

Inteligentný dom ako heterogénna agentová platforma

Michal Čertický, Martin Homola, Alexander Šimko a Jozef Šiška

FMFI, Univerzita Komenského
Mlynská dolina, 84248 Bratislava
Email: certicky@fmph.uniba.sk

Abstrakt

Inteligentný dom obsahuje rôzne elektronické zariadenia (vysávač, televízor, bezpečnostný systém, atď.) obohatené o senzory a základnú logiku. Nie všetky tieto zariadenia sú samé o sebe inteligentné, sú však schopné kooperovať ako autonómne agenty a tvoria inteligentný celok. Takéto správanie je príkladom tzv. ambientnej inteligencie. Rôzne užitočné domáce zariadenia so základnou výpočtovou silou sú dnes už priemyselne produkované a bežne dostupné. Pre realizáciu ozajstného inteligentného domu však samotné zariadenia nestačia - potrebujeme inteligentné agenty, ktoré budú zariadenia ovládať, a komunikačnú platformu, prostredníctvom ktorej budú kooperovať. V tomto článku popíšeme scenár inteligentného domu, navrhne architektúru ambientného systému pre jeho realizáciu a načrtne ako za pomoci tohto systému scenár uskutoční.

1 Úvod

Ambientná inteligencia [2] presadzuje myšlienku systémov pozostávajúcich z množstva malých zariadení distribuovaných v prostredí okolo nás, vykazujúcich inteligentné správanie ako celok, schopných v súčinnosti vykonávať netriviálne úlohy podporujúce a uľahčujúce rôzne ľudské aktivity. Takýmto systémom môže byť napríklad inteligentný dom, v ktorom rôzne elektronické zariadenia od chladničky a vysávača, cez telefón, televíziu, centrálné kúrenie a zabezpečovací systém sú prepojené so senzormi a obohatené o základnú logiku, či schopnosť učiť sa zvyklostiam používateľov, a stávajú sa tak autonómnyimi agentami schopnými kooperácie. Jednotlivé koncové body takéhoto systému, t.j. rôzne zariadenia s výpočtovou kapacitou (televízia, telefón, automatický vysávač) sú už dnes v domácnostiach pomerne bežné, mnohé ďalšie zariadenia, napríklad rôzne senzory, sú dostupné. Štandardizované a hromadne používané komunikačné protokoly (DLNA UPnP [3]) umožňujú priamu komunikáciu medzi takýmito zariadeniami, stále však chýba unifikujúca vrstva, ktorá by na vyššej úrovni sprostredkovala komunikáciu jednotlivých agentov a na základe ktorej by bolo možné budovať inteligentný systém.

Otvoreným problémom je tiež architektúra jednotlivých agentov, ako aj celého multi-agentového prostredia. V systémoch tohto typu pozorujeme predovšetkým ob-

rovskú rozličnosť jednotlivých zúčastnených agentov. Od jednoduchých reaktívnych agentov schopných napríklad zapnúť svetlo, ak niekto vojde do miestnosti, cez zariadenia s obmedzenou výpočtovou kapacitou (vysávač, televízor), po zložité subsystémy schopné vyhodnocovať vstupy z rôznych senzorov, plánovať, odhaľovať zvyklosti používateľov, ovládať jednoduchšie zariadenia, či odhaľovať ich zlyhanie. Časť z komunikujúcich agentov musí byť schopná logických úloh ako je diagnostika, usudzovanie, učenie sa a plánovanie. Len ťažko však možno predpokladať, že všetky z nich môžeme založiť na jednom formalizme alebo princípe. Architektúra takéhoto multi-agentového prostredia musí preto v čo možno najväčšej miere podporovať heterogenosť agentov.

V tomto článku popíšeme scenár inteligentného domu: navrhne aké zariadenia by mal obsahovať a aké správanie by mal vykazovať. Následne navrhne architektúru multi-agentového prostredia schopného realizovať takýto scenár. Využijeme pritom decentralizovanú multi-agentovú platformu LCP [1], ktorej silnou stránkou je, že umožňuje vysokú heterogenosť jednotlivých agentov. V poslednej časti ukážeme, ako je možné popísaný scenár za pomoci navrhutej architektúry realizovať.

2 Scenár

Pre popis nášho scenára z pohľadu užívateľa si predstavme domácnosť, v ktorej žijú dvaja ľudia: Alica a Bob.

