

Szemantikus webszolgáltatások tervezése és megvalósítása

KOVÁCS LÁSZLÓ, MICSIK ANDRÁS

MTA SZTAKI Elosztott Rendszerek Osztály
{laszlo.kovacs, andras.micsik}@sztaki.hu

Kulcsszavak: szemantikus webszolgáltatások, szemantikus web, ontológiák, WSDL, WSML, WSMO, OWL

A cikk a szemantikus webszolgáltatások kutatásának, fejlesztésének jelenlegi gyakorlatát tekinti át egy futó EU projekt tükrében. Az INFRAWEBBS nevű FP6-IST projekt alkalmazás-orientált szemantikus webszolgáltatások fejlesztésére szolgáló keretrendszer megvalósítására törekszik, mely a teljes fejlesztési ciklust támogatja. Ebbe az „életciklusba” tartozik a szemantikus webszolgáltatások létrehozása, komponálása, meghirdetése, felderítése és végrehajtása. Az INFRAWEBBS keretrendszer kiindulópontja a konkrét felhasználási területtel kapcsolatos (szak)tudás, mely egyrészt szövegek, dokumentumok, másrészt ontológiák formájában áll rendelkezésre. Ezt a tudásreprezentációt a rendszer adatbányászati és esetalapú következtetési eszközökkel kezeli, és ily módon támogatja a létező webszolgáltatások szemantikus szintre emelését. A rendszer másik fontos eleme a felhasználást támogató middleware, amely egy hálózati rendszerben elosztottan elhelyezkedő szemantikus webszolgáltatások szemantikus leírásait felhasználva megkeresi a felhasználó által az adott feladathoz szükséges webszolgáltatásokat, és azokat komponálva végrehajtja a feladatot.

1. Bevezetés

Az Interneten jelenleg számtalan hasznos (és néha haszontalan) webszolgáltatás működik. A webszolgáltatások, mint távolról, szabványos protokollon keresztül megszólítható programok léteznek. A szemantikus web kezdeményezés legfontosabb célja az automatizálható információ kezelés internetes megvalósítása, vagyis az, hogy a hús-vér felhasználók mellett a gépi intelligencia is képes legyen az Interneten található információk értelmezésére, automatikus kezelésére. A szemantikus web kezdeményezés egy részterülete a webszolgáltatások kezelésének (létrehozásának, komponálásának, meghirdetésének, megtalálásának, végrehajtásának stb.) automatizálása. A webszolgáltatások többlet (szemantikus) metaadatokkal való ellátása lehetővé teszi e feladatok automatizálhatóságát. A szemantikus webszolgáltatások tehát szemantikus szintre emelt (klasszikus) webszolgáltatások, melyek emberi kéz érintése nélkül kezelhetők illetve használhatók.

Az INFRAWEBBS EU FP6-IST projekt [6], MTA SZTAKI DSD részvétellel azt célozza, hogy kifejleszt egy komplett technológiát: módszertant és szoftver keretrendszert, mely segítségével szemantikus webszolgáltatások fejleszthetők ki klasszikus webszolgáltatásokból kiindulva. A keretrendszer nem csupán a szemantikus webszolgáltatások tervezését és megvalósítását segíti, hanem a konkrét végrehajtás és a végrehajtást megelőző fázisok gépi támogatását is megoldja egy speciálisan erre a célra kialakított middleware alkalmazásával.

A szemantikus webszolgáltatások kifejlesztésének alapkérdése az, hogy milyen (többlet)metaadatokat, milyen struktúrában és milyen módon társítunk a klasszikus webszolgáltatásokhoz, vagyis az, hogy hogyan emeljük a jelenlegi webszolgáltatásokat szemantikus

szintre. Jelenleg ez a terület az intenzív kutatás fázisában van, és több egymástól eltérő, egymással versengő megoldási javaslat született. E cikkben röviden kitérünk e rivális paradigmákra is, bár részletesen csak a projekt alapjaként tekintett, Európában kifejlesztett szemantikus metaadatolást ismertetjük.

