

Multiagentna komunikacija u kontekstu inteligentnih transportnih sistema

Danka Miladinović, dr Milorad K. Banjanin, Aleksandra Dimitrijević, Goran Drakulić

Sadržaj — U kontekstu ovog rada agent je računarski sistem, sposoban za fleksibilne, autonomne akcije u dinamičnim i nepredvidivim multiagentnim domenima. U brzim promenama okolnosti i sa dramatično povećanom količinom informacija, dinamički i otvoreni transportni sistemi moraju da interaguju i funkcionišu efektivno prelazeći organizacione granice. Karakteristika tih sistema je da zahtevaju korišćenje multiagentnih sistema i ICT. Potreba za autonomijom u transportnim sistemima koja omogućava komponentama da dinamički reaguju u izmenjenim okolnostima, predstavlja osnovu inteligentnih transportnih sistema.

Ključne reči — agent, ICT, inteligentni transportni sistem, multiagentni sistem, ontologija.

I. UVOD

U opštem značenju „agent je svaki entitet u svetu koji komunicira u određenom kontekstu“ [4]. Prema kaonskoj definiciji „agent je koncept koji se eksplicitno posmatra kao strukturirani ili pozicionirani entitet“, dok prema najnovijim metodološkim smernicama softverskog inženjerstva „agenti su opšta paradigma za razvoj kontekstno-svesnih, prilagodljivih i samoorganizujućih softverskih aplikacija“ [11].

Agenti kao entiteti mogu biti pozicionirani kao pojedinačni ili u sistemima, a istraživački rad u oblasti multiagentnih sistema (engl. Multi-Agent System - MAS) razvija se u pravcu identifikovanja novih pristupa dizajnu i stvaranja koordinisanih aplikacija koje se smeštaju u otvorene, dinamičke i globalne scenarije. Međutim, ova istraživanja su orijentisana na pronalaženje mogućnosti po kojoj agenti poseduju inteligenciju u otvorenim dinamičkim okruženjima gde, kao „pojedinačni“, stupaju u interakciju sa drugim agentima da bi postigli globalne ciljeve. Treba istaći da je još uvek, u nekim slučajevima, potcenjena dimezija „svesti o kontekstu“. Kontekst, kao mikrookruženje komunikacije, koje obezbeđuje efektivnu i

efikasnu komunikaciju agenata sve više strukturiraju kontekstno svesni softverski sistemi.

Koncept inteligentnih transportnih sistema (engl. Intelligent Transportation Systems - ITS) se zasniva na primeni savremenih informaciono-komunikacionih tehnologija (engl. Information Communication Technology - ICT). ITS imaju ulogu da pruže podršku tradicionalnim transportnim sistemima u smanjivanju pritiska izazvanog rastućim brojem i kompleksnošću zahteva za putovanjem i prevozom robe, a pored toga smanjuju i emisiju štetnih gasova i prekomernu potrošnju goriva u uslovima zastoja ili funkcionalnog otkazivanja. Primenom ICT unapređuju se eksploatacione performanse transportnog sistema kroz smanjenje zagušenja transportnih tokova, povećanje bezbednosti transportnih sredstava i transportnog sadržaja, smanjenje negativnih uticaja sistema na okruženje i obrnuto, i povećavaju energetske performanse i produktivnost transporta.

II. MULTIAGENTNI SISTEMI

Prema [7] agentna tehnologija se može posmatrati iz tri perspektive: agenti kao metafora dizajna, agenti kao tehnologija i agenti kao simulacija. Agenti kao metafora dizajna obezbeđuju novi način razvoja kompleksnih računarskih sistema, naročito u otvorenim i dinamičkim okruženjima. Agenti kao tehnologija obuhvataju specifične tehnike i algoritme za balansiranje reakcija i razmatranje u arhitekturama individualnih agenata, učenje od i o drugim agentima u okruženju, pronalaženje načina za pregovore i saradnju sa drugim agentima i razvoj odgovarajućih načina formiranja i upravljanja koalicijom (i drugim organizacijama). Agenti kao simulacija predstavljaju snažne modele kompleksnih i dinamičnih realnih okruženja koji obezbeđuju odgovore na kompleksne fizičke ili socijalne probleme u uslovima visokog nivoa kompleksnosti.