Situácia 1 (audio) Bob sa vráti v obvyklom čase domov. Vchodové dvere sa odomknú akonáhle sa k nim priblíži dostatočne na to, aby ho dom identifikoval a vpustí ho s pozdravom dnu. Zatiaľ čo sa Bob vyzúva, audio systém začne hrať Jazz, čo je jeho obvyklou voľbou takto po práci. Bob síce nič také nenastavil, no dom sa po niekoľkých týždňoch používania naučil, aký hudobný žáner si takto po práci zvykne púšťať a začal to robiť zaňho. Keď mu v tom zazvoní telefón, automaticky sa zníži hlasitosť a po skončení hovoru sa zas obnoví. Neskôr večer, keď sa domov vráti Alica, tak sa hudobný žáner zmení na niečo čo zvyknú počúvať spoločne, alebo sa úplne vypne ak začnú pozerať film.

Situácia 2 (kúrenie) Bob a Alica majú fixnú pracovnú dobu. Domov sa zvyknú vracáť v tú istú dobu. Toto

štandardné správanie dom identifikuje. V dostatočnom predstihu nastaví domáce kúrenie, aby keď sa Bob a Alicia vrátia, privítalo ich to správne teplo domova.

Dnešný deň je však neštandardný. Bob odchádza na pracovnú cestu. Dva dni nebude doma. Bob si svoje aktivity zadáva do kalendára, takže dom môže využiť túto informáciu, aby nastavil kúrenie presne podľa Alicinej chuti. Vie totiž, že Alicia obľubuje vyššie teploty ako Bob. Alicia ani Bob však svoje preferencie domu nijako nezadávali. Dom sa ich naučil pozorovaním. Sledoval, ako si jednotliví obyvatelia domu manuálne ladia nastavenú teplotu.

Alicia má na dnešok tiež naplánovanú akciu. Po práci ide s kamarátkami do kina. Kúrenie sa preto zapne neskôr.

Situácia 3 (bezpečnosť) Bobovi dnes niekto ukradol jeho identifikačnú RFID kartu. Zlodej vie, že má niekoľko hodín kým si to Bob všimne, tak sa rozhodne vykradnúť jeho dom. Pokúsi sa použiť ukradnutú kartu na otvorenie dverí. Dom však vie, že toto nie je bežný čas, v ktorom sa Bob zvykne vracáť z práce a tiež vie, že podľa jeho kalendára má práve mať stretnutie v inej časti mesta. Rozhodne sa teda overiť jeho totožnosť. Skontroluje reálnu polohu Boba pomocou GPS na jeho mobilnom telefóne a zistí, že človek pred dverami naozaj nie je Bob. Okrem toho, že mu neotvorí dvere teda dom upozorní Boba aj Alicu na to čo sa deje, a pošle im aj niekoľko fotografií zlodeja.

3 Komunikačná platforma

Predložené scenáre zahŕňajú spoluprácu rôznych zariadení nachádzajúcich sa v domácnosti. Tieto zariadenia sa líšia nielen ich funkciami ale aj komplexnosťou a schopnosťou komunikovať s ostatnými zariadeniami. V dnešnej dobe mobilných riešení a internetu je možné čoraz viac z týchto zariadení ovládať alebo z nich získavať informácie priamo z telefónu či počítača. Objavujú sa aj zariadenia, ktoré môžu komunikovať priamo medzi sebou. Komunikačné protokoly sú však často viazané na jednotlivé zariadenia a veľmi špecifické (objavenie zariadení nejakého typu, vykonanie konkrétnej funkcie, zistenie konkrétnej informácie). Čoraz väčšej popularite sa však teší DLNA [3] štandard, ktorý umožňuje definovať jednotný protokol pre takmer všetky spotrebiče v domácnosti.

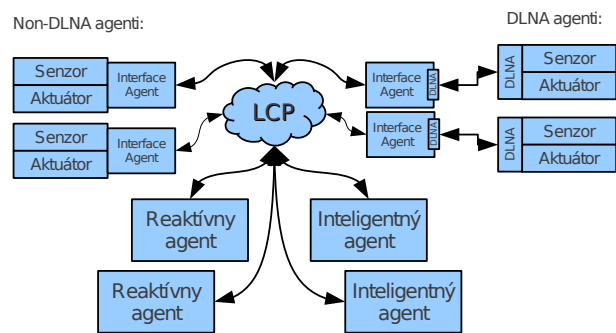
Je zrejmé, že uvedené scenáre nie je možné (so súčasnými, alebo v blízkej dobe prístupnými zariadeniami) realizovať bez dodatočných systémov, či už vo forme centrálnej riadiacej jednotky, alebo nejakého distribuovaného systému. V prípade distribuovaného systému potrebujú jednotlivé súčasti komunikovať nielen základné informácie a povel, ale aj zložitejšie koncepty.

