

Precíz modell transzformációk tervezése és analízise a modellvezérelt fejlesztésben

Design and Analysis Techniques for Precise Model Transformations in Model-Driven Development

Az értekezés a szolgáltatásbiztos rendszerek tervezésének kontextusában vizsgálható. Az ilyen rendszerek hibamentessége és a hibamentesség ellenőrzése kulcsfontosságú probléma. A cél elérésében jelentős fejlődést jelentett a modellvezérelt fejlesztési paradigma előretörése, ahol a különböző absztrakciós szintű modellek és azok transzformációi révén automatizált, követhető és ellenőrizhető lépésekkel áll elő a rendszer. A modellvezérelt paradigma elterjedése azonban nem a várt ütemben történik, egyrészt a paradigmaváltás nehézségei, de legfőképpen a valós, nagyméretű rendszerek esetén szükséges hatékonyság és intuitív eszköztámogatás hiányosságai miatt. Az értekezés a modellvezérelt fejlesztés központi elemére, a modelltranszformációkra koncentrálna: hatékony, gyakorlatban is alkalmazható megoldásokat dolgoz ki transzformációk specifikációja, tervezése, végrehajtása és analízise kapcsán.

Az értekezés tézisei új tudományos eredményeket mutatnak be a modelltranszformációk fenti négy területén. Hiánypótló megoldás a gráf transzformációkra és az absztrakt állapotgépekre épülő hibrid gráfminta alapú leíró nyelv definíciója és megvalósítása, mely ötvözi deklaratív és imperatív megközelítések előnyeit, és az intuitív szintaktika mellé jól definiált szemantikát ad meg. Mindez kiegészül újrafelhasználhatóságot biztosító konstrukciókkal is. A transzformációk hatékony kezelése szintén szükséges feltétele a modellvezérelt paradigma alkalmazásának. A szerző új módszert dolgozott ki modell-specifikus keresési tervek kinyerésére és alkalmazására, illetve inkrementális gráf illesztést javasol nagy modellek hatékony transzformációjához. Emellett plugin alapú architektúrát definiál elősegítve a transzformációk natív környezetben történő végrehajtását. A szakterület specifikus modellezésnél komoly akadályt jelent, hogy a szakértők ismerik ugyan a forrás és cél modellt, de a transzformáció precíz megtervezéséhez szükséges formalizmus idegen számukra. A szerző által javasolt példa alapú következtető rendszer ebben nyújt segítséget. A javasolt megoldás ismert korlátai ellenére használhatónak bizonyult és több csoport is dolgozik a továbbfejlesztésén. Elméleti eredmény a gráf transzformációk terminálását formálisan igazoló, Petri hálókra épülő módszer. A Petri hálókön ellenőrizhető terminálási feltétel visszavezethető a transzformációkra, s mivel a Petri háló konstrukciója a típusokon alapul, így az ellenőrzés hatékonyan elvégezhető.

A szerző nevéhez fűződik a VIATRA2 modelltranszformációs keretrendszer alapjainak megalkotása és a kutatás-fejlesztés szakmai vezetése is. A keretrendszerbe számos újító és előremutató kutatási eredményt beépítettek az évek során. A szerző műhelyalkotó munkájával meghatározó alakja a téma kutatását végző csoportnak. Vezetésével több PhD hallgató végez magas szintű kutatásokat, akik önálló eredményeket is felmutatnak.

Az eredmények hasznosulása kiemelkedő. A VIATRA2 keretrendszer és a kapcsolódó kutatási eredmények két fontos területen, szolgáltatás-orientált rendszerek és kritikus beágyazott rendszerek tervezése és analízise során kerültek felhasználásra. Az eredményeket számos EU támogatott és ipari kutatási projekt (SENSORIA, DECOS, DIANA, MOGENTES, SecureChange, ARTEMIS) során alkalmazták sikerrel akadémiai és ipari körökben is, így azok nemzetközi hatása is jelentős. Kiemelném még a szakterület specifikus modellezés terén elért eredményeket, a keretrendszert a konkrét felhasználás során többek között üzleti folyamatok és mérnöki rendszerek kapcsán is sikerrel használták. Emellett

a keretrendszert a legjobbak között tartják számon, sok esetben többet tud mint más, élvonalba tartozó transzformációs rendszerek.