Prema opštoj definiciji, MAS su sistemi u kojima se upotrebljava više agenata radi zajedničkog izvršenja zadatka ili rešavanja problema. Konceptualnu osnovu MAS nalazimo u teoriji kompleksnih sistema, koja izučava sisteme čija pravila funkcionisanja nisu eksplicitno definisana, niti postoji centralizovani element koji upravlja globalnom dinamikom [3]. U takvim sistemima, upravljanje procesom se deli na više agenata koji prema svojim specijalnostima preuzimaju nadležnost nad kontrolom složenog procesa. Na taj način se povećava bezbednost sistema u situacijama otkazivanja jednog od

Danka Miladinović, dipl. ing., Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; Stipendista Ministarstva nauke Republike Srbije (e-mail: danka@nspoint.net)

Prof. Dr Milorad K. Banjanin, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: mkb252633@eunet.rs)

Aleksandra Dimitrijević, dipl. ing., Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; Stipendista Ministarstva nauke Republike Srbije (e-mail: aleksadim@yahoo.com)

Goran Drakulić, dil. ing., Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; Stipendista Ministarstva nauke Republike Srbije (e-mail: drakulic@hotmail.com)

agenata, tako da čitav sistem može biti automatski rekonstruisan ili zaustavljen na kontrolisan način.

Makro-dinamika MAS nije definisana eksplicitno već se razvija spontano iz interakcija agenata, odnosno iz dinamike na mikro nivou. Istovremeno, MAS dosledno slede i samu definiciju sistema: skup elemenata u međusobnoj interakciji [3], a entiteti koji saraduju u takvim sistemima jesu inteligentni agenti. Intelligenti agent se definiše kao program koji stremi ciljevima i to sa minimalnim uputama, koristeći pri tome inteligenciju ili heurističku tehniku, što sam kompjuter čini pametnim. Pored inteligencije, kao ključne karakteristike inteligentnih agenata se izdvajaju: interakcija sa okruženjem, autonomnost i fleksibilnost agenata.

III. MULTIAGENTNA KOMUNIKACIJA

Potreba za uvođenjem opšteg jezika agentne komunikacije (engl. Agent Communication Language - ACL) proizilazi iz zahteva za saradnjom MAS, što znači da agent po potrebi mora da bude sposoban da stupi u interakciju s drugim agentima ili ljudima s ciljem rešavanja određenog problema ili pomaganja u njihovim aktivnostima. Uvođenje termina jezik agentne komunikacije ima za cilj da istakne neophodnost jasne i precizne komunikacije između različitih proizvođača agentne tehnologije koji moraju da saraduju. Pri tome, postoje dve kategorije jezika agentne komunikacije, proceduralni jezici i deklarativni jezici [6]. Generalno posmatrano, komunikacija između agenata može biti direktna i posredna [11]. U direktnoj komunikaciji agenti spostvenom koordinacijom upravljaju direktno, dok se posredna komunikacija agenata odvija preko koordinatora (svaka grupacija ima svog koordinatora) koji komuniciraju i sa drugim koordinatorima. Glavna karakteristika te komunikacije je asinhrona razmena poruka koja je karakteristična za distribuirane i slabo spregnute sisteme.

Dva najčešće korišćena ACL-a u MAS su KQML i FIPA-ACL. ACL usvojen od strane FIPA (engl. Foundation for Intelligent Physical Agents), je sastavljen od tela i zaglavlja poruke. U zaglavlju su polja deklarirana kao zahtev ili informacija koji izražavaju osnovnu nameru zbog koje pošiljalac želi da komunicira sa primaocem, obezbeđuje podatke za komunikacioni menadžment i metainformaciju o sadržaju poruke (npr. ontologiju korišćenu za definisanje poruke). U telo poruke je uključen sadržaj poruke koji specifikuje teme konverzacije [11]. Da bi korektno pristupio poruci, agentu koji prima poruku je potrebna i informacija i ukupni sadržaj poruke. Sadržaj poruke je kodovan terminima ontologije koji su definisani za specifični domen. Uključivanje ontologija u dizajn poruke polazi od definicije, po kojoj se ontologija sastoji od konceptata sa definicijama, njihove hijerarhijske organizacije, odnosa između njih i aksioma kojima se formalizuju definicije i odnosi. [8].

Ontologija obezbeđuje formalnu i eksplicitnu

specifikaciju koja olakšava komunikaciju i deljenje znanja između agenata, i upravo je njena glavna namena da omogući prenošenje i razmenu znanja. Postojeće metodologije za dizajniranje domena ontologija se koriste za specifičan domen predstavljanja u MAS. Aktuelne metodologije za dizajniranje domena ontologija su izgrađene kako bi opisale sve u vezi sa specifičnim domenom. Ontološki sistem funkcioniše upravo kao preduslov za buduću višekratnu upotrebu sistema. Prednosti korišćenja ontologija su [9]: zajedničko korišćenje razumljivih struktura između ljudi i/ili softverskih agenata; omogućavanje ponovnog korišćenja domena znanja; dokazivanje tačnosti domena predpostavki; odvajanje domena znanja od operativnog znanja; i analiza domena znanja.

