

**MOBIL PLATFORMOK TÁMOGATÁSA
MODELLVEZÉRELT MÓDSZERTANOKKAL**

Charaf Hassan

**Magyar Tudományos Akadémia Doktora
értekezés tézisei**

Budapest, 2015

TARTALOMJEGYZÉK

I.	A disszertáció célja és az eredmények jellege.....	3
II.	Technológiai motiváció - A kitűzött kutatási feladat rövid összefoglalása.....	3
III.	Az elvégzett vizsgálatok, a kutatás módszerei	7
IV.	A tudományos eredmények rövid összefoglalása	8
1.	Tézis: Szakterület-specifikus modellezés és modellfeldolgozás.....	8
1.1	Szakterület-specifikus nyelvek transzformáció alapú támogatása	9
1.2	Szakterület-specifikus nyelvek dinamikus viselkedésének támogatása modelltranszformációval	9
1.3	Szoftvermodellek modelltranszformáció-alapú feldolgozása	9
1.4	Többplatformos modelltranszformációk futásidejű validálása	10
2.	Tézis: Mobilplatformok hatékonyságának növelése	10
2.1	Mobil Peer-to-Peer hálózatok vizsgálata, szemantikus információ visszakeresésének lehetőségei	11
2.2	Mobil platformokat támogató közösségi hálózatok vizsgálata	11
2.3	Energiahatékony mobil Peer-to-Peer megoldások	12
3.	Tézis: Modellvezérelt módszer több mobilplatform és IoT eszközök támogatására	12
3.1	Az eltérő mobilplatformok közös aspektusainak szakterület-specifikus modellezése	13
3.2	Modellfeldolgozási technika több mobilplatform támogatására	13
3.3	Módszerek kidolgozása erőforráskorlátos környezetben futó alkalmazások támogatására	13
3.4	Felhő alapú technológiák alkalmazása	14
V.	Az új tudományos eredmények alkalmazása.....	14
VI.	Irodalomjegyzék	19
VII.	A munka témaköréből készült további publikációk jegyzéke	21

I. A DISSZERTÁCIÓ CÉLJA ÉS AZ EREDMÉNYEK JELLEGE

Az elmúlt két évtized során az alkalmazott informatika kihívásai világossá tették, hogy az informatikai termékek, módszerek és szolgáltatások folyamatosan változó köre szinte követhetetlen változatosságot és komplexitást mutat.

A terület bonyolultsága és az új eredmények iránti folyamatos igények elkerülhetetlenné tették a diszciplináris eszközökre támaszkodó, tudományos mélységű kutatások alkalmazását, amelyeknek a szakterületi modellezéshez és mobil platformhoz kapcsolódó eredményeit ezen tézisfüzet foglalja össze.

A terület tudományos igényességű analízise olyan felismerésekhez vezetett, amelyek mentén világossá váltak a fejlesztési trendek, körvonalazódtak az egyetemi környezetben elvégezhető – kutatóegyetemi létünket is megalapozó – kutatások, kikristályosodtak a fejlesztések célkitűzései. Sőt ezen innovatív alkalmazott informatikai iskolát megalapozó kutatási tevékenységek jó eséllyel kecsegtetnek jelentős gyakorlati alkalmazásokkal is. Az alkalmazott informatika területén való markáns előrelépést és a technológiai fejlődés irányainak lefedését csak a tudományos és alkalmazói szemléletet egyaránt prioritásnak tekintő, ambiciózus és kiemelkedő képességű fiatalok egy ütőképes csapata képes megvalósítani. Ennek fényében kutatói munkásságom három, egységes rendszert alkotó pillérre alapoztam: kutatómunka végzése, újszerű módszerek alkalmazásával valós feladatok megoldásainak fejlesztése, valamint kutató-fejlesztő csoport építése.

