

Ciljno-orijentirani programski agenti za pružanje telekomunikacijskih usluga

Krešimir Jurasović

Zavod za telekomunikacije, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu

kresimir.jurasovic@fer.hr

Sažetak—Uvođenje nove generacije mreže u poslovne sustave telekomunikacijskih operatora dovesti će do transformacije telekomunikacijskog tržišta ali i samih operatora i korištene infrastrukture. Operatorima će omogućiti brži i efikasniji razvoj novih inovativnih usluga, prilagođenih korisniku, a korisniku personalizaciju usluga. Zbog navedenog operatori, će morati razviti nove mehanizme koji će im omogućiti automatizaciju postupka pružanja usluga u mreži te kasniju prilagodbu i rekonfiguraciju prilikom promjene stanja u mreži. U ovom radu identificirati će probleme s kojima će se susretati operatori prilikom uvođenja nove generacije mreže te predstaviti agentsku tehnologiju s naglaskom na ciljno-orijentirane programske agente.

I. UVOD

Druga generacija (2G) pokretnih telekomunikacijskih sustava predstavljala je velik uspjeh, kako za operatore tako i za korisnike, zbog svoje tehnološke naprednosti i usluga koje je pružila korisnicima. Ipak sa svoje tehnološke strane ova tehnologija ima svoje nedostatke [1]. Logika usluge smještena je blizu mrežnih čvorova i usko je povezana s njima. Nove usluge razvijali su mrežni operatori za svoje korisnike ili proizvođači pokretnih uređaja, a postupak pružanja usluga odnosno implementacija nove usluge u mreži odvijala se ručno. Zbog toga je vrijeme razvoja nove usluge (engl. *time-to-market*) kao i cijena uvođenja iste bila velika. Posljedica toga je ograničen broj usluga koje su ponuđene korisnicima.

Dolazak treće generacije pokretnih telekomunikacijskih sustava (3G) nije doveo do jednakog uspjeha kao pojavom 2G mreže. Jedan od razloga je činjenica da se poslovni model nije značajno promijenio prilikom prelaska s 2G na 3G mrežu [2]. Iako su mrežni operatori ponudili svojim korisnicima brži pristup Internetu i njegovim resursima nedostatak inovativnih usluga, zbog kojih bi korisnici masovno prešli na 3G mrežu, doveo je do smanjenog interesa korisnika. Sve navedeno dovelo je do smanjenog profita mrežnih operatora koji su uložili znatna sredstva u razvoj i implementaciju 3G mreže. Do smanjenja profita doveo je i trend deregulacije telekomunikacijskog tržišta u svijetu koji je omogućio pojavljivanje drugih mrežnih operatora i pružatelja usluga na tržištu. Povećana konkurencija na tržištu rezultirala je smanjenjem cijena telekomunikacijskih usluga. Kako bi povećali svoju konkurentnost na tržištu mrežni operatori moraju implementirati nove tehnologije u svojem poslovanju koje bi omogućile fleksibilnije i dinamičnije pružanje novih usluga njihovim korisnicima.

Uvođenje nove generacije mreže (engl. *Next Generation Network*), kao prijedloga nove arhitekture telekomunikacijske

mreže, omogućiti će interoperabilnost između različitih protokola, mreža i terminala te razvoj i pružanje novih usluga koje će nastati iz konvergencije Interneta i tradicionalnih telekomunikacijskih usluga. U narednom poglavlju objasniti će novu generaciju mreže kao i probleme s kojima će se susretati pružatelji usluga pri implementaciji iste.

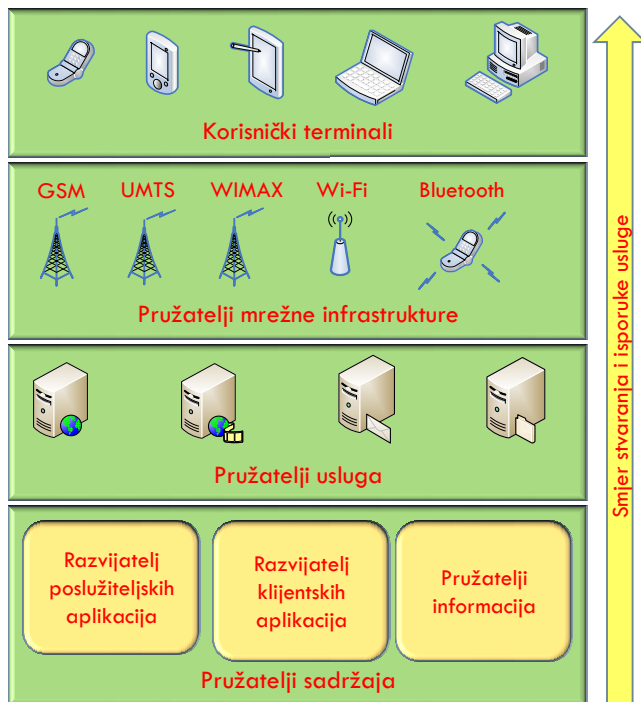
II. NOVA GENERACIJA MREŽE

Za razliku od 2G i 3G mreže u kojoj je naglasak bio na razvoju tehnologije, u novoj generaciji mreže naglasak je stavljen na razvoj usluga [3]. Prilikom razvoja usluga, pružatelji usluga moraju voditi računa o potrebama korisnika koji traže nove višemedijske usluge kod kojih će korisnik moći međudjelovati s uslugom. Usluge moraju biti prilagođene korisnikovim željama [4] i potrebama kao i terminalu i pristupnoj mreži s kojih korisnik pristupa usluzi. Inteligencija mreže morala bi omogućiti prezentaciju samo sadržaja koje korisnika zanimaju, a pokretljivost usluge da istu uslugu može koristiti i na drugim terminalima koje korisnik eventualno posjeduje.

Slika 1 prikazuje novi lanac vrijednosti na telekomunikacijskom tržištu u novoj generaciji mreže koji se sastoji od četiri entiteta [5], koja se često nazivaju pružatelji usluga s dodanom vrijednošću (engl. *Value-Added Service Providers* - VASPs) [6]. Pružatelji sadržaja predstavljaju poslovne subjekte čiji je zadatak ponuditi sve potrebne komponente potrebne pri razvoju nove usluge, a mogu biti:

- Pružatelji informacija koji nude informacije koje se mogu ponuditi korisniku u audio, video ili podatkovnom obliku. Format u kojem se informacije prezentiraju mora uzimati u obzir karakteristike terminala koje korisnik trenutno koristi,
- Razvijatelji klijentskih aplikacija razvijaju aplikacije koje se zatim mogu instalirati na korisničke terminale i koristiti za prezentiranje informacija dobivenih od pružatelja informacija,
- Razvijatelji poslužiteljskih aplikacija razvijaju poslovne aplikacije koje se moraju instalirati na poslužiteljima pružatelja usluga, a koriste ih klijentske aplikacije na korisničkim terminalima ili mrežne komponente i aplikacije.

Pružatelji usluga kombiniraju informacije i aplikacije proizvedene od strane pružatelja sadržaja u usluge koje se mogu ponuditi korisnicima. Prije nego se usluge mogu ponuditi korisnicima, aplikacije potrebne za rad usluge moraju se instalirati na poslužitelje koji mogu biti sastavni dio usluga koje pruža pružatelj usluga, ali se mogu koristiti i resursi



Slika 1. Lanac vrijednosti na telekomunikacijskom tržištu

drugih pružatelja usluga. Osim samog postupka instaliranja potrebno je i konfigurirati mrežnu infrastrukturu kako bi se korisnicima osigurao pristup usluzi. Pružatelji mrežne infrastrukture osiguravaju prijenosni medij preko kojeg korisnici mogu pristupiti usluzi ovisno o vrsti terminala kojega koriste. Važno je naglasiti da pojedini poslovni entiteti mogu preuzeti više uloga iz navedenoga modela vrijednosti, ali za uspjeh u novonastaloj situaciji na telekomunikacijskom tržištu morati će kombinirati dijelove svojega poslovanja s drugim poslovnim entitetima.