A szemantikus webszolgáltatások jelenleg ismert világának illusztrálására álljon itt egy példa, mely segítségével bemutatjuk a tipikus szemantikus webszolgáltatás felhasználási módozatokat. Egy család nyaralása során például el kíván utazni egy kies ország adott városába, ott szeretne valahol megszállni és a helyi közlekedést bérelt autóval oldaná meg. A nyaralás megszervezéshez (például vonatjegy vásárláshoz, hotel foglaláshoz, autóbérléshez) az Interneten jelenleg a következő szolgáltatások állnak rendelkezésre: kereső gépek a honlapokon tárolt információk megkeresésére, különálló szolgáltatások humán felhasználók részére jegy, hotel stb. foglalásokhoz, autó bérléséhez. Az emberi felhasználóknak szánt interaktív felületek mellett ma még nem mondható általánosnak a program interfésszel ellátott webszolgáltatások megléte, de a példa kedvéért tételezzük ezt is fel.

A fenti példában illusztrált, három részfeladatból álló feladat automatikus támogatása akkor válik lehetségessé, ha a webszolgáltatások megkeresését (automatic web service discovery) automatizálni tudnánk, vagyis képesek lennének arra, hogy automatikusan felderítsük azon webszolgáltatások szolgáltatási helyét (URI), melyek számunkra hasznos és aktuálisan kívánt szolgáltatást nyújtanak, figyelembe véve a kívánás aktuális körülményeit, követelményeit is (például csak gyorsvonaton szeretnénk utazni, melyen hálókocsi férőhelyek állnak családtagjaink rendelkezésére). Jelenleg a megtalálási folyamat csak kézi módszerrel kezdeményezhető,

például egy kereső gép igénybevételel történhet. A szolgáltatás konkrét végrehajtása nélkül jelenleg nem lehetséges annak a megállapítása, hogy a szolgáltatás ki tudja-e elégíteni az aktuális igényeket vagy sem.

A szemantikus webszolgáltatások egy lehetséges jövőbeli világában fenti keresési-megtalálási folyamat automatikusan mehet végbe, mivel a webszolgáltatásokhoz olyan, gépi intelligenciával értelmezhető adott ontológián értelmezett szemantikus leírásokat (markup) társítunk, melyek révén a szolgáltatás konkrét végrehajtását megelőzően egy program el tudja dönteni, hogy a szolgáltatás meg tudja-e felelni az elvárásoknak. A szemantikus markup, mint deklaratív szolgáltatás képesség leírás tárolási helye lehet maga a webszolgáltatás, de sokkal valószínűbb az, hogy speciálisan erre a célra kialakított nyilvántartásban (service registry), mintegy hirdetésképpen tároljuk és tesszük elérhetővé azokat. A keresőgépek intelligenciáját fokozhatja a közmegegyezésen alapuló, szemantikus webszolgáltatás leírásra alkalmazott ontológia fogalomkészletének keresőgépbe építése.

A szemantikus webszolgáltatások automatikus végrehajtása (invocation + execution) az a folyamat, melynek során egy program, hasonlóképpen a távoli eljáráshíváshoz (remote procedure call) meghívja a szolgáltatást és végrehajtja azt. A szolgáltatás szemantikus leírása egyértelműen rögzíti a híváshoz szükséges és megadandó-megadható paramétereket, valamint a végrehajtás szemantikáját is (például milyen eredményre vezet, milyen paramétereket ad vissza a szolgáltatás, milyen mellékhatások történnek stb.) A konkrét példában a vonatjegyet árusító szemantikus webszolgáltatás nem csupán közli a felhasználói program számára a lefoglalt helyek sorszámait, hanem le is foglalja a helyeket, és például a jegyek árát levonja a megadott hitelkártyáról.