Takéto problémy sú samozrejme skúmané v kontexte multi-agentových aplikácií, kde vznikli rôzne systémy a štandardy pre komunikáciu. Jedným z nich je aj štandard FIPA [5] vyvinutý práve pre komunikáciu heterogénnych systémov. Existujúce implementácie [4] sú však kom-

plexné, monolitické, viazané na jedinú platformu (Java) a nevhodné na tvorbu jednoduchých a malých agentov bežiacich na rôznych, často výpočtovo slabých, zariadeniach.

Práve tento problém rieši Ľahká komunikačná platforma (LCP) [1]. LCP implementuje časť FIPA špecifikácií s dôrazom na interoperabilitu, ale zároveň umožňuje tvorbu malých a rôznorodých aplikácií. Formát správ a transportný mechanizmus (Message Transport) dodržiava FIPA štandard ale správa agentov (Agent Management Service) je nahradená jednoduchšou implementáciou, čím je zachovaná interoperabilita s existujúcimi systémami na úrovni správ. LCP je implementovaná v C++ a Pythone a pripravuje sa implementácia v Jave.

4 Architektúra systému



Obr. 1: Architektúra systému.

Pre realizáciu uvedených scenárov budeme uvažovať silne distribuované riešenie založené na multi-agentovom systéme implementovanom pomocou LCP. Pretože samotné zariadenia komunikujú rôznymi protokolmi a nie všetky z nich sú vhodné na komunikáciu v rámci multi-agentového systému, pre väčšinu zariadení existujú v našej architektúre ich zástupcovia – Interface agenty. Jednotlivé agenty, či už reprezentujú jednotlivé zariadenia v dome alebo nejaké abstraktnejšie procesy alebo informácie, môžu bežať na rôznych zariadeniach a môžu sa v systéme dynamicky objavovať alebo z neho miznúť. Jednotlivé agenty sa tiež môžu silne líšiť svojimi výpočtovými schopnosťami: od úplne jednoduchých agentov, preposielajúcich príkazy zariadeniam, cez reaktívnych agentov až po inteligentných agentov schopných inferencie a plánovania. Hlavným cieľom takého systému inteligentného domu je, aby sa správal rozumne, nezávisle na množstve a špecifikách práve aktívnych agentov, pričom pridávanie nových agentov by malo túto mieru rozumného správania zvyšovať.

Základným prvkom architektúry je teda LCP agent, ktorý komunikuje s ostatnými agentmi a snaží sa plniť svoje ciele. Tými môže byť napríklad ovládanie svojho spotrebiča, či už na základe vlastnej inteligencie, alebo príkazov od ostatných. Inými cieľmi môže byť koordinácia

ostatných agentov alebo zbieranie a (netriviálne) spracovanie informácií v systéme.

Pretože systém sa má (dostatočne) rozumne správať aj vtedy keď sú aktívne len niektoré agenty, nie je možné agentov jednoznačne rozdeliť na inteligentných/plánovacích a neinteligentných senzoricko-vykonávacích. Skoro každý agent musí mať aspoň nejakú základnú funkčnú logiku pričom ďalšie agenty môžu zvyšovať mieru koordinovanosti.

Aj napriek tomu však možno v systéme identifikovať role, ktoré jednotlivé agenty vykonávajú:

- rozhranie (Interface), predstavuje rozhranie medzi systémom a reálnym spotrebičom, umožňuje ovládať funkcie zariadenia alebo získavať z neho informácie
- ovládač (Controller), pomocou rozhrania ovláda (niektoré) funkcie jedného alebo viacerých zariadení. Jedno zariadenie môže byť podľa potreby ovládané buď výlučne jedným ovládačom, alebo viacerými, ktorí sa môžu alebo nemusia navzájom koordinovať.
- koordinátor (Coordinator), jeho cieľom je koordinovať iných agentov v nejakej činnosti
- dátová služba (Data service), poskytovateľ / zhromažďovateľ informácií, buď od iných agentov alebo mimo systému (internet).

Jeden agent môže samozrejme implementovať viacero rolí: rozhranie pre nejaký spotrebič často implementuje aj jednoduchý ovládač, ovládač pre jedno zariadenie môže byť zároveň koordinátorom iných agentov.