Primena multiagentne komunikacije se vezuje za oblasti upravljanja poslovnim procesima, meteorologije, elektronske trgovine, kontrole procesa, telekomunikacionih sistema, ali i upravljanja transportom, sakupljanja i filtriranja informacija i upravljanja tokovima informacija. Pristupi zasnovani na MAS su veoma pogodni za domene koji zahtevaju integraciju i interakciju višestrukih izvora znanja, razdvajanje konfliktnih interesa i ciljeva ili vremenski ograničenu obradu podataka. Multiagentni sistemi koji se uglavnom koriste za rešavanje tipičnih problema u oblasti transporta i logistike su sistemi za podršku odlučivanju, sistemi logističkog planiranja i sistemi za simulacije i modelovanje, i oni podržavaju i donošenje odluka i planiranje.

IV. MULTIAGENTNE KOMUNIKACIJE U KONTEKSTU INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SISTEMA

Cilj uvođenja koncepta ITS je unapređivanje analitičkih sposobnosti za korektno procenjivanje uticaja poslovnih strategija na efikasnost transporta što rezultuje smanjenjem kašnjenja i emisije štetnih gasova, ali i povećanjem kvaliteta transportnih procesa. ITS omogućavaju razvoj sledeće generacije modela za procenu efektivnosti transportnih procesa, kroz upravljanje transportnim tokovima u realnom vremenu, za razliku od trenutnih modela koji primarno razmatraju predene kilometre vozila i vremena realizacije transportnih procesa nakon njihovog izvršavanja. Stoga, ovi modeli poseduju potencijal za tačno i pravovremeno korigovanje loših strategija ili implementiranje i unapređivanje održivih strategija.

Ključni zahtev ITS, koji garantuje održivu stabilnost transportnog sistema, predstavlja obezbeđivanje informacija u realnom vremenu koje su od velikog značaja za kontrolu i upravljanje transportnim procesima. Na ovaj način se omogućavaju kompleksne analize koje predstavljaju osnovu za donošenje trenutnih operativnih odluka s ciljem unapređenja transportnih procesa. Slika 1. ilustruje povezanost procesa monitoringa i donošenja odluka u ITS.

Opservacija transportnih procesa u realnom vremenu

omogućava sprovođenje adekvatnih korektivnih akcija sa ciljem obezbeđivanja pouzdanosti sistema u slučaju javljanja određenih štetnih (rušilačkih) događaja. Obimna akvizicija i transmisija informacija u realnom vremenu predstavljaju osnovu za optimizaciju i kontrolu funkcionisanja transportnog sistema. Da bi se podržali ovi zahtevi komunikacije podataka, komunikaciona arhitektura i tehnologije koje se koriste u ITS moraju biti sposobni za isporučivanje operativnih podataka i dinamičnih informacija onima kojima su potrebne i kada su potrebne. Ove sposobnosti se moraju zasnivati na konceptu multiagentne komunikacije. Pored toga, komunikaciona infrastruktura mora da ima velike propusne opsege radi podrške monitoringa transportnog sistema i transmisije informacija o merenjima i nisku latentnost radi podrške kontrole i zaštite transportnih procesa u realnom vremenu.



Sl. 1. Povezanost monitoringa i procesa donošenja odluka u ITS.

V. PRIMENA AGENATA U INTELIGENTNIM TRANSPORTNI SISTEMIMA

U ITS multiagentni sistemi preuzimaju odgovornost za ispunjavanje organizacionih ciljeva, a pri tome se razlikuju dva opšta tipa agenata: agenti upravljanja i agenti komunikacije. Agenti upravljanja teže ciljevima poštujući okruženje i svoj definisani prostor delovanja, dok agenti komunikacije omogućavaju konzistentnu opservaciju celokupnog transportnog procesa.

Agenti upravljanja kreiraju operativne ciljeve u korist ljudskih učesnika ili drugih upravljačkih agenata sa određenim stepenom autonomnosti. Tako radeći, oni upotrebljavaju znanje ili predstavljaju korisničke ciljeve ili želje. Agenti upravljanja proaktivno upravljaju ciljevima, preuzimaju odgovornost, donose odluke i kreiraju model svog okruženja. Iako deluju autonomno, njihove akcije su ograničene informacijama obezbeđenim od strane agenata komunikacije i kreiranim modelima. Agentima upravljanja su potrebne informacije o cilju koji se izvršava, sposobnostima, modelima njihovog okruženja, definisanim ulogama, i dr. S obzirom da u transportnim procesima kordinacija akcija igra značajnu ulogu, agent upravljanja treba da: deluje na saradnički način, primenjuje različite strategije u rešavanju problema, koristi metode za rešavanje konflikata između njegovih podagenata i poseduje sposobnosti za izgradnju ciljeva i modela koji će biti korišteni od strane podagenata.