Automatikus webszolgáltatás komponálás az a folyamat, amelyben bonyolult webszolgáltatásokat építünk kisebb bonyolultságú webszolgáltatásokból. Itt az automatizálás feltétele az, hogy rendszerünk képes legyen a magas szintű, absztrakt szemantikus webszol-

gálatás leírás értelmezésére, a komponáláshoz szükséges alacsonyabb szintű webszolgáltatások megkeresésére, kiválasztására, majd az együttműködés megszerzésére az emberi kéz érintése nélkül. Az egyedi szemantikus leírás értelmezéseken alapuló döntési lánc eredménye egy olyan adatfolyam vezérlés mely az egyedi, alacsony szintű szemantikus webszolgáltatások végrehajtása esetében biztosítja a célként kitűzött komponált webszolgáltatás szemantika megvalósulását.

Fenti konkrét nyaralási példa esetében a vonatjegy és hotelfoglalás valamint autóbérlés, mint három alacsony szintű szemantikus webszolgáltatás segítségével komplex nyaralástámogató webszolgáltatást hozhatunk létre, mely például ügyelhet arra, hogyha a vonatjegyvásárlás sikertelen, akkor nem lesz szükség sem a hotel, sem pedig az autóbérlésre, hiszen a család ilyenkor nem utazik el.

2. Szemantikus webszolgáltatások leírása

Létező webszolgáltatások szemantikussá tételével több párhuzamosan futó projekt is foglalkozik. Ezek közül a legegyszerűbb megoldás az, amikor a webszolgáltatás bemenő és kimenő paramétereit valamilyen módon ontológiai fogalmakhoz rendelik. Ezzel lehet biztosítani, hogy a paraméter jelentése (a paraméter eseti elnevezésétől függetlenül) is rögzítve legyen.

A WSDL-S [1] megközelítés a fokozatos evolúció mellett teszi le a voksot, és a már elterjedt WSDL [7] leírást bővíti olyan lehetőségekkel, amelyek

- a paramétereket ontológia elemekhez rendelik,
- a szolgáltatásokhoz elő és utófeltételt rendelnek,
- a szolgáltatást kategorizálják.

A kategorizálás lehetősége a webszolgáltatás-nyilvántartások esetén hasznos, mivel a szolgáltatást társítani lehet egy témakörrel (pl. menetjegyrendelés), és így az jobban megtalálható a felhasználók számára. Mindezeket a WSDL-S minimális új elem és attribútum hozzáadásával éri el (1. ábra), a szemantikus informá-

1. ábra Kivonatos példa WSDL szemantikus annotálására (WSDL-S)

```
<types>
  <xs:schema>
    ...
    <xs:element name="processPurchaseOrderResponse" type="xs:string"
      wssem:modelReference="POOntology#OrderConfirmation"/>
  </xs:schema>
</types>
<interface name="PurchaseOrder">
  <wssem:category name="Electronics"
    taxonomyURI="http://www.naics.com/"taxonomyCode="443112"/>
  <operation name="processPurchaseOrder" pattern=wsdl:in-out>
    .....
  </operation>
</interface>
```

ció a hivatkozott külső fájlokban helyezkedik el, így a kompatibilitás az eredeti WSDL ajánlással megmarad. A WSDL-S nem preferál egyetlen szemantikus megközelítést sem, a társított ontológiákra illetve logikai kifejezésekre nincsen megkötés.

Az OWL-S [2] a W3C által ajánlott Web Ontology Language (OWL) [8] alapjaira épít egy új szemantikus leíró nyelvet webszolgáltatások számára. Ennek alapja egy általános ontológia a webszolgáltatásokról, amelynek finomítása konkrét modellül szolgál a webszolgáltatások leírására. Egy webszolgáltatás leírása háromféle elemből tevődik össze:

- a *profil* leírja, hogy mire képes a szolgáltatás, ezt használjuk a megfelelő szolgáltatás keresésekor;
- a *modell* leírja a szolgáltatás végrehajtását;
- a „*földelés*” (grounding) pedig hozzákapcsolja a szemantikus leírást egy konkrét webszolgáltatáshoz (tipikusan WSDL-hez).