Novu generaciju mreže obilježiti će i heterogenost terminala kao i heterogenost mreže. Heterogenost terminala odnosi se na terminale koji se razlikuju po svojoj veličini, potrošnji energije, količini memorije, procesnoj snazi kao i vrsti pristupne mreže koju koriste. Ovisno o vrsti terminala koje koriste, korisnicima će se morati ponuditi različite verzije usluga koje će biti optimizirane i konfigurirane za njihov specifičan terminal. Sadržaj koji se korisnicima nudi morati će se prilagoditi mogućnostima terminala kako bi se optimizirala prezentacija sadržaja korisnicima. Heterogenost mreže odnosi se na različitosti između bežičnih mreža koje se razlikuju ovisno o veličini područja koja pokrivaju, brzini prijenosa podataka, latenciji kao i vjerojatnosti gubitka informacija. Usluge koje se nude korisnicima morati će uzeti u obzir i parametre same mreže.

Uzevši u obzir promjene koje donosi nova generacija mreže, današnji telekomunikacijski operatori morati će izmijeniti svoj poslovni model kako bi se prilagodili tržištu. U članku [7] prikazana je nova uloga i poslovni model telekomunikacijskih operatora u novoj generaciji mreže. Model predviđa da će

za uspješnu transformaciju biti potrebna ulaganja u nove inovativne usluge, integraciju trenutnog poslovnog područja s drugim ne telekomunikacijskim područjima, tehnološka inovativnost te suradnja s drugim tvrtkama iz različitih industrija.

A. Problemi uvođenja nove generacije mreže

Za uspješno uvođenje nove generacije mreže biti će potrebno izmijeniti trenutnu arhitekturu telekomunikacijske mreže kako bi se omogućio jednostavniji pristup infrastrukturi i pojednostavio postupak pružanja usluga. Tri ključne osobine svakog sustava pružanja usluga su automatizacija, sposobnost prilagodbe i rekonfiguracije. Zbog sve veće diversifikacije usluga, mreže te korisničkih terminala nastala je potreba za automatizacijom postupka pružanja usluga kako bi se smanjili troškovi i vrijeme uvođenja nove usluge. Jedan od aspekata kojeg treba automatizirati je i postupak instalacije i konfiguracije nove usluge u mreži. U postupku instalacije nove usluge mora se voditi računa o tehnologiji korištenoj u razvoju usluge, vrsti usluge (o čemu ovise karakteristike ciljanog čvora na kojem želimo instalirati potreban softver) kao i cijeni i iskorištenosti samoga čvora. Istraživanja korisnika [3] su pokazala da izuzev malog broja tehnološki osviještenih korisnika većina korisnika ne želi koristiti usluge kod kojih oni osobno moraju instalirati i konfigurirati uslugu te osvježavati softvere kada se razviju nove verzije istog. Zbog toga je potrebno automatizirati i sam postupak pružanja usluga na korisničkim terminalima. Sposobnost prilagodbe definirana je kao sposobnost sustava da se prilagodi potrebama korisnika i trenutnom stanju mreže [8], a kao posljedicu prilagodbe u određenim okolnostima biti će potrebna i rekonfiguracija elemenata koji se koriste u postupku pružanja usluga.

Kako bi omogućio korisnicima pristup usluzi pružatelji mrežne infrastrukture i usluga morati će omogućiti pristup svojim elementima drugim sudionicima na tržištu. Pristup elementima koristiti će se kako bi drugi pružatelji usluga mogli definirati parametre novih usluga, zatražiti njihovu instalaciju na mrežnim elementima, njihovu prilagodbu i rekonfiguraciju te nadzor rada usluge [9]. Pružatelji usluga neće imati izravan pristup mrežnim elementima već će on biti ostvaren koristeći standardizirana sučelja koja će definirati funkcionalnosti mreže. Postupak pružanja usluge kao i elementi koji se koriste moraju biti skriveni od pružatelja usluga. Korištenjem navedenog načela omogućuje se interoperabilnost između poslovnih sustava pružatelja usluga, ali i tehnologija jer pružatelj mrežne infrastrukture može dodavati nove elemente u svoju mrežu te nove postupke pružanja usluga bez potrebe za promjenom poslovnog sustava drugih pružatelja usluga.

Uzevši u obzir sve probleme s kojima će se susretati pružatelji telekomunikacijskih usluga pri uvođenju nove generacije mreže potreba za tehnologijom s kojom bi se isti mogli riješiti je sve veća. U nastavku članka opisati ću agentsku tehnologiju s naglaskom na model uvjerenja, želja i namjera čije karakteristike omogućuju razvoj naprednih rješenja u postupku pružanja usluga.

III. PROGRAMSKI AGENTI

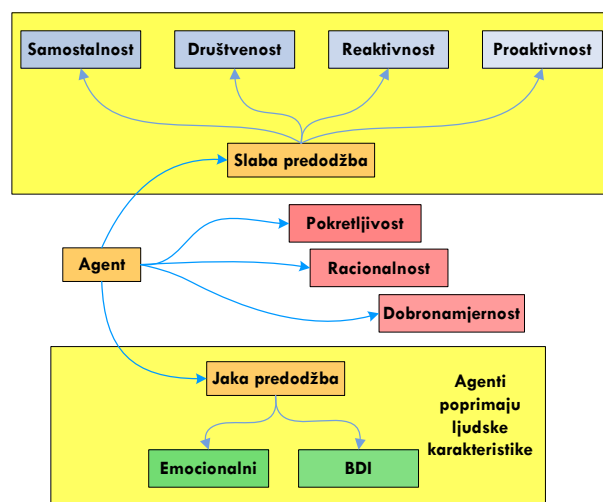
Iako još ne postoji ustoličena definicija programskog agenta većina znanstvenika podržava Woolridgeovu definiciju [10] prema kojoj se agenti mogu podijeliti na slabu i snažnu predodžbu agenta prema slici 2. Slaba predodžba agenata obuhvaća sklopovske i programske agente koji imaju sljedeća obilježja:

- **Samostalnost:** Agent ima sposobnost da izvršava operacije samostalno bez potrebe za intervencijom korisnika koji ga koristi. Ovo svojstvo zahtijeva od agenta posjedovanje mehanizama koji će mu omogućiti samostalno dohvaćanje svih potrebnih informacija o okruženju u kojem se nalazi. Ovisno o dobivenim informacijama agent izvršava pripadajuće operacije. U slučaju greške mehanizmi moraju omogućiti nastavak rada agenta,
- **Društvenost:** Iako postoje situacije kod kojih agent može izvoditi operacije samostalno, s povećanjem kompleksnosti operacija koje agent izvodi, ove situacije postaju sve rjeđe. Zbog toga agent mora posjedovati mehanizme koji mu omogućuju da koordinira svoje operacije s drugim agentima u svojem okruženju. Koordinacija omogućuje efikasnije izvođenje agentovih operacija i smanjuje kompleksnost samog agenta jer se funkcionalnosti sustava mogu podijeliti na veći broj agenta, gdje je svaki agent zadužen za dio funkcionalnosti. Kooperacija [11] je oblik koordinacije između ne antagonističkih agenata dok je pregovaranje koordinacija između kompetitivnih agenata. Obilježje društvenosti agenta ostvarena je korištenjem komunikacijskih protokola, koji definiraju format poruke koja se šalje između agenata, interakcijskih protokola, koji definiraju protokole koje se koriste pri komunikaciji agenata, i ontologija. Ontologija definira formalnu, eksplicitnu specifikaciju zajedničkih pojmova te omogućuje razumijevanje između agenata [12],
- **Reaktivnost:** Reaktivni agenti ne posjeduju interni model koji im omogućava da predvide buduće stanje okoline već reagiraju isključivo na temelju sadašnjeg znanja i skupa akcija koje poznaju. Oni reagiraju na utjecaje iz okoline s akcijom predviđenom za trenutno stanje okoline i vrstu utjecaja. Ovaj tip agenta je implementacijski jednostavniji i brži ali im je velik nedostatak manjak prilagodljivosti. U slučajevima da se dogode utjecaji koji nisu unaprijed predviđeni agent neće biti sposoban reagirati na takav utjecaj ili će reagirati na ne adekvatan način,
- **Proaktivnost:** Za razliku od reaktivnih agenata, koji samo reagiraju na utjecaje iz okoline, proaktivni agenti posjeduju mehanizme koji im omogućuju da utječu na okolinu mijenjajući pritom njeno stanje. Pri tome iskazuju ciljno orijentirano ponašanje odnosno svaki agent ima jedan ili nekoliko ciljeva. U situacijama kada stanje okoline nije u skladu s njegovim ciljevima, agent utječe na okolinu dok ne ostvari zadani cilj.

U području umjetne inteligencije (engl. *Artificial Intelligence* - AI) vrlo često je zastupljena jaka predodžba agenta koja, osim što obuhvaća već navedena svojstva slabe predodžbe

agenta, posjeduje i koncepte koji se inače primjenjuju na ljude. Takvi agenti poprimaju ljudske karakteristike kao što su emocije ili koriste psihološke osobine ljudi (BDI agenti). Agenti posjeduju i sljedeća svojstva:

- **Pokretljivost:** Softverski agent može migrirati s jednog mrežnog čvora na drugi. Svaki pokretni agent sastoji se od tri komponente: programski kod koji sadrži logiku agenta, podataka odnosno internih atributa koji predstavljaju znanje koje agent posjeduje i stanje izvođenja. Ovisno o načinu prenošenja stanja izvođenja prilikom migracije razlikujemo jaku i slabu migraciju. Kod jake migracije, nakon migracije, agent nastavlja izvođenje sljedeće instrukcije dok se kod slabe migracije ne prenosi stanje izvođenja. Zbog toga je potrebno implementirati agenta koristeći načelo konačnih automata. Prilikom migracije potrebno je premjestiti sve tri komponente s jednog čvora na drugi. Najčešća primjena pokretnih agenata [13] je kod distribuiranih sustava jer omogućuje udaljeno procesiranje i dohvat podataka. Agent umjesto da sve potrebne podatke prenosi preko mreže (kao kod klijent server paradigme) ima mogućnost migracije na udaljene čvorove gdje dohvati i obradi podatke ili izvede potrebne operacije na čvoru, Agent po potrebi migrira na neki drugi čvor te se nakon završetka operacije vrati na početni čvor gdje korisniku prezentira rezultate izvođenja [14],
- **Racionalnost:** Definira da ako agent ima skup ciljeva, od kojih je samo jedan aktivan, on neće izvoditi akcije koje bi mogle biti u suprotnosti s njegovim trenutnim ciljevima. Racionalan agent uvijek mora izvoditi akcije koje bi u konačnici maksimizirale očekivani rezultat pri tome koristeći svoje znanje o trenutnom i budućem stanju okoline [15],
- **Dobronamjernost:** agentovi ciljevi ne smiju biti međusobno konfliktni ako se od agenta želi da maksimizira očekivani rezultat.



Slika 2. Obilježja programskih agenata

Pod pojmom inteligentan agent smatra se softverski agent koji posjeduje svojstva slabe predodžbe agenta, a sposoban je autonomno izvršavati ciljeve koji su mu zadani. Kako bi ostvario zadane ciljeve inteligentni agenti vrlo često posjeduju sposobnost učenja, koja mu omogućuje da na temelju prijašnjih rezultata spozna kako popraviti svoje reakcije u budućnost odnosno da se prilagodi promjenama u svojoj okolini, te sposobnost planiranja koja mu omogućuje da na temelju znanja o okolini i mehanizama koje posjeduje razvije plan kako što efikasnije ostvariti zadani cilj [16] .

U kompleksnijim sustavima agenti se organiziraju u više-agentski sustav. JADE agentska platforma [17], [18] je trenutno najrazvijenija agentska platforma koja osigurava okruženje za razvoj i izvođenje više-agentskih sustava. Platforma je kompatibilna s FIPA specifikacijama. FIPA (engl. Foundation for Intelligent Physical Agents) [19] je međunarodna organizacija zadužena za definiranje standarda u području agentskih tehnologija.

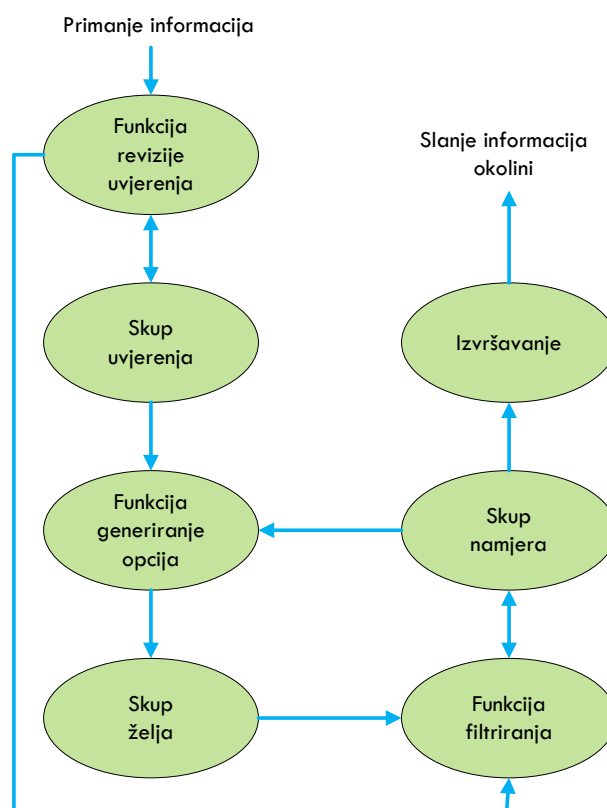
IV. BDI AGENTI

U području umjetne inteligencije, u zadnjih nekoliko desetljeća, znanstvena istraživanja su dovela do razvoja tehnologija i metoda čija je uloga omogućavanje razvoja inteligentnih agenata. Ovi agenti bili bi u stanju samostalno izvršavati operacije bez potrebe za interakcijom s njegovim vlasnikom. Cilj istraživanja je razvoj agenta koji bi bio u stanju zamijeniti ljude u izvršavanju poslova. Kao najbolji primjer inteligencije znanstvenici uzimaju ljudska bića te oponašajući čovjekov način razmišljanja pokušavaju razviti agenta koji koristi ista načela. Iako je zamišljena kao paradigma za razvoj inteligentnih agenata, zbog fleksibilnost i dinamičnosti programskih okvira koji ga implementiraju, BDI agenti koriste se i za izvedbu simulacija, poslovnih i telekomunikacijskih aplikacija te automatizaciju postupaka koje inače obavlja osoblje u tvrtkama [20].