Agenti komunikacije omogućavaju međusobnu

komunikaciju agenata i generisanje ispravnog toka relevantnih informacija iz transportnog procesa. Oni moraju da poseduju sposobnost rasuđivanja radi razumevanja svih informacija ili akcija u transportnom procesu, kao i ciljeva agenata upravljanja u generisanju performansi transportnog sistema. Multiagentna komunikacija se zasniva na sistemu otvorene arhitekture koja dozvoljava postojećim modelima da interreaguju i komuniciraju u distribuiranim mrežama okruženja za evaluaciju i razvoj transportnog sistema u ITS.

VI. MODEL PRIMENE MULTIAGENTNE KOMUNIKACIJE U INTELIGENTNIM TRANSPORTNIM SISTEMIMA

Tehnologije inteligentnih agenata i MAS predstavljaju jedan od najperspektivnijih pravaca za razvoj sistema zasnovanih na Web-u i sistema zasnovanih na znanju u transportu i logistici. Inteligentni agenti predstavljaju organizacije unutar logističkog domena i modele njihovih logističkih funkcija, procesa, ekspertiza i interakcija sa drugim organizacijama [12]. Usled sličnosti u karakteristikama između inteligentnih agenata i organizacija, agentna tehnologija je pogodan izbor za modelovanje organizacija u logističkom domenu [12]. Neki agenti simuliraju korisnike uključene u saobraćaj; drugi predstavljaju transportna sredstva ili elemente saobraćajne infrastrukture.

ITS za rešavanje složenih transportnih problema koriste multiagentne simulacije za modelovanje transportnih procesa, podršku u odlučivanju, logističko planiranje, planiranje transporta i drugo. ITS su izgrađeni na osnovu naprednog koncepta multiagentne komunikacije koja omogućava integraciju sa nestandardnim bazama podataka, GIS-om, GPS-om, i drugim ICT.

Za praktičnu demonstraciju multiagentne komunikacije u ITS koristi se scenario autonomnih transportnih tokova za inteligentne kontejnere koji se povezuju MAS-om za koordinaciju transporta. Scenario pokazuje primenu inteligentnog kontejnera u transportnom sistemu na koji deluju štetni (rušilački) događaji, kao što su preopterećenost transportnih ruta i povećanje temperature unutar kontejnera. Ovi događaji zahtevaju monitoring u realnom vremenu i upravljanje od strane agenata. Za automatsko nadgledanje transportnog procesa se koriste RFID sistemi. Upravljanje transportnim procesom automatski pokreće reakcije na štetne (rušilačke) događaje i prosleđuje korektivne instrukcije.

Entiteti i operacije koji su uključeni u ovaj scenario predstavljaju se pomoću agenata. MAS uključuje transportna sredstva, transportne jedinice i skladišne objekte, kao i sekundarne operacije kao što su informacije o saobraćaju, planiranje transportnih ruta i posredovanje u pružanju transportnih usluga. Senzorski monitoring koji je povezan sa specifičnim transportnim jedinicama se izvršava na ugrađenoj platformi unutar transportnog sredstva. Proces nadgledanja kvaliteta transportnog procesa je realizovan u formi mobilnog agenta koji prati

transportnu jedinicu duž puta u transportnom procesu.

Tokom transportnog procesa ITS se suočava sa različitim štetnim (rušilačkim) događajima. Neki od ovih događaja mogu biti: pad mobilne komunikacione mreže, preopterećenje transportnih tokova ili smanjivanje kvaliteta transportnog sadržaja usled temperaturnih varijacija tokom transporta od one koja je preporučena. ITS prepoznaje ove probleme i postupa sa njima automatski - selektujući alternativne komunikacione putanje i transportna sredstva, dinamički rutirajući transportna sredstva, privremeno odlažući robu u stacionarna, hladna skladišta gde se vrši pretovar, i dr.



Sl. 2. Agenti (u formi krugova) koji učestvuju u autonomnom transportnom procesu i njihove interakcije.

VII. ZAKLJUČAK

U cilju razmene iskustva ili dijaloga i kreiranja optimalnog transportnog rešenja u ITS je neophodno da agenti poseduju sposobnost međusobne komunikacije i interakcije sa okruženjem. S tim u vezi je potrebno ostvariti model pomoću koga bi se postigla interoperabilnost između različitih vrsta agenata u ITS, a agentni jezik koji bi obezbedio njihovu međusobnu komunikaciju predstavlja ključni zahtev tog modela.