A földelés adja meg tehát, hogy a modellben definiált folyamatok és azok paraméterei milyen valós webszolgáltatásoknak és paramétereiknek felelnek meg, vagyis hogyan lehet konkrétan végrehajtani a szemantikus leírt szolgáltatást. Egy OWL-S leírás tehát egy OWL adat, amely általában XML formátumban írható le, de mivel az OWL már egy logikai nyelv (ezek közül is a Description Logic nyelvcsaládhoz áll legközelebb), az ilyen leírások készítéséhez már komoly eszköztár és tudás szükséges.

A harmadik fő megközelítés a Web Service Modeling Ontology (WSMO) [3], amely a legradikálisabb megoldásokat ajánlja a szemantikus webszolgáltatások területén. Míg az előző két előterjesztést főképp amerikai kutatók gondolják, addig a WSMO javarészt európai kutatók munkája. Az INFRAWEBS projekt a WSMO alapokat választotta, ezért a WSMO koncepciót egy külön fejezetben részletesebben tárgyaljuk.

Mindhárom megoldást szerzőik benyújtották a WWW Konzorciumnak (W3C) további szabványosítás végett, jelenleg ezen javaslatok elbírálása zajlik, tehát még pár évig várunk kell, amíg a szemantikus webszolgáltatások leírására és kezelésére megszületik egy szélesebb konszenzus.

3. Web Service Modeling Ontology

A Web Service Modeling Ontology (WSMO) egy teljesen új modellt állít fel témakörünkben, mely a következő fő összetevőkből épül fel:

- *Ontológiák*: az információk és tudás rögzítési formátuma.
- *Célok*: a felhasználó által megadott feladat, elérni kívánt cél megfogalmazása.
- *Webszolgáltatások* leírása.
- *Mediátorok*: reprezentációs különbségek, együttműködési nehézségek feloldására használható közvetítő mechanizmusok a többi összetevőn belül illetve között.

Az összetevők leírására egyetlen nyelvet, a WSML-t (Web Service Modeling Language) [9] fejlesztettek ki, mely saját formátumban vagy XML-ben ábrázolható (2. ábra). Az OWL-hez hasonlóan a WSML-nek is több dialektusa van, és ezek között már fellelhetőek a logikai programozás családjába tartozó variánsok is, melyek a Prolog, Datalog vagy F-Logic nyelvek használóit örvendeztethetik meg.

A WSMO célok utófeltételt és hatást írnak le logikai (WSML) kifejezésekkel. A webszolgáltatások képességeit előfeltétellel (precondition), követelményekkel (assumption), utófeltétellel (postcondition) és hatással (effect) írhatjuk le. Ez azt jelenti, hogy az előfeltétel és a követelmények teljesülése esetén a szolgáltatás végrehajtása után az utófeltétel és a hatás is teljesülni fog.

2. ábra WSML nyelven leírt ontológia részlet

```

concept trip
  origin impliesType loc#location
  destination impliesType loc#location
  departure ofType _date
  arrival ofType _date

concept tripFromAustria subConceptOf trip

axiom tripFromAustriaDef
  definedBy
    forall {?x ,?origin}
      (?x memberOf tripFromAustria
        implies
          ?x[
            origin hasValue ?origin] and
          ?origin[
            loc#locatedIn hasValue loc#austria]
      )

```

Az elő- és utófeltétel a célhoz kapcsolódó állításokat fogalmazzák meg, míg a követelmények és a hatás a végrehajtás során a „külvilágban” beállt változásokkal foglalkoznak.

A webszolgáltatás működésekor a WSMO megkülönbözteti a webszolgáltatás és a felhasználó közti interakciót (choreography), valamint a webszolgáltatások közti együttműködést a végrehajtás érdekében (orchestration). Egy vásárlási szolgáltatás például az online fizetési funkciót egy másik webszolgáltatásra bízhatja (orchestration), és a fizetés közben szükség lehet arra, hogy a felhasználó megadja a hitelkártya számát (choreography).

