

ПРЕДСТАВЯНЕ НА Е-УСЛУГА В АГЕНТНО-ОРИЕНТИРАН МИДЪЛУЕР

Иван Минов

Резюме: В статията е представена взаимовръзката между агентно-ориентиран мидълуер за InfoStation и услугите, които ще бъдат предоставяни чрез него на потребителите. В детайли са разгледани представянето на услугите в агентния слой, видовете агенти, необходими за управление и изпълнение на услугите, както и динамичните процеси, настъпващи в мулти-агентния мидълуер при регистриране, отписване и използване на услуга.

Ключови думи: DeLC, интелигентни агенти, агентно-ориентиран мидълуер, електронни услуги, JADE.

Mathematics Subject Classification 2010: 68-06, 68T42.

1. УВОД

Разпределеният център за електронно обучение (DeLC) се изгражда за подпомагане обучението във ФМИ на Пловдивския университет посредством използване на съвременни комуникационни и информационни технологии и средства [1, 2]. Концептуално DeLC е динамична мрежова инфраструктура, състояща се от изчислителни възли, върху които могат да бъдат разполагани електронни образователни услуги и хранилища за електронно съдържание. Спрямо достъпа до предлаганите информационни ресурси се различават възли с фиксиран и с мобилен достъп. За поддържане на мобилния достъп до електронните услуги и електронно съдържание, предоставяни от DeLC, се разработва специализиран агентно-ориентиран мидълуер [3, 4].

В публикацията се представя взаимовръзката между агентния middleware и услугите, които ще бъдат предоставяни чрез него на потребителите. В детайли ще се спрем на представянето на услугите в агентния слой, видовете агенти необходими за управление и изпълнение на услугите, както и на динамичните процеси настъпващи в мулти-агентния middleware при регистриране, отписване и използване на услуга.

2. ОСНОВНИ КОНЦЕПЦИИ

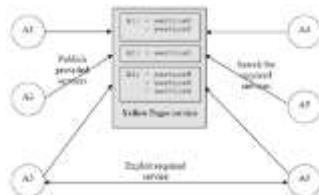
За предоставянето на достъп до услуги и осъществяване на тяхното изпълнение в мулти-агентна система, базирана на InfoStation архитектура, е важен не само видът на услугите, но и тяхното представяне в мулти-агентния слой, както и процесите, свързани с тяхното предлагане и управление. В тази публикация ще обърнем основно внимание на общия модел за представянето и поддържането на услуги в агентния слой, които са външни за него, и няма да бъдат разгледани видовете услуги, както и тяхното специфично представяне.

В нашата агентна архитектура се използват три основни концепции, свързани с осигуряване и представяне на услуги:

- **Каталог с услуги** – всяка външна услуга, която е необходимо да е достъпна в агентния слой, се регистрира в структура, наречена Каталог. Каталогът съдържа регистрираните услуги и той има собственик. Каталогът може да бъде конструиран йерархично чрез свързване на множество каталози. Йерархичните каталози позволяват услугите да бъдат организирани тематично, както и да бъдат групирани спрямо техните характеристики. Собственикът на каталог е агент, който осигурява възможност за търсене, регистриране и отписване на услуги от каталога. С помощта на тази структура останалите агенти от мулти-агентната система имат възможност да търсят и използват дадена услуга. В нашата архитектура услугите се предоставят от агенти от вида Service Manager Interface Agentx.
- **Видове каталози от услуги** – в изгражданата мулти-агентна архитектура се открояват различни видове каталози от услуги – локални и глобални. Тези каталози представляват йерархия, която е конструирана от различни тематични каталози. В тази йерархична структура от каталози услугите са групирани тематично. Каталогите могат да бъдат динамично изграждани, като съществува агент (Service Register Agent) за тяхното поддържане и управление на локално ниво (за всеки InfoStation). Service Reception Agent получава информация от всеки един каталог за случващото се с регистрираните в него услуги.
- **Услуга-Агент съответствие** – всяка услуга, предоставяна от системата, е необходимо да бъде представена в мулти-агентния слой по подходящ начин. За тази цел за всяка услуга в нашата архитектура съществува по един агент от тип Service Manager Interface Agentx (SMIAx), който да се грижи за представянето ѝ. Също така, за всяка услуга съществува и множество от агенти от вида Interface Agentx (IAx), чиято цел е да обслужват изпълнението на услугата през целия ѝ жизнен цикъл. Размерът на множеството от тези агенти се определя от броя на изпълняващите се заявки от услугата към даден момент и се управляват от SMIAx.