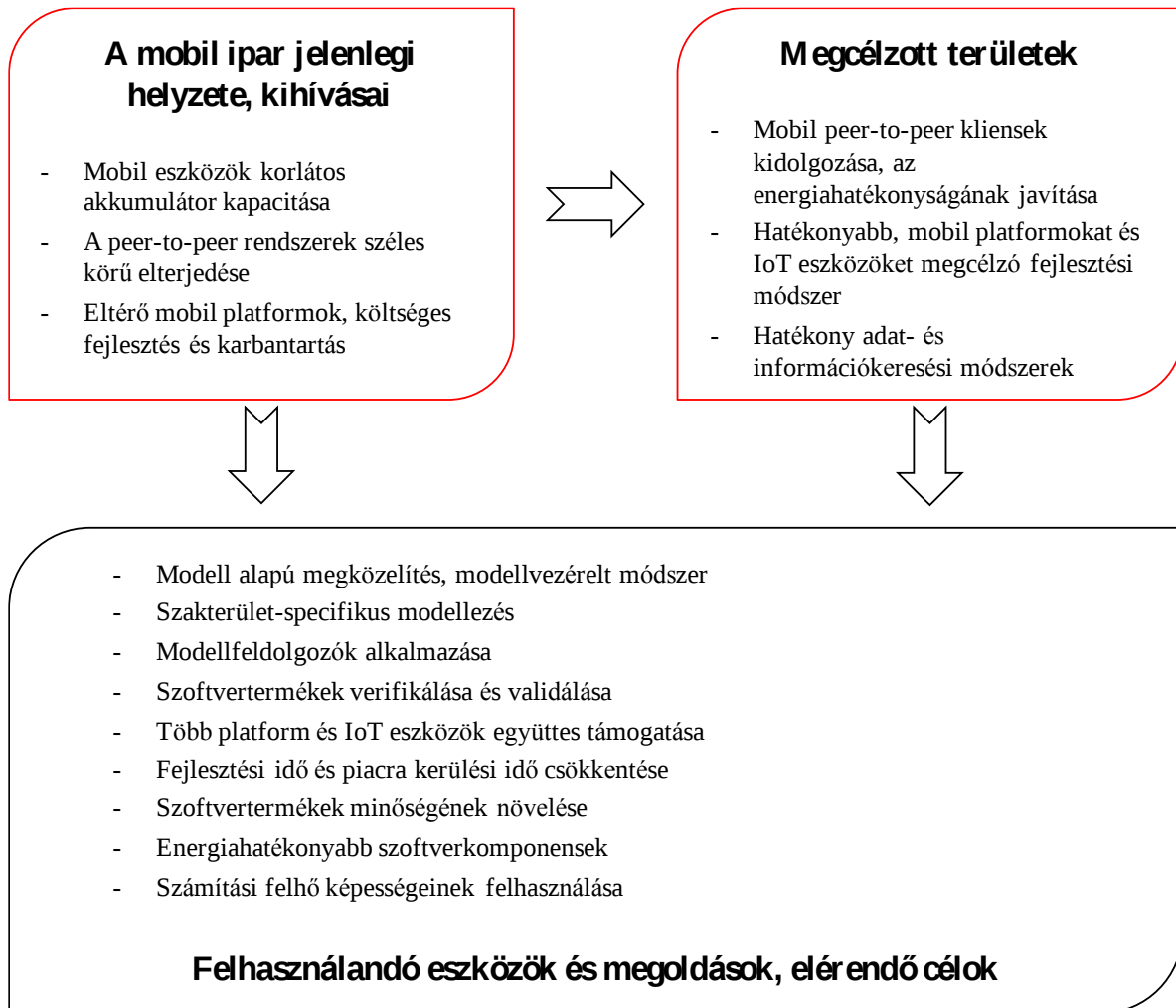
A szakma trendjei, aktualitásai által körvonalazódott jövőbeni kihívások elméleti és gyakorlati aspektusain, mint irányvonalakon elindulva, célul tűztem ki, hogy szoftvermodellezési megoldásokkal támogassam a szoftvertermékek minőségének növelését, továbbá a fejlesztési idő csökkentését. A 90-es évek végén a mobil eszközök térhódítása inspirálta, hogy a szoftvermodellezési megoldások, melyek abban az időszakban döntő mértékben webes, asztali és nagygépes rendszerek fejlesztése mentén kerültek alkalmazásra, a mobil eszközök területén is segítsék a fejlesztési kihívások feloldását.

Célom volt olyan elméleti módszer kidolgozása, melyre alapozva fejlesztési módszertan dolgozható ki a különböző platformok, és ezen belül az eltérő mobil platformokat célzó fejlesztések támogatására. Ennek a célnak az elérése érdekében fogalmaztam meg a szakdolgozat, diploma, TDK, valamint a PhD témakiírásokat. A tézisek során taglalásra kerülő eredmények hasznosulása és a kapcsolódó alkalmazások az általam vezetett diploma, TDK és PhD dolgozatokban is nyomon követhetők, azonban az alap gondolatok felvetését, valamint részben a kidolgozás részleteit magam végeztem, illetve irányítottam.