Mindezen működést a WSMO egy állapotgéppel (ASM – Abstract State Machine) írja le. Az így definiált kvázi-workflow végrehajtása közben szükség van az absztrakt, logikailag megfogalmazott adatok és szolgáltatások konkretizálására, melyet a földelés (grounding) definiál, amely a WSML leírás elemeit hozzárendeli WSDL interfészekhez illetve paraméterekhez.

4. Szolgáltatások létesítése

A szemantikus webszolgáltatásokat az eddigi összes megközelítésben a hagyományos webszolgáltatásokra építik, azaz a konkrét végrehajtás WSDL/SOAP alapon zajlik. A szemantikus szint erre a WSDL/SOAP szintre épül rá úgy, hogy a hagyományos webszolgáltatáshoz szemantikus leírást készítünk, azaz leírjuk a szolgáltatás elő- és utófeltételét, valamint definiáljuk a belső működését (koreográfia). Ehhez a speciális tudást igénylő szerkesztői folyamathoz szükség van a témakört leíró ontológiákra és a webszolgáltatást leíró WSDL fájlra, valamint felhasználhatók a szolgáltatónál rendelkezésre álló formális vagy informális workflow leírások illetve egyéb szöveges tudásmorzsák is.

A szemantikus webszolgáltatásokat kombinálhatjuk egymással (kompozíció), hogy összetettebb szolgáltatásokat hozzunk létre. Ez a feladat szerkesztési időben zajlik, ellentétben a végrehajtási időben történő dekomponálással (subtask decomposition), amely esetben a felhasználó által adott összetett feladatot több részfeladatra bontva igyekeznek megoldani.

Amikor készen vannak a szemantikus webszolgáltatások, azokat valahol publikálni kell, hogy a felhasználók megtalálhassák azokat. A WSMO alapon működő INFRAWEBBS projektben a létrehozási szakaszhoz a következő segédeszközöket biztosítjuk [4]:

- *WSML tervező*:
 - a webszolgáltatás WSML leírásának létrehozására
 - Logikai kifejezés szerkesztő, amellyel a webszolgáltatás képességeinek leírása készíthető el;
 - Koreográfiaszerkesztő, amellyel a felhasználóval és más szolgáltatásokkal történő interakciók (choreography és orchestration) írhatók le;
 - Grounding (földelés) szerkesztő, a WSML és WSDL leírások közti kapcsolat meghatározására.

- *WSML komponáló*: ezzel az eszközzel összetett feladatok megoldását állíthatjuk össze több webszolgáltatás összedolgozásával (service composition). Ezt a folyamatot esetalapú következtetés (CBR, case-based-reasoning) segíti.

- *WSML tároló*: ez a komponens az eddig létrehozott WSML alapú leírásokat teszi elérhetővé, beleértve a leírások alapjául szolgáló ontológiákat is.

- *Szöveges tároló*: ez a komponens tárolja a szöveges vagy XML formátumban rendelkezésre álló adatokat, amelyek a WSML szerkesztő használata során felhasználhatók. Speciális fuzzy alapú keresőmotor segíti a tárolt adatokból a tudás kinyerését.

A nyilvános WSMO API teremt meg a közös nyelvet a Java-n belül a WSMO alkalmazások számára. A wsmo4j nevű ingyenes, nyílt szoftvercsomag a WSMO API egy példa implementációját tartalmazza, amellyel WSML leírások készíthetők, módosíthatók, WSML fájlok szintaktikusan elemezhetők.