Korijeni BDI paradigme potječu iz filozofije i iz djela Bratmana [21]. Autor je u svojem djelu s filozofskog stajališta analizirao kontradikcije namjera orijentiranih prema budućim događajima te je identificirao tri komponente: uvjerenja (engl. *belief*), želje (engl. *desires*) i namjere (engl. *intentions*). Uvjerenje je informacijska komponenta u kojoj agent pohranjuje znanje koje posjeduje o okolini u kojoj djeluje. Znanje se može stjeći primanjem informacija od okoline, a kod agenata koji posjeduju mehanizme učenja i predviđanjem ponašanja okoline. Prva komponenta važna je za reaktivne agente dok je druga komponenta prisutna kod proaktivnih agenata. Način pohranjivanja znanja ovisi o domeni primjene agenta odnosno implementaciji BDI agentskog sustava. Druga komponenta, koja se vrlo često naziva i motivacijskom komponentom, su želje. Svaki agent ima određen skup operacija koje može izvršiti ovisno o svojem internom stanju te stanju okoline. Zadnja komponenta jednog BDI sustava su namjere. Dok želje predstavljaju skup svih operacija koje agent može izvršiti namjere predstavljaju dio tih operacija koje se trenutno izvršavaju. "Namjera je želja s obvezom" je izraz koji je autor u članku [22] iskoristio za opis namjera jer ako agent odluči izvršiti

neku od operacija on preuzima i obvezu završetka te operacije. Namjere utječu na izvršavanje agenta [23] ograničavanjem daljnje izbora namjera jer dvije namjere, koje se trenutno izvršavaju, ne smiju biti međusobno konfliktne. Jednom započeto izvršavanje namjere završava samo u slučaju uspješnog završetka, ne mogućnosti daljnje izvršavanja namjere ili ako agent odluči da daljnje izvršavanje nema smisla. Namjere utječu i na izvršavanje agenata jer agent pretpostavlja da će se izabrane namjere uspješno izvršiti pa svoje daljnje akcije temelji na tom uvjerenju. Ako agent ne uspije uspješno završiti namjeru jednim skupom akcija obavezan je izabrati neki drugi skup.

Na temelju djela Bratmana te autora u članku [24] razvijen je prvi BDI agentski sustav nazvan Procedural Reasoning Systems (PRS) [25]. PRS je definirao jezgru agenta odnosno osnovno načelo rada prevoditelja (engl. *interpreter*) čiji je zadatak upravljanje radom BDI agentskog sustava. Slika 3 prikazuje korake izvođenja prevoditelja. Svaki agent posjeduje komunikaciji sustav čiji je zadatak primanje informacija od okoline u kojoj agent djeluje. Nakon primitka informacija iz okoline, funkcija revizije uvjerenja analizira primljenu informaciju te generira izmijenjeni skup uvjerenja. Ovaj skup nastaje dodavanjem, izmjenom ili brisanjem uvjerenja iz baze agentovih uvjerenja ovisno o primljenim informacijama. Sljedeći korak u radu prevoditelja je funkcija generiranja opcija. Prevoditelj analizira svoj skup uvjerenja te želje koje



Slika 3. Koraci izvođenja prevoditelja

posjeduje te izdvaja skup želja čiji su uvjeti za izvršavanje ispunjeni. Funkcija filtriranja zatim analizira skup uvjerenja, želja i namjera te odabire konzistentan skup želja koje se zatim dodaju u skup agentovih namjera. Zadnji korak izvršavanja prevoditelja je izvršavanje agentovih namjera.

Funkcija generiranja opcija i filtriranja dio su procesa koji se naziva prosuđivanje (engl. *deliberation*). Ovaj proces iz skupa agentovih želja, a na temelju agentovih uvjerenja, određuje koje će namjere agent dalje izvršavati te koje će akcije pri tome koristiti. Ispravna implementacija ovog procesa u BDI agentskom sustavu od ključne je važnosti jer proces prosuđivanja zauzima procesorsko vrijeme koje agent koristi i za izvršavanje namjera. U dinamičnim sustavima zbog loše implementacije procesa prosuđivanja mogu se dogoditi situacije da agent više vremena troši na proces prosuđivanja nego na izvršavanje namjera. Autor u članku [24] definira tri vrste agenata ovisno o definiranom procesu prosuđivanja i okolini u kojem djeluju: slijepo odan (engl. *blindly-committed*), otvoren (engl. *open-minded*) i jednostruko orijentiran (engl. *single-minded*) agent. Slijepo odan agent, nakon određivanja skupa namjera, ustraje u svojim namjerama sve dok ih ne ostvari bez obzira na promjene u okolinu. Ova vrsta agenta je pogodna za ne dinamične okoline s slabim intenzitetom promjene. Otvoren agent je pogodan za vrlo dinamične okoline jer omogućuje stalnu analizu stanja okoline te brzu prilagodbu svojih namjera novim okolnostima. Kombiniranjem otvorenog i slijepo odanog agenta nastao je jednostruko orijentiran agent.

Osim što je definirao model prevoditelja, PRS je definirao i model osnove arhitekture BDI agentskog sustava. Ovaj model, kao i prije definirani model prevoditelja, nadograđivan je u novijim izvedbama BDI agentskih sustava (kao što su JACK

[26], JADEx [27], dMARS [28]) ali je osnovno načelo rada ostalo nepromijenjeno. Slika 4 prikazuje osnovnu arhitekturu BDI agentskog sustava. Osim prevoditelja te baze uvjerenja i namjera uvedena su još dva dodatna elementa: baza ciljeva i biblioteka planova.

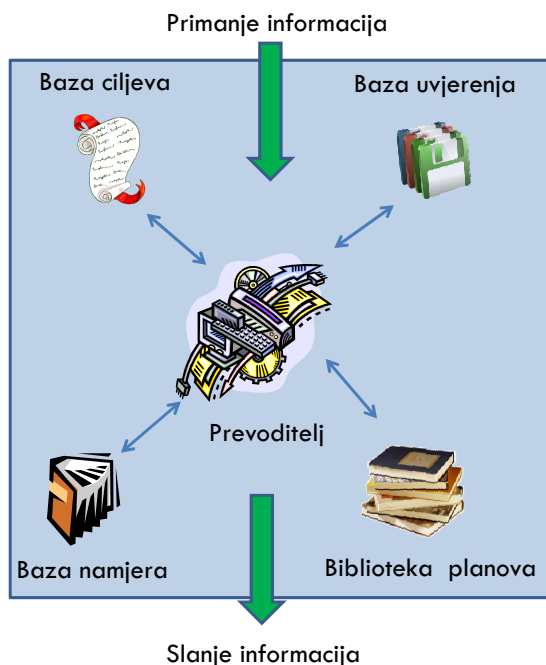
Cilj je po svojoj funkcionalnosti vrlo sličan pojmu želje. On definira operacije koje je agent sposoban izvoditi. Agentove želje predstavljaju podskup agentovih ciljeva. Svaki cilj ima određen broj preduvjeta koji definiraju vrijednosti uvjerenja u agentu. Kada okolina postigne definirane vrijednosti cilj ima uvjete za svoje stvaranje. Agentski sustav tada stvara cilj i dodaje ga u skup želja agenta. U svrhu povećanja efikasnosti i fleksibilnosti stvoreno je nekoliko vrsta ciljeva. Svaka vrsta cilja sastoji se od parametara koji definiraju kada se cilj stvara, izvodi te kada njegovo izvođenje završava. Time je omogućena lakša prilagodba operacijama koje agent izvodi. Tablica I definira vrste ciljeva koji su uvedeni u najrazvijenijim implementacijama BDI agentskih sustava [29].