3. СЪЩНОСТ НА КАТАЛОГА С УСЛУГИ

Каталогът с услуги представлява хранилище на услуги, регистрирани и представени в агентния слой от нашата система. Каталогът в своята същност е Directory Facilitator (DF) агент [5], който е специфициран от FIPA [6]. Каталогът е централизиран регистър на записи, които представляват описания на услуги, включващи идентификация на агента, който ги предлага. Съгласно архитектурата от спецификацията на FIPA, DF агентът осигурява услугата „Жълти страници“. Услугата „Жълти страници“ позволява на агентите да публикуват една или няколко услуги, които те предлагат, като по този начин останалите агенти могат да ги открият и успешно да ги използват, както е представено на Фигура 1.



Фигура 1. Услугата „Жълти страници“

Съгласно FIPA спецификацията броят на активните агенти от вида DF в една мулти-агентна система може да бъде от 0 до N, където N представлява необходимия брой агенти.

Също така FIPA спецификацията позволява активните DF агенти в една мулти-агентна система да се обединяват във федерация, като по този начин се осигурява разпределен каталог на „жълти страници“. С други думи федерирането на тези агенти представлява йерархичен каталог с услуги.

Тези две характеристики на DF агентите специфицирани от FIPA, са в основата на йерархичния каталог от услуги, предоставен от нашата агентна система.

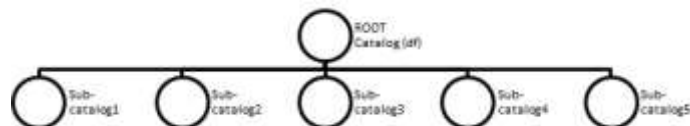
4. ВИДОВЕ КАТАЛОЗИ

Както споменахме, Каталогът с услуги представлява съвкупност от всички регистрирани услуги в агентната среда. Той може да бъде изграден йерархично чрез свързване на множество каталози, в които услугите да са организирани тематично. Изграждането на йерархична структура на каталозите е базирано на реализирани възможности, от страна на използваната мулти-агентна платформа JADE, на изискванията на FIPA за федериране на DF агенти.

В нашата архитектура използваме Федерацията за изграждане на йерархична структура за услугите, която да организира услугите тематично в отделни каталози и подкаталози. Тази йерархична структура може да бъде разглеждана на *локално* и *глобално* ниво в зависимост мащаба на

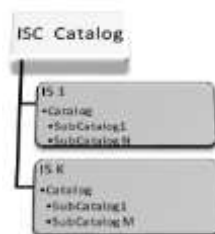
разположение на услугите в нашата архитектура. Разположението на услугите може да е само върху един InfoStation и тогава йерархичният каталог е локален. Когато услугите са разположени върху цялата InfoStation архитектура и са свързани в йерархичен каталог, тогава той е глобален.

Локалният йерархичен каталог (локална федерация) е изцяло разположен върху един InfoStation. В нашата архитектура, в йерархичното представяне на каталозите има един каталог, който е родител на всички останали каталози в локалната федерация. Този родителски каталог е каталогът по подразбиране в агентната платформа и се управлява от системния DF агент на JADE. Всички останали подкаталози се регистрират в основния родителски каталог и са негови деца Фигура 2. В текущото състояние на разработката и предвид прототипното й предназначение сме избрали подхода, в който подкаталозите от йерархичната структура достигат до първо ниво, но не представлява трудност йерархичната структура да бъде разработена и до по-дълбоко ниво.



Фигура 2. Йерархична структура на локален каталог до първо ниво

Глобалният йерархичен каталог (глобална федерация) за разлика от локалния каталог не е разположен само върху един InfoStation. Той е обединение на всички локални каталози от InfoStation-ите или с други думи той е каталогът, включващ в себе си всички регистрирани услуги в цялостната агентна система на InfoStation архитектурата (Фигура 3). С помощта на глобалния йерархичен каталог се предоставя възможност за търсене на дадена услуга в цялостната мрежа на системата. Основно при търсенето е, че то се извършва изцяло в агентните платформи, от които са част отделните каталози на йерархичния каталог и които са разположени на различни физически сървъри. Търсенето е изцяло агентно-ориентирано. При изграждане на глобалния каталог има възможност за конструиране на взаимовръзките между различните локални каталози по начина представляващ отделните информационни възли от DeLC архитектурата. Чрез тази възможност на мулти-агентната система се реализира концепцията на DeLC за образователни клъстери.