5. Szolgáltatások végrehajtása

A szemantikus webszolgáltatások végrehajtása általában a megfelelő webszolgáltatás keresésével kezdődik. A felhasználó által elérni kívánt célt valamilyen gépileg értelmezhető (szemantikus) módon kell megfogalmazni. Ez egyszerű esetben történhet az eredményadatok ontológiai definiálásával (például egy megrendelés nyugtázás), a WSMO esetében viszont ez a kívánt állapot logikai megfogalmazásával történik (pl. egy megrendelés nyugtázást kapok, amely az adott termék megrendeléséről szól, az adott mennyiségben, adott szállítási határidővel). A WSMO cél (goal) megfogalmazása olyan bonyolultságú feladat, amelyet nem javasolt a felhasználóra bízni. Ezért az INFRAWEBBS projektben a felhasználók mintacélok közül választhatják ki a számukra megfelelőt, majd azt alakíthatják a kívánt végső formára.

A megfogalmazott célt (feladatot) teljesíteni képes webszolgáltatások megtalálását a szakirodalom discovery névvel jelöli. Leegyszerűsített formában ilyenkor kulcsszó alapú egyezéseket lehet vizsgálni a cél és a webszolgáltatás leírása között. Legteljesebb formájában a discovery a szolgáltató által vállalt utófeltételt veti össze a megadott céllal, mintegy logikailag szimulálva a feladat végrehajtását. Ez utóbbi nagy számításigényű feladat, melyre megfelelő válaszüj és skálázható megoldás még nem létezik.

Az így talált szolgáltatások még nem oldják meg garantáltan a feladatot, csak javaslatnak tekintendők. Egyrészt a felhasználó választhat a szolgáltatások közül (ehhez az INFRAWEBBS projekt a szolgáltatások összegyűjtött minőségi jellemzőit (QoS) kínálja segítségül), másrészt a szolgáltatás is visszautasíthatja a felhasználó kérését (például csak előfizetők számára elérhető szolgáltatás). Ez egyfajta „szerződéskötési” (service contracting) folyamat a felhasználó és a webszolgáltatás között.

A kiválasztott szolgáltatás végrehajtása során a megadott koreográfia (service choreography and orchestration) alapján egy kvázi-workflow fut le, amely kérdezhet a felhasználótól további adatokat, megerősítést kérhet, illetve több más webszolgáltatást meghívhat a háttérben.

A végrehajtás eredménye a WSMO esetében nem egy paraméterlista amint azt megszoktuk, hanem egy logikai tényhalmaz, amely az eredményállapotot írja le. Ezt azután gépileg könnyen lehet értelmezni, a felhasználó számára azonban ki kell bontani a lényeges adatokat és „emészthető” formában megjeleníteni.

A fenti folyamatokban sokszor nem lehet kiküszöbölni a közvetítést (mediation), amely kezeli a szemantikai illetve működési különbségeket az egyes komponensek között. Ha például a felhasználó és a webszolgáltatás eltérő ontológiákat használ ugyanazon fogalmak jelölésére, akkor a célokat és eredményeket „le kell fordítani” a másik ontológiára azért, hogy a partner is megérthesse azt.

Ebben a szakaszban a következő INFRAWEBBS komponensek játszanak szerepet [5]:

- *WSML tároló:*
többek között a felhasználók számára elérhető szemantikus webszolgáltatások leírásait tárolja
- *Szolgáltatáskereső komponens:*
adott feladat megoldásához keres szolgáltatást
- *Szolgáltatás végrehajtó motor:*
végrehajtja a kiválasztott szolgáltatást
 - Végrehajtás megfigyelő (monitor):
figyeli és rögzíti az egyes szolgáltatások végrehajtásának minőségét (QoS).

6. Összegzés

Az INFRAWEBBS projektben szemantikus webszolgáltatások tervezésének, megvalósításának komplett technológiáját dolgozzuk ki. A projekt alkalmazott informatikai kutatási projekt, mely a gyakorlatban használható eredménnyel kecsegtet, ugyanakkor még számos alapkutatási eredmény nem áll rendelkezésünkre a teljes befejezéshez. A hiányzó láncszemeket vagy magunk kovácsoljuk vagy beépítésüket a projekt menetének későbbi időpontjaira halasztjuk. Járatlan úton haladunk más szempontból is, mivel jelenleg még nincs nagyobb (ipari) közösség által elfogadott, széles körben elterjedt, a gyakorlatban tömegesen használt szemantikus szolgáltatás leírási mód, miközben a webszolgáltatás kezelés automatizálásának igénye a mindennapi gyakorlat felől dörömböl.