TABLICA I
VRSTE CILJEVA

	KAOS	Gaia	JACK	PRS	JAM	Jadex
Achieve	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Maintain	✓	✓		✓	✓	✓
Cease	✓					
Avoid	✓					
Optimize	✓					
Test			✓	✓		
Query					✓	✓
Perform					✓	✓
Preserve			✓	✓		

Definirani ciljevi su:

- *Achieve* vrsta cilja koristi se kada želimo postići određeno stanje okoline. Cilj definira dva dodatna parametra. Prvi je krajni uvjet koji definira željeno završno stanje okoline. Kada se postigne to stanje smatra se da je cilj završen. Drugi uvjet je uvjet neuspjeha. On definira kada se smatra da agent nije u mogućnosti završiti taj cilj. Razlog neuspjeha može biti greška u pristupu resursima, drugim agentima ili greška u samom agentu. Suprotnu funkcionalnost od *achieve* cilja definiran je *cease* vrstom cilja,
- Cilj kojem je uloga održavanje stanja okoline u određenim granicama naziva se *maintain*. Dva dodatna parametra su definirana *maintain* ciljem. Prvi je uvjet održavanja koji definira stanje okoline koje treba održavati. Drugi uvjet je krajni uvjet koji definira kada agent prestaje održavati stanje okoline. Suprotnu funkcionalnost od *maintain* cilja ima *avoid*. Sličnu funkcionalnost ima i *preserve* cilj s razlikom da njegovo izvođenje prestaje kada se uvjet održavanja prekriši,
- *Query* cilj se koristi za dohvat informacija potrebnih agentu. Pokretanjem ovog cilja pokreće se dohvat podatka. Dodatni krajni uvjet definira da li je dohvaćena potrebna informacija. Kada agent zaključi da su svi potrebni podaci prikupljeni, cilj završava,



Slika 4. Model osnovne arhitekture BDI agentskog sustava

- Cilj koji omogućuje agentu optimiziranje svojih budućih akcija naziva se *optimize*. Svaki agent posjeduje skup ciljeva koje može izvoditi. Krajni rezultat svakog od ciljeva povezan je s faktorom vrijednosti za agenta. Zadatak ovog cilja je da prije nego što se ciljevi izvrše provjeri koji od njih rezultira maksimalnim faktorom vrijednosti za agenta te pokrene isključivo njegovo izvršavanje [30],
- *Perform* cilj definira akcije koje se mogu izvoditi ciklički. Nakon pokretanja izvršavanja cilja agent odabire planove koji se mogu izvršiti, a rezultiraju uspješnim završetkom cilja. Akcije se izvršavaju sve dok krajni uvjet cilja ne bude ispunjen ili dok se ne dogodi greška,
- Cilj *test* omogućuje testiranje ispunjenosti uvjeta.

Plan je druga komponenta osnovnog modela BDI agentskog sustava. Za razliku od cilja koji definira koje operacije agent može izvoditi, plan specificira kako se operacija može izvršiti. Plan se sastoji od dva osnovna dijela: uvjeta i tijela. Uvjeti definiraju kada se plan može primijeniti za izvršavanje nekog cilja. Definirana su dva uvjeta: preduvjet i uvjet aktivacije. Preduvjet definira kada agentski sustav može uvrstiti plan u listu mogućih planova s kojim se neki cilj može ostvariti. Kao uvjet se može postaviti primitak poruke od strane nekog drugog agenta, aktiviranje cilja u agentu ili promjena vrijednosti parametra u bazi uvjerenja. Uvjet aktivacije definira stanje okoline u kojem se ovaj plan može primijeniti. Tijelo plana definira konkretne korake koje se moraju izvršiti. Unutar tijela, plan može aktivirati i neki drugi cilj. Tako aktivirani cilj preuzima dalje izvršavanje. Za vrijeme izvršavanja cilja plan je privremeno suspendiran. Na ovaj način omogućeno je hijerarhijsko definiranje ciljeva po razinama. Plan koji se trenutno izvršava dio je skupa namjera agenta.

Jedna od prednosti primjene BDI agenata je i njegova sposobnost oporavka u slučaju greške. Do greške može doći iz različitih razloga, koje nije uvijek moguće predvidjeti unaprijed, zbog kompleksnosti samoga sustava ili zbog promjene u okolini koja je poništila uvjete donošenja prijašnje odluke. BDI agenti rješavaju probleme koje nastaju zbog grešaka u sustavu, omogućujući definiranje nekoliko različitih planova za svaki cilj. U procesu prosuđivanja prevoditelj odabire plan čija je vjerojatnost uspjeha najveća. U slučaju da plan iz nekoga razloga ne uspije, u sljedećem ciklusu rada prevoditelja odabire se sljedeći najvjerojatniji plan. Ovaj proces će se nastaviti sve dok plan ne uspije ili ne postoji novi plan u biblioteci planova. Isto načelo može se primijeniti i kod hijerarhijski definiranih ciljeva. U slučaju da pod cilj nije u mogućnosti nastaviti svoje izvođenje prevoditelj u sljedećem ciklusu može aktivirati sljedeći kompatibilan cilj [31].

Ciljevi mogu međudjelovati pozitivno ili negativno [32]. Pozitivno međudjelovanje ciljeva se događa kada dva cilja dijele isti plan ili neki drugi cilj na nižoj hijerarhijskoj razini. Umjesto da se plan ili cilj izvršava nekoliko puta prevoditelj može optimizirati izvođenje te ih izvršiti zajednički za sve ciljeve koji ih koriste. U članku [24] na temelju kojega je nastao PRS pretpostavljeno je da dva cilja ne mogu biti međusobno konflikta. U realnim implementacijama BDI agentskih sustava gdje u jednom agentu postoji velik broj raznih ciljeva

ova pretpostavka je ne realna. Razlog leži ne zbog toga jer su agentu dodijeljene dvije međusobno suprotne operacije već u većini slučajeva zbog pristupa resursima. Dva cilja mogu u istom trenutku tražiti pristup istim resursima te pritom dolaze u konflikt. Iako ne postoji generalno rješenje ovog problema jedno od ponuđenih rješenja predstavljeno je u [33]. Autori članka uvode dva nova uvjeta za ciljeve: kardinalnost i inhibicijska grana. Uvjet kardinalnost omogućuje definiranje maksimalnog broja aktivnih ciljeva dok inhibicijska grana definira kad može doći do konflikta između dva cilja. Ova dva uvjeta se koriste u procesu prosuđivanja. Ako prevoditelj detektira konflikt između dva cilja, prioritetniji cilj će se aktivirati dok će drugi cilj biti privremeno suspendiran.