5 Realizácia scenára

Pri samotnej implementácii inteligentného domu ako ambientne inteligentného systému si musíme vopred premyslieť zoznam plánovaných funkcií, a pre každú z nich sa zamyslieť, či chceme aby sa ju systém samostatne naučil, resp. prispôbil na mieru jednotlivých používateľov, alebo je vhodnejšie ju vopred definovať nejakým druhom logiky a ponechať nemennú.

Či už máme funkciu systému nastavenú na pevno, alebo sa ju systém sám učí, bude pre rozhodnutie o vykonaní akejkoľvek akcie potrebovať informácie o situácii (poloha používateľov, aktivita ktorú vykonávajú, čas a počasie, atď.). Ďalším krokom je teda vymedzenie vhodnej množiny senzorov. Tu sa dá uprednostniť úspornosť (zvolením čo najmenej množiny senzorov tak, aby boli zdieľané väčším množstvom aktuátorov), alebo odolnosť voči chybám a nepresnostiam (zväčšením počtu senzorov a umožnením vzájomnej kontroly ich funkčnosti, prípadne automatického diagnostikovania konfliktných pozorovaní). Tiež treba mať na pamäti možnosti jednoduchého pridávania ďalších funkcií v budúcnosti.

Tabuľka 1: Príklady funkcií z pohľadu “učenie vs. pevne definované správanie”

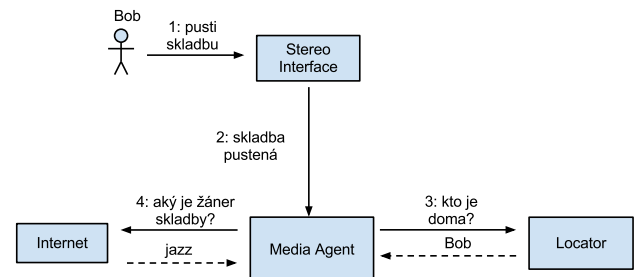
Funkcia	Učenie vs. Logika
Ovládanie médií	Učiť sa obľúbené programy, hudobné žánre...
Príprava kávy	Učiť sa podľa času, dňa v týždni, známok únavy...
Kúrenie	Učiť sa preferovanú teplotu
Ovládanie krbu	Hybridný prístup (napevno zakázať v neprítomnosti)
Polievanie kvetov	Nastavené používateľom
Svetlá	Učiť sa podľa času, vonk. svetla, a činnosti používateľov
Zabezpečenie / zámky	Nastavené používateľom
Žalúzie, okná, vetranie	Učiť sa zvyklosti podľa počasia, svetla a času

Ako príklad prakticky použiteľných senzorov môžeme uviesť RFID čítačky, kamery, tlakové, pohybové, teplotné či svetelné senzory, GPS na mobilných telefónoch používateľov, a samozrejme programy získavajúce informácie cez internet (osobné kalendáre, meteorologické informácie, aktuálny dátum a dni pracovného pokoja, atď.).

Opíšme teraz stručne realizáciu funkcií opísaných v jednotlivých situáciách zo sekcie 2.

5.1 Situácia 1 (audio)

Na tejto funkcii sa podieľa jeden učiaci sa inteligentný Media Agent a dva interface agenty: Non-DLNA agent Locator ovládajúci RFID čítačky a DLNA agent Stereo Interface ovládajúci stereo súpravu. Učiaci sa Media Agent sa najskôr potrebuje naučiť, za akých podmienok jednotliví používatelia zvyknú púšťať hudbu a aké žánre obľubujú (Obr. 2). Ak si užívateľ pustí hudbu, tak ho na to Stereo Interface upozorní a povie mu aj aká skladba bola pustená. On sa opýta agenta Locator, ktorý z užívateľov je práve doma (ten to má zistené na základe príslušnej RFID karty). Potom si Media Agent skontroluje čas a deň v týždni a zistí z internetu žáner spustenej skladby. Po dostatočnom množstve opakovaní sa takto naučí kto kedy zvykne púšťať akú hudbu a vie to začať robiť za neho (Obr. 3).



Obr. 2: Učenie obľúbenej hudby.



Obr. 3: Prehrávanie skladieb.