A doktori értekezést jelentős számú nemzetközi publikáció alapozza meg. A tézisek eredményei több könyvfejezetben, számos folyóiratcikkben és konferenciaticikkben jelentek meg, melyek közül két konferencia cikk díjazott is lett. Az értekezés ezek mellett 142 hivatkozást is felhasznál. Az értekezés tartalma a formai követelményeknek megfelelően 100 oldalon kerül ismertetésre, ami véleményem szerint komoly tervezési és szerkesztési munkát igényelt. A tézisek sok jelentős eredményt tartalmaznak, így a lényegyet kiemelni és a megfelelő háttéranyaggal és példával érthetően bemutatni nehéz feladat volt. A tartalmi részhez a függelékben további magyarázó részek kapcsolódnak, melyek azonban nem szükségesek az értekezés megértéséhez. A szerző a fontosabb fogalmakat, újonnan bevezetett módszereket és jelöléseket jól eltalált példákon keresztül mutatja be, köztük szükség esetén a megértést elősegítő egyszerű példák is megtalálhatók, melyek mellett a szerző gyakorlati jelentőséggel bíró komolyabb eseteket is ismertet.

A pályázó tudományos munkája igen meggyőző, magas színvonalú és inspiráló. A négy tézisben bemutatott eredményeket új tudományos eredményeknek ismerem el, melyek megfelelnek az MTA doktora cím odaítélése kapcsán támasztott követelményeknek. Az értekezés nyilvános védését és doktori értekezés elfogadását javaslom.

A továbbiakban az értekezéshez kapcsolódó megjegyzéseimet, kérdéseimet részletezem.

Az értekezés két tömör fejezetben vezeti be az olvasót a modell transzformációk és azok formális leírásának és használatának világába. Az első fejezet a kritikus rendszerek kapcsán a modell vezérel fejlesztés koncepcióját vázolja, majd kicsit részletesebben mutatja be a terület jelenlegi helyzetét, kiemeli az aktuális kihívásokat, majd ismerteti az értekezés főbb eredményeit.

A második fejezetben a szakterület-specifikus modellezés, a gráf transzformációk és az induktív logikai programozás szükséges formális definícióit találhatjuk meg. Habár a szerző igyekszik itt is példákkal élve magyarázni, a fejezet igen tömör a kevésbé tapasztalt olvasó számára. Egyéni ízlés kérdése, hogy a hasonló definíciókat inkább a közvetlen felhasználás előtt érdemes-e ismertetni, mindenesetre sok fogalom előkerül az értekezés több tézisének is, így jogos a közös ismertető kiemelése.

1. Tézis - Modelltranszformációk specifikációs technikái

A tézis célkitűzése a modelltranszformációk egy intuitív, mégis precíz szemantikával rendelkező leírása. Az ismertetett megoldás egy gráf transzformációkra és absztrakt állapotgépekre épülő hibrid leíró nyelv, melynek szemantikáját a szerző formálisan is megadja. A nyelv alapvető fogalma a gráf minta, melyet mind a deklaratív, mind az imperatív oldal használ. A gráf transzformációs szabályok kibővített megadási módja mellett a módszer értékét emeli, hogy a szabályok végrehajtása pontosan vezérelhető (megfelelő sorrend, ismételt alkalmazás módja), gyakorlati hasznosíthatóságát pedig növeli, hogy a modellter natív Java kódból is elérhető.

A gyakorlatban alkalmazható transzformációk megadása felé egy jelentős újító lépés a meta-transzformációk és a generikus transzformációk bevezetése. A gráf transzformációk egyik negatív tulajdonsága, hogy az éles alkalmazás során csak konkrét illeszkedő gráf mintát használhatunk. Ezek a minták sok esetben nagyon hasonlóak, de az általánosítás szemantikája nem definiált. A szerző

kiemelten hasznos eredménye a generikus transzformációk kidolgozása, ami jelentős előrelépés a gyakorlatban alkalmazható transzformációk eléréséhez. A javasolt módszer nélkül csak konkrét eseteket lehet megfogalmazni, mely megkötés szöges ellentétben áll az absztrakt, általánosítható megoldások szükségességével. A generikus típus hozzáadásával transzformációs könyvtárak hozhatók jött létre, melyek különféle metamodelleken módosítás nélkül alkalmazhatók, így jelentős munkát takarítanak meg.