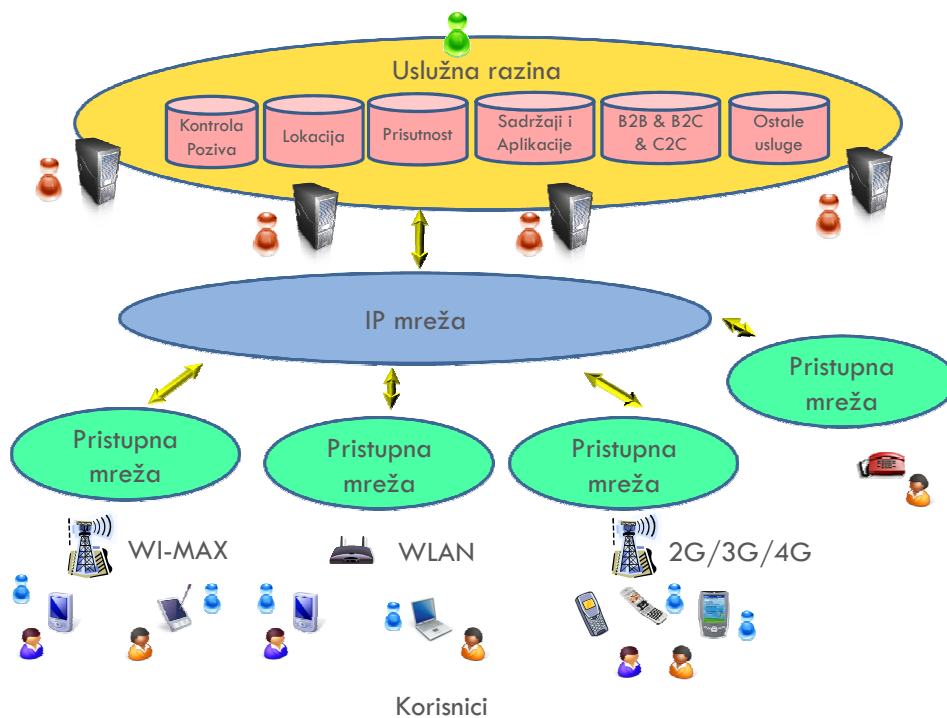
A. Prednosti BDI agenata

U prijašnjim poglavljima objašnjena su osnovna načela BDI paradigme. Uzevši u obzir sve komponente BDI arhitekture, postavlja se pitanje koje su prednosti BDI agenata? Osim što se temelje na filozofskoj teoriji ljudskog razmišljanja i dobroj formalnoj podlozi, korištenjem logike prvog reda, temporalne, dinamičke i BDI logike, paradigma se već koristi za razvoj kompleksnih komercijalnih aplikacija [22]. BDI paradigma je ciljno orijentirana tehnologija gdje su ciljevi u fokusu razvojnog procesa aplikacija. U procesu dizajna aplikacije dizajner mora definirati koje su zadaće aplikacije te preslikati te zadaće u BDI ciljeve. BDI arhitektura omogućava hijerarhijsko definiranje ciljeva gdje jedan vršni cilj koji predstavlja jedan zadatak aplikacije može biti razložen na pod ciljeve. Svaki pod cilj rješava jedan podskup problema. Ciljevi mogu imati jedan ili više planova u kojima se definiraju koraci koji se moraju izvesti. Naglasak je da ciljevi i planovi budu što jednostavniji jer se tako povećava ponovna iskoristljivost komponente aplikacije.

U razvojnom procesu aplikacije zadnji korak nije isporuka aplikacije krajnjem korisniku već se životni ciklus aplikacije nastavlja fazom održavanja. Prema nekim izvorima [34] faza održavanja sustava ponekad može dosegnuti i do 50% ukupnog troška projekt. U tradicionalnom pristupu razvoja aplikacije zbog toga je vrlo važno odrediti što aplikacija radi kao i sve moguće rizike i greške koje se mogu dogoditi u radu aplikacije s ciljem smanjivanja troškova održavanja aplikacije.

U novoj generaciji mreže ovaj problem doći će još više do izražaja jer pružatelji usluga suočeni sa sve većom konkurencijom na tržištu, moraju isporučiti nove usluge u što kraćem roku i manjim troškovima razvoja kako bi bili što konkurentniji. Drugi problem s kojim se pružatelji suočavaju je brzina promjena. Zbog čestih uvođenja novih usluga, promjene mehanizama naplate, tehnologije ili državnih propisa često promjene zahtjeva aplikacije postati će stvarnost [35].

Primjena načela BDI paradigme može smanjiti troškove razvoja aplikacije te omogućiti lakšu prilagodbu promjenama. Smanjenje troškova aplikacije postiže se primjenom ciljeva i planova. Za razliku od tradicionalnih metoda razvoja aplikacije gdje se u fazi implementacije sustava tijekom izvršavanja aplikacije i oporavak u slučaju greške moraju explicitno, za što veći broj situacija koje se mogu pojaviti tijekom rada



Slika 5. Primjene agenata u novoj generaciji mreže

aplikacije, kako bi se smanjili troškovi kasnijeg uvođenja. Kod BDI agenata u fazi implementacije definiraju se samo ciljevi za trenutno poznate zahtjeve. Ako se u procesu razvoja ili održavanja aplikacije pojave novi zahtjevi potrebno je samo definirati nove ciljeve i planove za taj zahtjev.

Oporavak sustava od greške kod BDI agenata riješen je načelom ustrajnosti jer ako izvršenje cilj ne uspije izvršavanjem jednog plana agent može probati izvršiti neki drugi plan iz baze planova. Na ovaj način količina mehanizama za oporavak sustava koji se moraju implementirati je znatno smanjen. BDI agenti se lakše prilagođavaju promjenama u dinamičnim sustavima jer se tijekom izvršavanja agenta određuje u postupku deliberacije odnosno trenutak prije samog izvršavanja plana. Na ovaj način agent uvijek odabire cilj ili plan koji je najprikladniji za trenutno stanje okoline.

V. PRIMJENA AGENATA U NOVOJ GENERACIJI MREŽE

BDI programski agenti zbog svoje fleksibilnosti i mogućnosti prilagodbe imaju velik potencijal primjene za razvoj usluga u novoj generaciji mreže. Slika 5 identificira dva područja primjene BDI agenata: na korisničkim terminalima te na uslužnoj razini u arhitekturi nove generacije mreže. Ograničenje u primjeni BDI agenata na korisničkim terminalima trenutno predstavlja manja procesna snaga te količina memorije koju većina današnjih mobilnih uređaja posjeduje. Zbog navedenog je implementacija usluga na korisničkim terminalima trenutno ograničena na određene modele PDA uređaja ali zbog ubrzanog razvoja sve naprednijih mobilnih uređaja očekuje se mogućnost implementacije istih na uređaje

dostupnije široj korisničkoj bazi [36]. Neke od mogućih primjena uključuju:

- **Prikupljanje i filtriranje informacija:** Od svojih početaka, kada se sastojao od samo nekoliko računala, Internet se danas razvio u globalnu mrežu koja pruža gotovo beskonačan izvor informacija. Zbog toga je potraga za relevantnim informacijama za korisnika postala dugotrajna aktivnost. U novoj generaciji mreže pristup informacijama biti će još olakšan jer će nove usluge omogućiti korisnicima pokretan pristup informacijama. Agenti mogu olakšati dohvat relevantnih informacija zbog svoje osobine pokretljivosti i učenja. Svojstvo pokretljivosti omogućuje agentu da migrira na udaljene čvorove na kojem može pretraživati dostupne informacije te filtrirati informacije koje nisu bitne korisniku. Učenje omogućuje agentu da unaprijed predvidi potrebe korisnika,
- **Kontrola korisničkih postavki:** Svaki korisnik može definirati svoje sklonosti te na taj način omogućiti mreži da se prilagodi njegovim potrebama. Korisnički agent analizirao bi trenutno stanje mreže te samog korisnika prilagođavajući karakteristike usluga koje koristi ovisno o definiranim sklonostima. Ako se, na primjer, korisnik trenutno nalazi u području koje je pokriveno samo GPRS signalom, a želi koristiti multimedijalne usluge, ovaj agent može korisniku omogućiti korištenje usluge ali s smanjenom kvalitetom usluge. Ako korisnik tijekom svojega kretanja dođe u područje s mrežom veće propusnosti agent može prilagoditi uslugu novim okolnostima