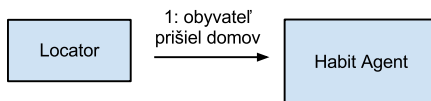
5.2 Situácia 2 (kúrenie)

Na zabezpečenie automatického kúrenia sú potrebné tri funkcionality:

- učenie sa obvyklých udalostí (kto a kedy zvykne prichádzať domov) (Obr. 4),
- učenie sa obľúbenej izbovej teploty (Obr. 5) a
- samotné nastavenie teploty kúrenia (Obr. 6).

Učenie sa obvyklých udalostí

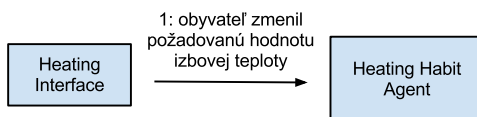
Locator poskytuje informácie o tom, kto je v dome a generuje notifikácie o tom, že niekto do domu prišiel alebo dom opustil. Habit Agent sa na základe týchto notifikácií učí obvyklú dobu, kedy sú obyvatelia domu doma a poskytuje tieto informácie ostatným agentom.



Obr. 4: Učenie sa obvyklých udalostí.

Učenie sa obľúbenej izbovej teploty

Heating Interface generuje notifikácie o tom, že niekto zmenil požadovanú teplotu kúrenia. Heating Habit Agent tieto notifikácie prijíma, učí sa obľúbenú izbovú teplotu a poskytuje ju ostatným agentom.



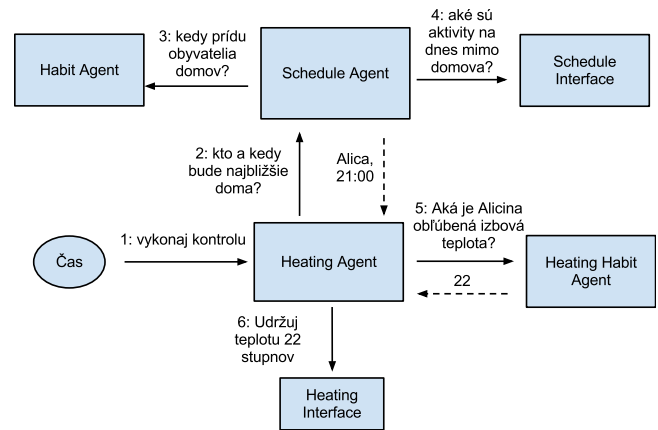
Obr. 5: Učenie sa obľúbenej izbovej teploty.

Automatické nastavenie teploty kúrenia

Heating Agent v pravidelných časových intervaloch kontroluje, ktorí obyvatelia kedy prídu domov a na fyzickom zariadení kúrenia nastaví vhodnú teplotu kúrenia (podľa toho, kto bude doma).

Najprv od Schedule Agentu zistí, ktorí obyvatelia a o koľkej hodine budú doma. Následne od Heating Habit Agentu zistí, aká je obľúbená teplota tých obyvateľov, ktorí majú byť doma. Nakoniec nastaví požadovanú teplotu prostredníctvom agenta Heating Interface.

Schedule Agent predstavuje agregáčného agenta, ktorý zbiera informácie o obyvateľoch z iných zdrojov (Schedule Interface - agent prístupujúci ku kalendáru, Habit Agent - agent učiaci sa obvyklý čas príchodu domov) a poskytuje ich cez jednotné rozhranie.

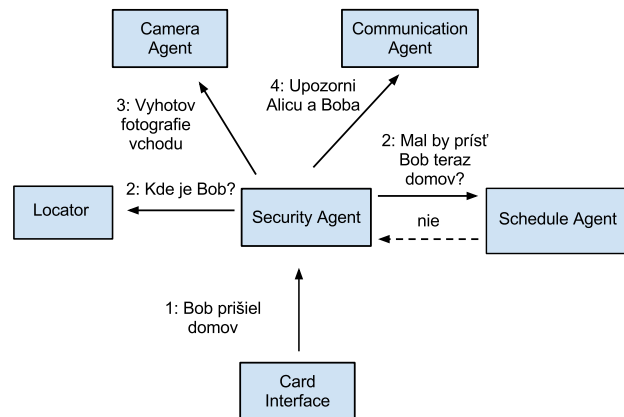


Obr. 6: Automatické nastavenie teploty kúrenia.

Situácia 3 (bezpečnosť)

Na bezpečnostnej kontrole osoby s “kľúčom” od domu sa opäť podieľa viacero vzájomne komunikujúcich agentov (Obr. 7).