Kérdések

1. A 3.2. fejezetben szó esik más modellező nyelvek integrálásáról (XML, EMF, BPEL). Az integráció itt konkrétan milyen jellegű és mélységű? Modellek kezelését fekete dobozként vagy mélyebb, szemantikát is érintő integrációt jelent?
2. A VTCL nyelv kialakításánál felmerült-e más elterjedt nyelv alkalmazásának lehetősége, pl. az OCL kiterjesztése? Milyen szempontok alapján döntöttek / mit érdemes megfontolni egy ilyen döntésnél?
3. Milyen nagyságrendű teljesítménycsökkenést okoz egy generikus transzformáció alkalmazása egy konkrét megfelelőjéhez képest?
4. A 3.7. fejezetben láthatunk egy összefoglaló táblázatot a modellező eszközök haladó szintű tulajdonságairól. Milyen funkciókat kellene még megvalósítani, milyen érdekes problémák várnak megoldásra ezen a területen?

2. Tézis - Modelltranszformációk tervezési technikái

A második tézis a szakterület specifikus modellezés egy újabb problémájára keres megoldást: a modelltranszformációkat tervező szakemberek jól ismerik a forrás és cél modellek nyelvét, de a transzformáció pontos megtervezése a transzformáció formalizmusának mély ismeretét követelné meg, mely teljesen különbözik az általuk használt modellektől. Megoldásként egy példa alapú megközelítést ismertet a szerző, melyhez hasonlólt más területeken (pl. XSLT) már sikerrel alkalmaznak.

A módszer első lépése egy közelítő, kezdetleges összekötés metamodell szinten, majd második lépésként az összekötési példák megadása következik. A példák és a meta szintű információk alapján a rendszer automatikusan határozza meg a transzformációt, általánosítva a példákból. Ehhez az induktív logikai programozás eszközét alkalmazza a szerző: a megadott példák Prolog programokká alakításával, majd az ILP eredmények transzformációvá alakításával éri el célját. A fejezet számos példán keresztül mutatja be a módszer működését – talán kicsit sok technikai részlettel. Mindenképp pozitív, hogy a módszer prototípus szinten megvalósításra került, illetve a kutatás során felmerült és az értekezésben ismertetett problémák ellenére gyakorlatban is használhatónak bizonyult.

A tézis egy korai fázisban levő kutatást mutat be, mely egy máshol már alkalmazott ötleten alapul, mégis újjító megoldás a modell transzformációk kapcsán, a módszer kidolgozása és alkalmazhatóvá tétele jelentős eredmény. A tézis értékét növeli a jelentős számú független hivatkozás és az, hogy a szerző nemzetközi szinten, számos más csoportban további kutatásokat indukált.

Kérdések

5. Mi motiválta az ILP rendszerek közül az Aleph alkalmazását?

6. Az problémafelvetés szerint a szakterületi szakértői nem jártasak a transzformációk leírásában. A módszer első lépéseként létrehozandó metamodell összekötés után azonban egy iteratív folyamat kezdődik, ahol a következtetett szabályok javításra szorulnak. Amellett, hogy a semmiből sokkal nehezebb elkészíteni a transzformációkat, mint pusztán javítani rajtuk, ebben a fázisban a javításhoz mennyire kell ismerni a transzformáció formalizmusát? Van-e esetleg a publikációk óta konkrét tapasztalat valamilyen szakterület specifikus nyelven?

3. Tézis - Hatékony végrehajtási technikák modelltranszformációkhoz

A modellvezérelt fejlesztési paradigma elterjedésével egyre nagyobb az igény valós, nagyméretű modellek kezelésére. Ezalatt százezres vagy akár milliós nagyságrendű modellelem esetén is rövid válaszidővel elvégzett műveleteket értünk. A terület fontosságát jelzi, hogy a kapcsolódó publikációk megjelenése óta jelentős fejlődés figyelhető meg a modelltranszformációs eszközöknél, mindez azonban nem kisebbíti a szerző és munkatársai előremutató kutatásait. A tézis három területen mutat be újító módszereket, melyek tudományos értékük mellett gyakorlati jelentőséggel is bírnak.