u mreži,

- **Elektroničko tržište:** Elektroničko tržište omogućuje korisniku automatizaciju procesa kupnje usluga. Ako je korisnik zainteresiran za nabavu usluge s određenim karakteristikama on može parametre tražene usluge predati agentu specijaliziranom za nabavu. Taj agent može migrirati na udaljene čvorove te pregovarajući na elektroničkom tržištu [37], [38] s agentima pružatelja usluga, korisniku kupiti usluga s najboljim omjerom *kvaliteta/cijena*. Isto se načelo može iskoristiti i za pružatelje usluge čiji agenti mogu, na tržištu, ponuditi svoje usluge korisnicima. Zadatak ovih agenata je da usluge ponude po optimalnoj cijeni ovisno o ponudi i potražnji na tržištu [39], [40],
- **Automatizacija instalacije usluga:** U novoj generaciji mreža, koja će integrirati različite tehnologije, mreže i terminale ali i pružatelje usluga, mora se omogućiti automatizacija postupka instalacije nove usluge u mreži [41]. Ovisno o usluzi koja se instalira, programski agenti mogu omogućiti prilagodbu postupka instaliranja. Nakon iniciranja postupka instalacije usluge, agenti migriraju na čvorove u mreži na kojima treba instalirati softvere. Ovisno o karakteristikama udaljenih čvorova dohvaćaju potreban softver te instaliraju i konfiguriraju uslugu.

Primjer jednog programskog okvira za automatizaciju usluga u mreži je RMS (Remote Maintenance Shell) razvijen na Zavodu za telekomunikacije, Fakulteta elektrotehnike i računarstva. RMS je agentski orijentirani programski okvir za udaljenu kontrolu nad softverom. Distribuirana arhitektura RMS-a sastoji se od dvije komponente: RMS konzole i RMS poslužitelja. RMS konzola je administrativni dio RMS koji omogućuje definiranje operacija nad udaljenim čvorovima (RMS podržava operacije migracije, instalacije, pokretanja/zaustavljanja rada aplikacije kao i testiranje novih aplikacija). RMS poslužitelj mora biti instaliran na udaljenom čvoru, a predstavlja okolinu u kojoj se mogu izvoditi operacije i aplikacije [42], [43].

RMS je razvijen koristeći programski jezik Java te Jade agentsku platformu. Korištenjem BDI agentske paradigme ova

platforma se može unaprijediti kako bi se omogućila brža prilagodba novim tehnologijama i uslugama u novoj generaciji mreže. Slika 6 prikazuje arhitekturu RMS-a unapređenog korištenjem BDI agenata. RMS konzoli je dodano sučelje za automatizaciju procesa upravljanja koje omogućuje drugim aplikacijama pristup funkcionalnostima RMS-a. RMS poslužitelj se sastoji od sljedećih komponenti:

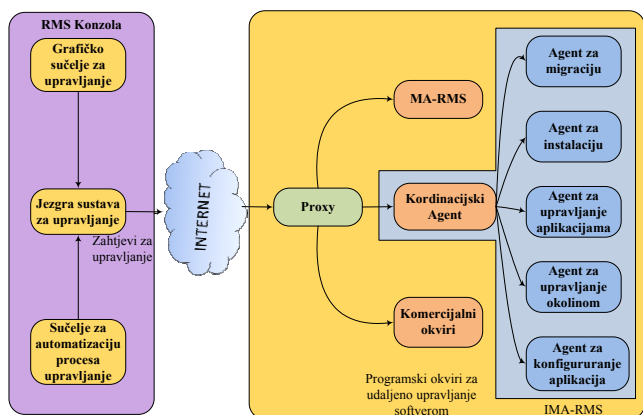
- Proxy Agent omogućuje korištenje više verzija RMS na istom stroju ili nekog drugog komercijalnog okvira za udaljeno upravljanje softverom,
- Agent za migraciju upravlja procesom preuzimanja datoteka s udaljenih poslužitelja korištenjem HTTP, FTP ili nekog drugog protokola,
- Postupak instalacije programskih komponenti za udaljeno računalno provodi agent za migraciju. Programske komponente se mogu instalirati na Web poslužitelj, direktno na operacijski sustav ili korištenjem drugih vrsta poslužitelja,
- Pokretanje ili zaustavljanje rada aplikacija pod nadzorom je agenta za upravljanje aplikacijama,
- Agent za upravljanje okolinom kontrolira rad poslužitelja na udaljenim računalima,
- Postupak konfiguriranja instaliranih aplikacija zadatak je agenta za konfiguriranje aplikacija.

Dvije osnovne komponente BDI agenata koje omogućuju prilagodbu RMS-a novim tehnologijama u novoj generaciji mreže su planovi i ciljevi. Ciljevi omogućuju uvođenje novih protokola i postupaka za upravljanje aplikacijama i udaljenim čvorovima. Svaki cilj može imati više planova gdje svaki plan definira akcije koje se moraju izvesti za različite protokole. Planovima se mogu definirati i redundantne akcije koje se mogu izvoditi u slučaju pogrešaka u sustavu. Tako se na primjer Agent za migraciju, dodavanjem novih planova, može unaprijediti da osim standardnih protokola HTTP i FTP koristi SCP ili HTTP-S. Agentu za upravljanje okolinom mogu se dodatno definirati mehanizmi za upravljanje drugim poslužiteljima kao što su GlassFish ili IIS.

VI. ZAKLJUČAK

Povećana konkurencija na telekomunikacijskom tržištu dovela je do smanjenja cijena usluga telekomunikacijskih operatora. Ako novi operatori želi opstati na tržištu morati će ponuditi nove inovativne usluge koje će privući nove korisnike, a sadržati već postojeće. Jedno od rješenja je uvođenje nove generacije mreže koja omogućava interoperabilnost terminala, novih mreža i programskih tehnologija. Sve ovo omogućiti će razvoj novih naprednih usluga te smanjenje troškova uvođenja istih.

Telekomunikacijski operatori koji žele uvesti novu generaciju mreže morati će promijeniti svoj poslovni model jer te se transformirati u nove poslovne subjekte koje integriraju u svoje poslovanje konstantni razvoj novih inovativnih usluga i tehnologija. Od operatora će se tražiti da razviju nove mehanizme koji će omogućiti automatizaciju te prilagodbu i rekonfiguraciju usluga i infrastrukture.



Slika 6. Arhitektura RMS-a unapređenog BDI agentima

Programski agenti jedna su od tehnologija koje omogućava razvoj naprednih usluga jer omogućava razvoj inteligentnih usluga koje se prilagođavaju korisniku. Korištenjem programskih agenata mogu se i automatizirati poslovi koje bi korisnici ili mrežni operatori morali obavljati samostalno.

BDI agenti na već postojeće osobine programskih agenta dodaju i ciljno orijentirane osobine koje olakšavaju razvoj novih aplikacija te manje troškove održavanja. Novi ciljevi i planovi, koji su osnova BDI agenta, mogu se dodavati i nakon implementacije u mreži telekomunikacijskog operatora te tako omogućiti lakšu prilagodbu novih i već postojećih usluga novim tehnologijama. Druga prednost BDI agenata jest da tijekom izvršavanja nije fiksno određen već agent izvodi akcije koje su u skladu s trenutnim stanjem okoline u kojoj agent djeluje.