Az INFRAWEBBS projekt más szempontból is egyedi megoldást kínál, mivel nem csupán a szemantikus webszolgáltatások alaptermotechnológiáját dolgozza ki, de a ki-fejlesztendő technológiájának szerves része a szolgáltatások gyakorlati felhasználása során nyert felhasználói visszajelzések (értékelés) illetve szolgáltatás minőségi információk (QoS) az automatikus szolgáltatás kiválasztás során történő figyelembe vétele.

A webszolgáltatások szemantikus webszolgáltatók sokkál alakítása klasszikus bootstrap probléma, mely a gyakorlatban csak lassan válhat tömegessé. Az elterjedést megnehezíti hogy a klasszikus internet technológiák (lásd pl. protokollok) és a szemantikus web technológiák eltérő kategóriába tartoznak, mely utóbbi esetében a deklaratív, logikai programozási technológiák illetve az azokkal való együttműködési kényszer egyértelmű gátként hat. Itt nem csupán a gyakorlat követel-te teljesítmény elvárásokra utalunk, hanem az Internet technológiákat kutató-fejlesztő közösség meglévő háttértudásának eltérő voltára is.

Gyorsabb változást a tudásreprezentációk, tudás-technológiák fejlődése hozhat, melyhez reméljük az INFRAWEBBS projekt is hozzájárul.

Irodalom

- [1] R. Akkiraju, J. Farrell, J. Miller, M. Nagarajan, M. Schmidt, A. Sheth, K. Verma:
„Web Service Semantics – WSDL-S”,
a joint UGA-IBM Technical Note, v1.0, 18. April 2005.
<http://lsdis.cs.uga.edu/library/download/WSDL-S-V1.pdf>
- [2] “OWL-S: Semantic Markup for Web Services”,
W3C Submission, 22. November 2004.
<http://www.w3.org/Submission/OWL-S>
- [3] “Web Service Modeling Ontology Primer”,
W3C Member Submission, 3. June 2005.
<http://www.w3.org/Submission/WSMO-primer/>
- [4] Tatiana Atanasova, Gennady Agre, H Joachim Nern:
„INFRAWEBBS Semantic Web Unit for design and composition of Semantic Web Services INFRAWEBBS approach”, In: Proc. 1st Workshop for „Semantic Web Applications” at the EUROMEDIA 2005, IRIT, Université Paul Sabatier, Toulouse, April 2005.
- [5] Cs. Fülöp, L. Kovács, A. Micsik:
„The SUA-Architecture Within the Semantic Web Service Discovery and Selection Cycle”,
In: Proc. 1st Workshop for „Semantic Web Applications” at the EUROMEDIA 2005, IRIT, Université Paul Sabatier, Toulouse, April 2005.
- [6] H.-J. Nern, T. Atanasova, G. Agre, A. Micsik, L. Kovács, J. Saarela, T. Westkaemper:
„Semantic Web Service Development on the Base of Knowledge Management Layer – INFRAWEBBS Approach”,
Proc. of the 3rd International Conference Information Research, Applications and Education, i.TECH 2005 (Krassimir Markov ed.), June 27-30, 2005 Varna, pp.217–223., ISBN 954-16-0034-4
- [7] „Web Services Description Language (WSDL) 1.1”,
W3C Note, 15 March 2001., <http://www.w3.org/TR/wsdl>
- [8] “OWL Web Ontology Language Overview”,
W3C Recommendation, 10 February 2004.
<http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- [9] “D16.1v0.21 –
The Web Service Modeling Language WSML”,
WSML Final Draft, 5 October 2005.
<http://www.wsmo.org/TR/d16/d16.1/v0.21/>