisima.

Rad sa *Medley* okvirom je zamišljen tako da korisnik opiše koje servise treba aktivirati u zavisnosti od kog događaja, i ta specifikacija se prepušta *Medley* kompajleru da generiše kod koji će omogućiti komunikaciju između pojedinačnih elemenata. Kada je orkestracija generisana, svaki servis dobija portove za osluškivanje i ispaljivanje događaja (*publish/subscribe* mehanizam). Pored toga, kompajler je generisao set pravila prepisivanja: svaki

servis kada dobije događaj, ima informaciju o tome kako će da ga preimenuje i objavi kao nov događaj.

Specifikacija orkestracije je zasnovana je na posebno kreiranom domen-specifičnom jeziku pomoću koga korisnik može da opiše proces, odnosno redosled poziva servisa, pošto se servisi mapiraju na procese. Proces je još izražen i kao serija događaja. Ono što ovaj koncept čini dinamičkim je to što jezik dopušta paralelne i asinhrone pozive, kao i definisanje bazena servisa iz kojeg će se birati onaj koji se poziva. To je pogodno ako neki servis nije dostupan u momentu poziva, ako je veza ostvarena sa njim loša ili ako treba da odgovori na preveliki broj poziva.

VIII. ZAKLJUČAK

Na osnovu rešenja izloženih u ovom radu, može se zaključiti da se, iako je statička orkestracija i dalje prisutna u modelima, savremena istraživanja više baziraju na dinamičkim pristupima. Distribuirani sistemi i usluge se sve češće nalaze u promenljivim okruženjima, i potrebno je odgovoriti na događaje u realnom vremenu. Potreba za uključivanjem konteksta u rad složenih sistema se javlja prevashodno zbog sve veće spregnutosti funkcionisanja programa i uređaja sa dešavanjima u spoljašnjoj sredini.

Ovo se ne odnosi samo na SOA, već važi i za mikroservisne arhitekture i za IoT. Zapravo, sa napretkom ovih paradigmi, pojavio se i nov koncept koji počinje da uzima maha - IoS (*Internet of Services*) koji nalaže da sve što je potrebno za korišćenje softvera treba da bude dostupno u formi servisa na internetu, uključujući softver, alate za njegov razvoj, platforma na kojoj će se nalaziti. Takav pristup zahteva nove načine modelovanja, koji nisu isključivi, i podržavaju postojanje samo-adaptirajućih komponenti. One su takozvani "pametni" elementi sistema, koji znaju da raspoznaju stanja u kojima se sistem nalazi i promene svoje izvršavanje tako da bude u skladu sa tim. Zato, kada je reč o modelom-upravljanom razvoju servisnih arhitektura, poželjno je da model ne bude striktno vezan za jedan od ovih koncepata, već da podrži integraciju heterogenih komponenti bez osvrta na to da li se one deklarišu kao servis, mikroservis ili uređaj, dokle god se njihove funkcije mogu pozivati preko interfejsa i posmatrati po principu "crne kutije".

UML4SOA i FOCAS su meta-modeli i daju set uputstva za definisanje orkestracije. *Medley* platforma sa druge strane uvodi dinamično slaganje, međutim ima relativno ograničen opis događaja (ime, podaci koji se prenose, hijerarhija poziva iz okruženja). SCM i ASTRO-CAptEvo kao radni okviri daju najviše fleksibilnosti, ali su ujedno i najzahtevniji sa stanovišta implementacije.

Ono što je karakteristično za sva pomenuta rešenja je svakako način predstavljanja složenih servisa. U većini slučajeva, orkestracija je opisana kao proces koji se sastoji iz mnoštva nezavisnih aktivnosti i postoji komponenta kojoj je dodeljeno da upravlja njenim izvršavanjem. Dinamičke reprezentacije servisno-orijentisanih okruženja su mahom zasnovne na događajima (*event-driven*), i servisi su istaknuti kao komponente koje ujedno i generišu događaje i odgovaraju na njih. Ovo je u formi takozvanog *publish-subscribe* mehanizma, koji u UML klasnom modelovanju može biti iskazan *Observer* šablonom.

Još jedan od ključnih elemenata koji treba da se uključi u rešavanje problema dinamičke orkestracije je okruženje, odnosno kontekst. Na osnovu sagledanih rešenja, dolazi se do zaključka da to treba uraditi formiranjem modela konteksta koji će čuvati opise ili događaja do kojih dolazi ili samih servisa u različitim trenucima, nešto slično preseku stanja. U slučaju da rešenje koje se gradi treba da bude u formi radnog okvira, tada je potrebno zaokružiti ga domen-specifičnim jezikom i algoritmima koji će interpretirati opise kompozicija napisane na njemu. Ako je reč o meta-modelu, dovoljno je definisati konstrukte i pravila za njihovo povezivanje, tako da rezultat bude jednoznačno uputstvo za slikoviti prikaz orkestracija.

LITERATURA

[1] The Open Group, Service-Oriented Architecture Ontology, Technical Standard, 2010, Available:https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/OPGRP_US/O101028S.pdf.

[2] Dipanjan Chakraborty and Anupam Joshi. Dynamic Service Composition: State-of-the-Art and Research Directions. Technical Report TR-CS-01-19, Department of Computer Science and Electrical Engineering, University of Maryland, Baltimore County, Maryland, USA, 2001..

[3] Maja Vuković, Context aware service composition, Technical Report,Cambridge CB3 0FD United Kingdom, 2007.

[4] Philip Mayer, Andreas Schroeder and Nora Koch, ”A Model-Driven Approach to Service Orchestration”, Institute for Informatics, Ludwig-Maximilians-University Munich, Germany, 2008.

[5] Stephanie Chollet and Philippe Lalanda “An Extensible Abstract Service Orchestration Framework”, IEEE International Conference on Web Services 2009.
[6] Gabriel Pedraza and Jacky Estublier, “An Extensible Services Orchestration Framework through Concern Composition”, International Workshop on Non-functional System Properties in Domain Specific Modeling Languages (NFPDSML), 2008.
[7] Noha Ibrahim and Frédéric Le Mouël, “A Survey on Service Composition Middleware in Pervasive Environments”, IJCSI International Journal of Computer Science Issues 2009.
[8] Bucchiarone et al., “A context-aware framework for dynamic composition of process fragments in the internet of services”, Journal of Internet Services and Applications volume, 2017..
[9] Bucchiarone et al, “Dynamic adaptation of fragment-based and context-aware business processes”, IEEE 19th International Conference on Web Services, 2012.
[10] Ben Hadj Yahia, E., Réveillère, L., Bromberg, Y.-D., Chevalier, R., & Cadot, A. “Medley: An Event-Driven Lightweight Platform for Service Composition”, Web Engineering, 2016.

ABSTRACT

Contrary to the monolithic systems which are aware of their internal structure and component organisation, when considering orchestration in the service-oriented architecture (SOA), there is no knowledge of how services are implemented which makes it rather challenging to form the right foundation for their collaboration. One of the approaches for modelling orchestration in distributed systems is to introduce a middleware which would be responsible not only for gathering the services but also for composing them. Of course, the orchestration itself can be considered either static or dynamic, where the dynamic approach stands for the middleware's ability to change the patterns of composition at run-time based on the given context. The aim of this paper is to analyse model-driven solutions for service composition proposed so far and to set grounds for developing a meta-model that would enable modelling context-aware middleware solutions in SOA.

The Comparative Analysis of Model-Driven Service Orchestration Solutions

Ana Marković