Фигура 3. Глобален йерархичен каталог

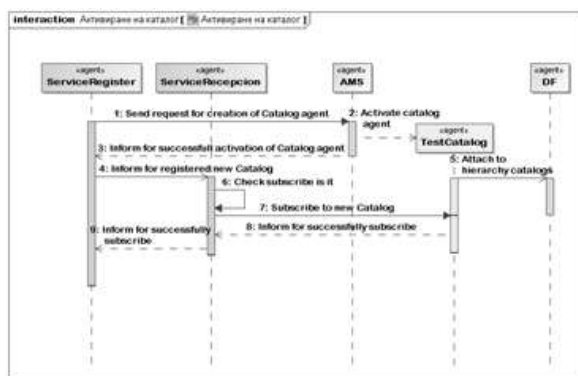
Конструирането и на двата вида йерархични каталози – локален и глобален, се осъществява по време на изпълнение на програмата тоест динамично. Всеки един агент-собственик на каталог, може да посочи кой друг каталог (агент-собственик) е негов родител или дете (подкаталог).

За динамичното конструиране на локален йерархичен каталог върху InfoStation се грижи агентът Service Register Agent. Той представлява постоянен агент от нашия мулти-агентен слой и неговите основни цели са:

- управление на жизнения цикъл на агентите представляващи собственици на подкаталозите;
- регистриране, промяна и отписване на услуги от отделните подкаталози.

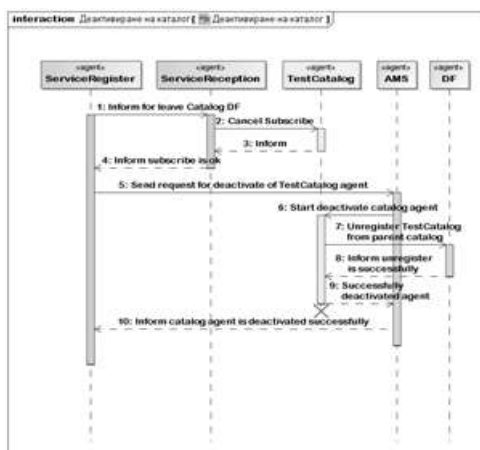
При обслужване на локалния йерархичен каталог с услуги в архитектурата ни има един контролен агент от тип Service Reception Agent, който получава информация от всеки един агент представляващ подкаталог за случващото се с регистрираните в него услуги. За целта Service Reception Agent се абонира да получава известия при активиране на всеки агент представляващ подкаталог, и съответно се отписва от абонамента си преди подкаталогът да бъде деактивиран. По този начин Service Reception Agent обработва актуална информация, свързана с предлаганите услуги в системата към даден момент.

Управлението на жизнения цикъл на агентите собственици на подкаталозите включва тяхното активиране и деактивиране в мулти-агентната ни система. Тези процеси се изпълняват динамично по време на работа на нашата система. Активирането на каталог възниква в момент на регистриране на нова услуга (Фигура 6), която е необходимо да бъде регистрирана и включена в каталог, който към момента все още няма наличен в йерархичната локална структура от каталози. Процесът по активиране на нов каталог и присъединяването му към локалния йерархичен каталог с корен DF е представен на Фигура 4. На UML диаграмата постоянните агенти от нашата система – Service Register и Service Reception, си сътрудничат със системните за JADE агенти – AMS и DF, с цел активиране на нов агент-собственик на каталог – TestCatalog.



Фигура 4. Активиране на каталог

Деактивирането на каталог настъпва в момента, когато всички услуги от него бъдат отписани и той остане празен (Фигура 7). Процесът е моделиран на Фигура 5, където TestCatalog агентът представлява каталог от локалния йерархичен каталог и се деактивира с помощта на взаимодействието между Service Register Agent, Service Reception, AMS и DF агентите.



Фигура 5. Деактивиране на каталог

5. УСЛУГА-АГЕНТ СЪОТВЕТСТВИЕ

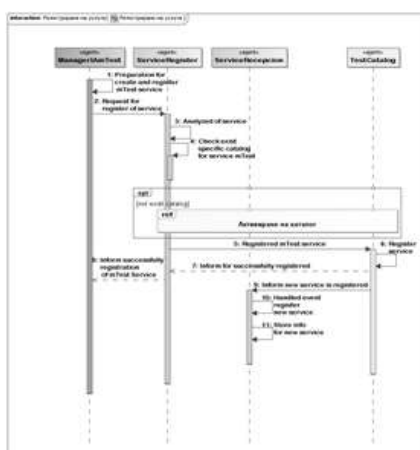
Услугите, които се предоставят от нашата система на потребителите, е необходимо да имат съответно представяне в агентния слой. С помощта на това представяне на услугите се позволява на агентите от мулти-агентната система да взаимодействат с тях и да извършват необходимите им операции за постигане на техните цели. За представяне на услугите използваме възможностите, предоставени ни от услугата „жълти страници“.