Egy transzformáció végrehajtásánál a gráf transzformáció bal oldalának illesztése a kritikus lépés. A gráf keresési tervek optimalizálása terén a szerző az addig pusztán metamodell alapú megoldásokkal szemben konkrét modelleken alapuló módszert mutat be. Az adott szakterülethez tartozó, meglévő modellek alapján súlyozott keresési algoritmust mutat be, mely futás közben választja ki az adott modellen várhatóan kis költséggel működő stratégiát. A jól kidolgozott ötlet mellett a hatékony megvalósítás is magas színvonalú szakmai tudást feltételez. Megjegyzem, hogy a modell-specifikus keresésnél használt optimális kifejezés kicsit zavaró, mivel valójában egy megfelelően jó megoldás bemutatásáról van szó. Ezt a szerző meg is jegyzi, de talán érdemes már az elején kerülni a nem egyértelmű megfogalmazást.

Az inkrementalitás bevezetése szükséges lépés a valós környezetben való alkalmazáshoz. A RETE hálókra épülő megoldás a mintaillesztési helyek tárolásán és karbantartásán alapul. Minden változás (modell transzformáció) alkalmával azonosítja a változott részeket és frissíti az illeszkedések helyét. Valamilyen szintű inkrementalitást több transzformációs rendszerben is implementáltak. Az alfejezet végén a szerző ismerteti mely eszköz milyen célra használ inkrementális megoldást. Bár az elvégzett kísérletek alapján látható a nyereség (a módszer kisebb illesztési halmaz esetén különösen hatékony), számomra nem derül ki egyértelműen, hogy a bemutatott megoldás hogyan viszonyul a többi eszköz eredményeihez.

A harmadik kontribúció szintén gyakorlati megközelítésű: a szerző egy plugin rendszert mutat be a transzformációk külső eszközökbe való könnyebb beágyazásához. Mindez EJB környezetben kerül bemutatásra, ahol önálló modelltranszformációt végrehajtó plugin generálható a VIATRA2 rendszerben megfogalmazott transzformációk alapján. Ezzel megvalósul a tervezés és a végrehajtás különválasztása, így a végrehajtás hatékony, külső környezetbe illeszthető lesz.

A három különálló téma mindegyike gyakorlati jelentőséggel bír a modellvezérelt fejlesztés valós környezetben történő alkalmazásában. A bemutatott módszerek, újítások nyomán a VIATRA2 rendszer eléri és több esetben túlszárnyalja az élvonalbeli modelltranszformációs eszközöket.

4. Tézis - Modelltranszformációk terminálásának analízise

A tézis elméleti jellegű, a gráf transzformációk és a Petri hálók közti hozzárendelés megadásával a szerző megteremti a feltételeket a Petri hálók elméleti eredményeinek transzformációkon való alkalmazására. A tézis során a Petri hálós absztrakció megadása mellett a szerző igazolja, hogy a gráf transzformáció minden lehetséges futásához tartozik a háló egy futási útja. Erre építve a Petri hálón bizonyított terminálási feltétel érvényes a gráf transzformációra is. A tézis szép elméleti eredménye a gyakorlatban is alkalmazható. Mindehhez meg kellett oldani a negatív alkalmazási feltételek (NAC) egységes kezelését a Petri háló megalkotásakor, ami új eredménynek számít. A módszer további előnye a gyakorlati használhatóságot tekintetében, hogy a háló mérete nem a modellel, hanem a modellben használt típusokkal arányos, mivel a háló szerkezete a típusok alapján épül fel.

Kérdések

7. A bevezetőben (1.4.4. fejezet) több szintaktikai és szemantikai követelmény is szerepel a bemutatott terminálási probléma eldöntése mellett. Történtek-e azirányú vizsgálatok, hogy mely más követelmény ellenőrizhető a fentiekhez hasonlóan Petri hálók segítségével?

Apróbb megjegyzések, elírások

- Tézisfüzet 3. ábra: az ábra méretét, vagy legalább a betűméretet érdemes lenne megnövelni.
- Értekezés 11. oldal: concrete syntax of the language of the language
- Értekezés 20. oldal: Completeness: all $e \in E^-$ helyett E^+
- Értekezés 23. oldal: Sec. 4.7 helyett 3.7
- Értekezés 39. oldal: „cite VIATRA2”
- Értekezés 60. oldal: attributes values helyett attribute values
- Értekezés 61. oldal: the the
- Értekezés 62. oldal: az Optim... rövidítéseket akár ki lehetne írni
- Értekezés 75. oldal: does not introduces
- Értekezés 78. oldal: context of In
- Értekezés 78-79. oldal: .. a bekezdések elején

Szeged, 2012. október 15.

Gyimóthy Tibor