Ak niekto použije identifikačnú kartu na otvorenie dverí, Card Interface notifikuje Security Agent o tejto skutočnosti. Ten prostredníctvom Schedule Agentu a agenta Locatoru preverí, či identifikačnú kartu mohol použiť jej majiteľ. V prípade, že nie, využije Camera Agent na zostrojenie snímok vtrielca a Communication Agent na zaslanie upozornenia obyvateľom domu. A samozrejme, nevydá povelenie na odomknutie dverí.



Obr. 7: Bezpečnostná kontrola osoby s “kľúčom”.

6 Záver

V článku sme predstavili scenár inteligentného domu opisom troch situácií: audio prehrávač, kúrenie a bezpečnosť. Následne sme opísali architektúru ambientného systému, ktorý je schopný načrtnuté situácie realizovať. Architektúra ráta so skupinou agentov, plniacich rozličné úlohy, ktoré môžeme klasifikovať do štyroch základných rolí: rozhranie zariadenia, ovládač zariadenia, koordinátor viacerých zariadení a dátová služba. Niektoré agenty môžu byť pomerne jednoduché, založené na reaktívnom správaní, alebo sprostredkujúce ovládanie niektorého zo zariadení iným agentom, iné môžu byť zložitejšie, schopné zhromažďovať dáta, inferovať z nich nové znalosti (napr. obvyklé správanie sa systému, atď.). Systém je postavený na agentovej platforme LCP, ktorej výhodou je, že umožňuje vysokú heterogenosť agentov. Takáto platforma umožňuje systém populovať množstvom agentov rôznej zložitosti, bežiacich na rôznorodých zariadeniach, ktorí môžu vykonávať jednu alebo viac rolí.

V záverečnej časti sme sa vrátili k trom situáciám načrtnutým v našom scenári a popísali sme ako ich možno implementovať za pomoci navrhutej architektúry. Spoločným menovateľom všetkých troch je fakt, že každú úlohu pokrýva nejaká skupina špecializovaných agentov, ktorých spolupráca vedie k požadovanému komplexnému správaniu systému. Časť agentov je schopných učiť sa zvyklosti používateľov, časť z nich je schopná uchovávať získané údaje a sprostredkovať ich ďalším agentom v momente keď ich potrebujú. Ďalšie agenty tieto údaje vyhodnocujú v kombinácii so senzorickými vstupmi a sú schopné vyvolať akciu, ktorá vedie k požadovanému správaniu.

Dohromady tak vzniká komplexné správanie systému, ktorý tak slúži svojim používateľom. Intelligentné správanie, ktoré môžeme pozorovať je vykazované systémom ako celkom, a jeho zdrojom nie je žiadny konkrétny agent. Vhodným obohatením systému ďalších agentov môžeme celkovú inteligenciu systému zvýšiť, a naopak ak by niektorý agent zlyhal, systém bude fungovať ďalej, ale miera inteligencie môže byť nižšia, alebo nebude možné vykonať nejakú akciu. Vezmime si našu situáciu s kúrením. V prípade, že zlyhajú agenty, ktoré získavajú údaje z kalendárov obyvateľov a určia sa ich obľúbené izbové teploty, automatické nastavovanie teploty funguje ďalej. Použije sa v agentovi pevne nastavená "bežná" izbová teplota. Podobne, čas kúrenia nebude reagovať na neštandardné udalosti z kalendára obyvateľov, ale bude určený podľa toho, kedy obyvatelia domu zvyknú chodiť domov.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantovej agentúry VEGA v rámci grantovej úlohy č. 1/1333/12.

Literatúra

- [1] V. Dziuban, M. Čertický, J. Šiška, M. Vinc: A Lightweight Agent Communication Platform for Heterogeneous Multi-context Systems: A Preliminary Report. In: *Procs. of the 11th International Conference on Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning (LPNMR-11), Log-IC workshop*, 2011.
- [2] P. Remagnino, G. Foresti, T. Ellis (eds.): *Ambient intelligence: a novel paradigm*, Springer, New York, 2006.
- [3] Frequently Asked Questions About DLNA from the DLNA website. (<http://www.dlna.org/>). 22.1.2010.
- [4] F. Bellifemine: invited speech at ETAPS 2001, Workshop on Models and Methods of Analysis for Agent Based Systems (MMAABS), Genova, April 2001.
- [5] Foundation for Intelligent Physical Agents: *FIPA Standard Specification*, <http://www.fipa.org/repository/standardspecs.html>, 2000.