В „жълти страници“ услугите имат конкретно представяне, чрез което е необходимо да бъдат описани предлаганите външни услуги от мулти-агентната система. Описанието на услугите в мулти-агентна среда е представено в спецификацията на FIPA 00023 [5], отнасяща се за FIPA Agent Management Specification.

В нашата архитектура всяка услуга, която се предоставя в мулти-агентната среда, притежава агент, който се грижи за нейното представяне в системата. Този агент извършва всички необходими операции (регистрация, обновяване и отписване), отнасящи се до управлението на услугата. Видът на агента е Service Manager Interface Agent_x (SMIA_x) и той е отговорен за отразяване на актуалното състояние на услугата.

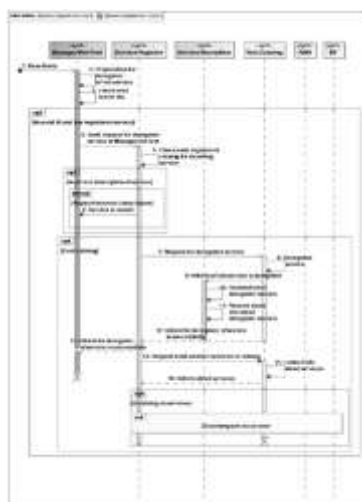
Жизненият цикъл на агентите от този вид е изцяло съобразен с периода, през който услугата се предоставя в мулти-агентната ни система или с други думи – жизненият цикъл на SMIA_x агент съвпада с жизнения цикъл на

услугата в системата ни. При своето активиране агентът има задължението да регистрира услугата, която ще предоставя в мулти-агентната система. На Фигура 6 е представен процесът на предоставяне и регистриране на услугата mTest. Услугата mTest се управлява от SMIA_{mtest} агент, който си сътрудничи с Service Register Agent при нейното регистриране в агентния слой.



Фигура 6. Регистриране на услуга

Процесът на отписване на регистрирана услуга настъпва при деактивиране на агента, който я предлага – SMIA_x. Съответният SMIA_x агент е необходимо да отпише услугата от съответния Каталог в нашата система, където тя е регистрирана. За изпълнението на тази цел SMIA_x взаимодейства с Service Register Agent, който от своя страна има грижата и отговорността да отпише услугата от Каталога. На Фигура 7 е моделиран процесът на отписване на услугата mTest, предоставяна от SMIA_{mtest} агента.



Фигура 7. Отписване на услуга

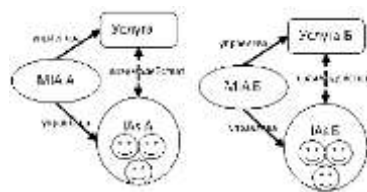
Съотношението между броя на регистрираните услуги в агентната ни система към броя на агентите от тип SMIAx е 1:1, тоест всеки Service Manager Interface Agent предоставя достъп до една услуга.

Освен агент, отразяващ актуалното състояние на услугата в системата, нашата архитектура предоставя един специален вид агент – Interface Agent (IA). Този агент е натоварен с изпълнението на услугата. Представителите на този вид агенти е необходимо да имат в своите знания и поведения нужните им умения за осъществяване на контакт с външната за мулти-агентната система услуга, която те изпълняват. Необходимо е Interface Agents да умеят да инициират изпълнението на услугата, подготвяйки и предоставяйки ѝ нужните входни данни. Тези агенти при необходимост трябва да умеят да съпровождат изпълнението на услугата, както и да обработват резултата от нейното изпълнение. Обработката на резултата включва неговото трансформиране в подходящ вид за представянето му в агентната среда.

Жизненият цикъл на Interface Agents е обвързан с изпълнението на услуга. Те се активират при възникване на необходимост от изпълнение на услуга и се деактивират след приключване на изпълнението на услугата и предоставяне на резултата в агентната среда. Важно е да се отбележи, че активирането на тези агенти предхожда същинското стартиране на услугата, в което се включва процесът на подготовка на услугата за изпълнение. Деактивирането на агентите пък е дейност, която се изпълнява след приключване на услугата и съответно предаването на нейния резултат в агентната система.

Ключов момент е, че Service Manager Interface Agent е отговорен не само за представяне на актуалното състояние на услугата, която предлага, но е отговорен и за управлението на жизнения цикъл на Interface Agent.