REFERENCE

- [1] N. Houssos, A. Alonistioti, L. Merakos, E. Mohyeldin, M. Dillinger, M. Fahrmaier, and M. Schoenmakers, "Advanced adaptability and profile management framework for the support of flexible mobile service provision," *Special Issue on (R)Evolution towards 4G Mobile Communication Systems*, vol. 10, no. 4, Kolovoz 2003.
- [2] S. Frattasi, H. Fathi, F. Fitzek, M. Katz, and R. Prasad, "Defining 4G Technology from the User Perspective," *IEEE Network Magazine*, vol. 20, no. 1, pp. 35–41, Siječanj 2006.
- [3] J. Crimi, "Next generation network services," Telcordia Technologies, Tech. Rep., 2003.
- [4] F. Shen and A. Clemm, "Profile-based subscriber service provisioning," in *Proceedings of the 8th IEEE Network Operations and Management Symposium*, Travanj 2002, pp. 561–574.
- [5] O. Benali, K. El-Khazen, D. Garrec, M. Guiraudou, and G. Martinez, "A framework for an evolutionary path toward 4G by means of cooperation of networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, no. 5, pp. 82–89, Svibanj 2004.
- [6] N. Houssos, V. Gazis, S. Panagiotakis, S. Gessler, A. Schuelke, and S. Quesnel, "Value-added service management in 3G networks," in *Proceedings of the 8th IEEE/IFIP Networks Operations and Management Symposium*, Travanj 2002, pp. 529–545.
- [7] J. L. Yoon, "Telco 2.0: a new role and business model," *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, no. 1, pp. 10–12, Siječanj 2007.
- [8] O. Fouial, A. Fadel, and I. Demeure, "Adaptive service provision in mobile computing environments," in *Proceedings of the 2th IEEE Workshop on Applications and Services in Wireless Networks*, Srpanj 2002.
- [9] M. H. Sherif and S. Ho, "Evolution of operation support systems in public data networks," in *Proceedings of the 5th IEEE Symposium on Computers & Communications*, 2000, pp. 72–77.
- [10] M. J. Wooldridge and N. R. Jennings, "Intelligent Agents: Theory and Practice," *Knowledge Engineering Review*, vol. 10, no. 2, pp. 115–152, Lipanj 1995.
- [11] J. Ferber, *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, 1999.
- [12] D. Fensel, *Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*. Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2003.
- [13] W. R. Cockayne and M. Zyda, *Mobile Agents*. Manning Publications Co., 1998.
- [14] P. Braun and W. R. Rossak, *Mobile Agents: Basic Concepts, Mobility Models, and the Tracy Toolkit*. Morgan Kaufmann, 2004.
- [15] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.
- [16] J. M. Bradshaw, Ed., *Software agents*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1997.
- [17] "Java Agent Development Framework home page," <http://jade.tilab.com/> (16.05.2007.).
- [18] F. L. Bellifemine, G. Caire, and D. Greenwood, *Developing Multi-Agent Systems with JADE (Wiley Series in Agent Technology)*. Wiley, Travanj 2007.
- [19] "The Foundation for Intelligent Physical Agents home page," <http://www.fipa.org/> (17.05.2007.).
- [20] P. Wallis, R. Ronnquist, D. Jarvis, and A. Lucas, "The automated wingman - using JACK intelligent agents for unmanned autonomous vehicles," in *Aerospace Conference Proceedings*, vol. 5, 2002, pp. 2615–2622.
- [21] M. Bratman, *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press, 1987.
- [22] J. Tweedale, N. Ichalkaranje, C. Sioutis, B. Jarvis, A. Consoli, and G. Phillips-Wren, "Innovations in multi-agent systems," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 30, no. 3, pp. 1089–1115, 2007.
- [23] G. Weiss, *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press, Srpanj 2000.
- [24] A. S. Rao and M. P. Georgeff, "BDI agents: From theory to practice," in *Proceedings of the First International Conference on Multiagent Systems (ICMAS '95)*. The MIT Press, 1995, pp. 312–319.
- [25] M. P. Georgeff and F. F. Ingrand, "Decision making in an embedded reasoning system," *Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Intelligence*, pp. 972–978, 1998.
- [26] "Jack intelligent agents," <http://www.agent-software.com/shared/home/> (28.06.2007.).
- [27] "Jadex web site," <http://vsis-www.informatik.uni-hamburg.de/projects/jadex/> (28.06.2007.).
- [28] M. d'Inverno, D. Kinny, M. Luck, and M. Wooldridge, "A formal specification of dmars," in *ATAL '97: Proceedings of the 4th International Workshop on Intelligent Agents IV, Agent Theories, Architectures, and Languages*. London, UK: Springer-Verlag, 1998, pp. 155–176.
- [29] L. Braubach, A. Pokahr, D. Moldt, and W. Lamersdorf, "Goal representation for BDI agent systems," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3346, pp. 44–65, 2005.
- [30] A. van Lamsweerde, "Goal-oriented requirements engineering: a guided tour," in *Requirements Engineering, 2001. Proceedings. Fifth IEEE International Symposium on*, 2001, pp. 249–262.
- [31] J. Harland, D. Morley, J. Thangarajah, and N. Yorke-Smith, "Aborting goals and plans in BDI agents," in *Proceedings of the Sixth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems (AAMAS'07)*, Svibanj 2007.
- [32] J. Thangarajah, L. Padgham, and M. Winikoff, "Detecting & exploiting positive goal interaction in intelligent agents," in *AAMAS '03: Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003, pp. 401–408.
- [33] A. Pokahr, L. Braubach, and W. Lamersdorf, "A flexible BDI architecture supporting extensibility," in *The 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT-2005)*, 9 2005, pp. 379–385.
- [34] Agentis, "Goal-directed agent technology: A radical new approach to lowering time to market and total cost of ownership," Agentis International Inc., Tech. Rep., 2006.
- [35] S. S. Benfield, J. Hendrickson, and D. Galanti, "Making a strong business case for multiagent technology," in *Proceedings of the 5th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems (AAMAS 06)*. New York, NY, USA: ACM Press, 2006, pp. 10–15.
- [36] M. O'Grady and G. O'Hare, "Mobile devices and intelligent agents—towards a new generation of applications and services," *Information Sciences*, vol. 171, no. 4, pp. 335–353, 2007.
- [37] V. Podobnik, G. Ježić, and K. Tržec, "An agent-mediated electronic market of semantic web services," in *Proceedings of the AAMAS Workshop on Business Agents and the Semantic Web (BASeWEB '06)*, Svibanj 2006, pp. 1–10.
- [38] V. Podobnik, K. Tržec, and G. Ježić, "An auction-based semantic service discovery model for e-commerce applications," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4227, pp. 97–106, 2006.
- [39] K. Jurasović, "Natjecanje agenata u upravljanju opskrbnim lancima," Diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, Travanj 2005.
- [40] V. Podobnik, A. Petrić, and G. Ježić, "The Crocodileagent: Research for efficient agent-based cross-enterprise processes," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4227, pp. 752–767, 2006.
- [41] A. Petrić, I. Ljubić, K. Tržec, G. Jezic, M. Kusek, V. Podobnik, and K. Jurasović, "An agent based system for business-driven service provisioning," in *Proceedings of the 22nd International Conference on Artificial Intelligence*, 2007, u tisku.

- [42] I. Lovrek, G. Jezic, M. Kusek, I. Ljubi, A. Caric, D. Huljenic, and S. D. ad O. Labor, "Improving software maintenance by using agent-based remote maintenance shell," in *IEEE International Conference on Software Maintenance, ICSM03*. Amsterdam, Netherlands: IEEE Computer Society Press, 2003, pp. 440–449.
- [43] G. Jezic, M. Kusek, I. Lovrek, I. Ljubi, S. Desic, and B. Dellas, "Agent-based framework for distributed service management," in *Proceedings of the 18th IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing And Systems*, Dallas, USA, 2004, pp. 583–588.