Primarni zadatak svakog transportnog sistema je održavanje željenog kvaliteta transportnog sadržaja i procesa, pa je stoga od velike važnosti detektovanje promena kvaliteta u realnom vremenu. Ovo se može postići adekvatnom primenom modela multiagentne komunikacije u ITS, koji omogućava automatsku detekciju i korekciju ovakvih događaja. Multiagentna komunikacija povezuje procese, planiranje, organizovanje, uticaje, kadrovske aktivnosti i kontrole u ITS. Na ovaj način se ostvaruju saradničke interakcije i zadovoljavajuće ponašanje različitih elemenata inteligentnog sistema, a osnovni princip koji se koristi je integracija individualnih ideja, energije i kreativnosti ITS agenata u zajedničku viziju i poslovnu strategiju. Dakle, efektivna i konzistentna multiagentna komunikacija u inteligentnim sistemima omogućava brzo i efikasno intervenisanje u slučaju pojavljivanja rušilačkog događaja, sa ciljem korigovanja transportnog procesa koje će obezbediti unapređivanje trenutnih performansi i dostizanje očekivanih ishoda.

Sama realizacija procesa multiagentne komunikacije u ITS zahteva rešavanje nekoliko problema. Prvo, jezik koji se koristi u komunikaciji treba da bude jednostavan i fleksibilan, kako bi omogućio interoperabilnost između agenata i korišćenje u različitim uslovima i sistemima.

Drugi problem se odnosi na imenovanje agenata, odnosno osiguravanje identifikacije pozicije agenata u sistemu u svakom trenutku. Treći problem je vezan za standardizaciju komunikacije, čime se omogućava planiranje akcija i upravljanje resursima celokupnog sistema.

LITERATURA

- [1] C. H. L. Lee, A. Liu, „Using ontology in desinging a Multi-Agent System“, Available: <http://dspace.lib.fcu.edu.tw/>
- [2] C. Hsu and A. Wallace, „An Industrial Network Flow Information Integration Model for Supply Chain Management and Intelligent Transportation“, *Journal of Enterprise Information Systems*, forthcoming
- [3] D. Žujović, L. Petrović, „Multiagentne simulacije u telekomunikacijama“, *XIII telekomunikacioni forum TELFOR 2005*, Beograd, novembar 22.-24., 2005.
- [4] M. Banjanin, *Komunikacioni inženjering, Saobraćajno tehnički fakultet Doboj*, 2006.
- [5] M. Banjanin, „Dinamika komunikacije – interkulturni poslovni kontekst“, Megatrend, Beograd, 2003.
- [6] M. Banjanin, „Metodologija inženjeringa – inženjerske analize i mreže znanja“, Fakultet Tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2005.
- [7] M. Luck, P. McBurney, O. Shehory and S. Willmott, „Agent Technology: Computing as Interaction - A Roadmap for Agent Based Computing“, September 2005, Available: <http://www.agentlink.org/roadmap/al3rm.pdf>
- [8] M. Marić, M. Banjanin, M. Radić, „Ontološka biblioteka telekomunikacionih i Web servisa“, *XIV telekomunikacioni forum TELFOR 2006*, Beograd, novembar 21.-23., 2006.
- [9] M. Milanović, „Modeliranje pravila semantičkog Web-a“, Magistarska teza, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2007.
- [10] R. Juedermann, i ostali „Transport Scenario for the Intelligent container“, Springer, Berlin, 2007.
- [11] T. Mićanović, „Modeli komunikacije za multi-agentne sisteme“, Diplomski-master rad, Fakultet Tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2008.
- [12] V. Gaudina, J., Grundspenkis, „Technologies and Multi-Agent System Architectures for Transportation and Logistics Support: An Overview“, *International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech' 2005.*, Available: <http://ecet.ecs.ru.acad.bg>

ABSTRACT

In the context of this paper agent is computational system which is capable of realizing flexible and autonomous actions in dynamic and unpredictable Multi-Agent domains. Within rapidly changing circumstances and with dramatically increasing quantities of information dynamic and open transportation systems, must interact and operate effectively spanning organizational boundaries. Characteristic of those systems is that they demand use of MAS and ICT. The basis of intelligent transportation systems is need for autonomy in transportation systems, which provide dynamical nature to component reactions in changed circumstances.

MULTI-AGENT COMMUNICATIONS IN CONTEXT OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Danka Miladinović, Dr Milorad K. Banjanin, Aleksandra Dimitrijević, Goran Drakulić