Service Manager Interface Agent управлява множество от Interface Agents, които осъществяват контакт с услугата и я изпълняват. Всяка услуга, представена в нашата мулти-агентна система, се предоставя от един Service Manager Interface Agent, който да я представява, и множество от Ias, които да я изпълняват (Фигура 8). Благодарение на тази зависимост не е възможна намеса от SMIA, обслужващ услуга А, в работата на SMIA, обслужващ услуга Б. Размерът на множеството от активни Interface Agent за една услуга съвпада с броя на изпълняващите се заявки на услугата към даден момент.



Фигура 8. Зависимост между агенти и услуга

За извършване на регистрация на услуга в каталог с услуги, освен нейното формализиране, наложено от FIPA 00023, е необходимо и подходящо

формализирано представяне на предоставящия я Service Manager Interface Agent, което е описано в същата спецификация, и което описание е част от услугата „Жълти страници“.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изграждането на подходяща йерархична инфраструктура за поддържане и предоставяне на услуги в агентния слой е съществен момент в агентната система. С нейна помощ в агентния слой стават достъпни различни видове услуги, които са външни за него. По този начин се обогатяват възможностите, които агентният слой може да предостави.

Част от предимствата на йерархичното представяне на каталозите с услуги са следните:

- йерархична подреденост, категоризиране и систематизиране на услугите;
- възможност за търсене на услуга в йерархията от дадено ниво (каталог) до определена дълбочина от началния каталог;
- възможност за динамично конструиране на йерархичната структура чрез присъединяване на нови каталози към нея, независимо от местоположението на тяхното включване. Също има възможност за динамично откъсване на каталози от йерархичната структура без това да повлияе върху функционалността ѝ. Тази функционалност наподобява същността на безжична мрежа, където по всяко време се присъединяват и отписват устройства;
- динамичното конструиране на йерархичната структура позволява използването ѝ в много променлива среда;
- възможност за лесно пререгистриране на предлаганите услуги от един каталог в друг.

Предложената инфраструктура за представяне и управление на услугите в агентния слой не е обвързана с вида на изпълняваната услуга. Тя остава капсулирана в поведението на всеки Interface Agent, който я предлага и който е отговорен за нейното изпълнение.

Целите пред Service Manager Interface Agent се ограничават до извършването на регистриране и отписване на услугата от локалния йерархичен каталог, както и до управление на IA, които трябва да изпълняват услугата. В Service Manager Interface Agent може да се заложат различни стратегии за оптимизиране на управлението на IA агенти, например, поддържане на пул от очакващи заявка за изпълнение IA агенти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Stoyanov, S., and I. Popchev, Evolutionary Development of an Infrastructure Supporting the Transition from CBT to e-Learning, Cyberbetics and

- Information Technologies (CIT), 2, 2006, *Bulgarian Academy of Sciences*, 101–114.
- [2] Stoyanov, S., *Context-Aware and Adaptable eLearning Systems*, PhD Thesis, STRL, De Montfort University, Leicester, UK, 2012.
- [3] Stoyanov, S., I. Ganchev, M. O'Droma, H. Zedan, D. Meere and V. Valkanova, Semantic Multi-Agent mLearning System, A. Elci, M. T. Kone, M. A. Orgun (Eds.): “*Semantic Agent Systems: Foundations and Applications*”, Book Series: Studies in Computational Intelligence, Vol. 344, Springer Verlag, 2011, ISBN: 978-3-642-18307-2.
- [4] Stoyanov S., I. Ganchev, I. Popchev and M. O'Droma, An Approach for the Development of a Context-Aware and Adaptive eLearning Middleware, V. Sgurev et al. (Eds.): *Intelligent Systems: From Theory to Practice*, SCI 299, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, ISBN: 978-3-642-13427-2. DOI: 10.1007/978-3-642-13428-9_26, 519–535.
- [5] FIPA Agent Management Specification
<http://www.fipa.org/specs/fipa00023/SC00023K.html>
- [6] The Foundation for Intelligent Physical Agents, <http://www.fipa.org/>

Пловдивски университет
България, Пловдив,
бул. „България“ № 236
van_min@mail.bg

E-SERVICE PRESENTATION IN AN AGENT-ORIENTED MIDDLEWARE

Ivan Minov

Abstract. *The article presents the relation between agent-oriented middleware for InfoStation and the services that will be provided through it to the users. In detail, the article describes the performance of services in the agent layer, types of agents required for the management and implementation of services, and the dynamic processes that occur in the multi-agent middleware on logging in and out and on using a service.*