II. TECHNOLÓGIAI MOTIVÁCIÓ - A KITŰZÖTT KUTATÁSI FELADAT RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

Az elmúlt években a mobil eszközök képességeinek folyamatos fejlődését figyelhetjük meg. Az okostelefonok és a táblagépek felhasználóinak száma a korábbi mérés becsléseket is felülmúlja. A mobil eszközök használata a mindennapi életünk részévé vált [Vision, 2014] [Vision, 2015]. Felmérések is igazolják a tényt: a fiatal korosztály (15-35 évesek) közel 100%-a a reggeli ébredés után először mobiltelefonját veszi a kezébe. Ezzel párhuzamosan a mobilalapú megoldások az ipar számos területén is komoly térhódítást értek el. Az 1. ábra összefoglalja, hogy a mobil ipar fejlődéséhez nyitott problémák

megoldásán keresztül vezet az út, bemutatja, melyek a megcélzott kutatási területek, valamint a felhasználandó eszközök, módszerek és elérendő célok.



1. ábra: A mobil ipar fejlődése nyitott problémák megoldását igényli: a megcélzott kutatási területek, valamint a felhasználandó eszközök és elérendő célok összefoglalása

Igény mutatkozott olyan módszer kidolgozására, melynek alkalmazásával a mobil eszközökön futó szoftverek kifejlesztése gyorsítható azáltal, hogy a fejlesztési feladatokhoz modellező és modellfeldolgozó eszközöket biztosít és eljárásokat alkalmaz. A modellezés során célplatform-független modellek segítségével a mobilalkalmazás egyes rétegeinek működése definiálható, majd ezen modellezés alapján generálható az egyes konkrét mobil környezetekben futó alkalmazás kódja. A megoldás célja, hogy jelentős mértékben csökkentse a programozási hibákból adódó szoftverhibák számát, lerövidítse a fejlesztés és az alkalmazások piacra jutási idejét, valamint csökkentse a fejlesztési költségeket, és egyúttal egy jól használható eszköztárat is adjon a fejlesztők kezébe.

A mobil ipar fejlődése folyamatosan nagyobb teljesítményű mobileszközöket eredményez, melyek számos területen a számítógépeket is helyettesítik [Gelmato, 2015] [GSMA, 2015]. Ugyanakkor a növekvő teljesítmény több energiát kíván, ami jelentős probléma a korlátozott akkumulátor kapacitással rendelkező eszközök számára. Az üzemidő növelése történhet gazdaságosabb hardverelemek alkalmazásával, hatékonyabb

akkumulátorok használatával, vagy olyan szoftverkomponensek készítésével, melyek gazdaságosabb módon használják az eszközök erőforrásait [Nurminen, 2010] [Xiao et al., 2010] [Siekkinen et al., 2012]. A kutatómunka az utóbbi megoldás lehetőségeinek vizsgálatát és kapcsolódó módszerek kidolgozását is megcélozta.

A peer-to-peer (P2P) rendszer csomópontok olyan hálózatát jelenti, ahol a résztvevők elosztott módon, autonóm módon biztosítják a rendszerszolgáltatások rendelkezésre állását. A csomópontok kommunikációját nem támogatja központi szerver. Jelenleg a P2P alkalmazások használatából ered az Internet adatforgalmának jelentős része [Sandvine, 2015]. A hardver és a vezetékek nélküli technológiák fejlődése lehetővé teszi, hogy a mobil-eszközök is teljes értékű tagjai legyenek a P2P hálózatoknak. Ennek révén a mobil-eszközöket felhasználhatjuk például az információ-visszakeresési feladatokban, amely a kezdetektől fogva az informatikai technológiák egy jelentős kihívásának tekinthető.

Hétköznapijainkra közvetlenül hatással bíró jelentős technológiai innovációk a nagy adatmennyiség gyűjtésére képes, egymással vezetékek nélkül együttműködő, és folyamatosan miniaturizálódó objektumokra (dolgokra), vagy azok által létrehozott hálózatokra épülő üzleti megoldások. Az Internet of Things (IoT) környezetünk hétköznapi fizikai tárgyait a mindennapi életünket gazdagító információs ökoszisztémává alakítja át [Thibodeau, 2014] [Vision, 2015]. A szenzorok érzékelik és mérik a fizikai elmozdulást, a hőmérsékletet, a fényt és számos további értéket. Elsődleges szerepük, hogy objektumok milliárdjait tegyék adatokat generáló "dolgokká", amelyek folyamatosan forgalmaznak jelentéseket az állapotukról, szolgáltatnak szenzoradatokat, miközben különféle módokon lépnek kapcsolatba környezetükkel [BBC, 2015].

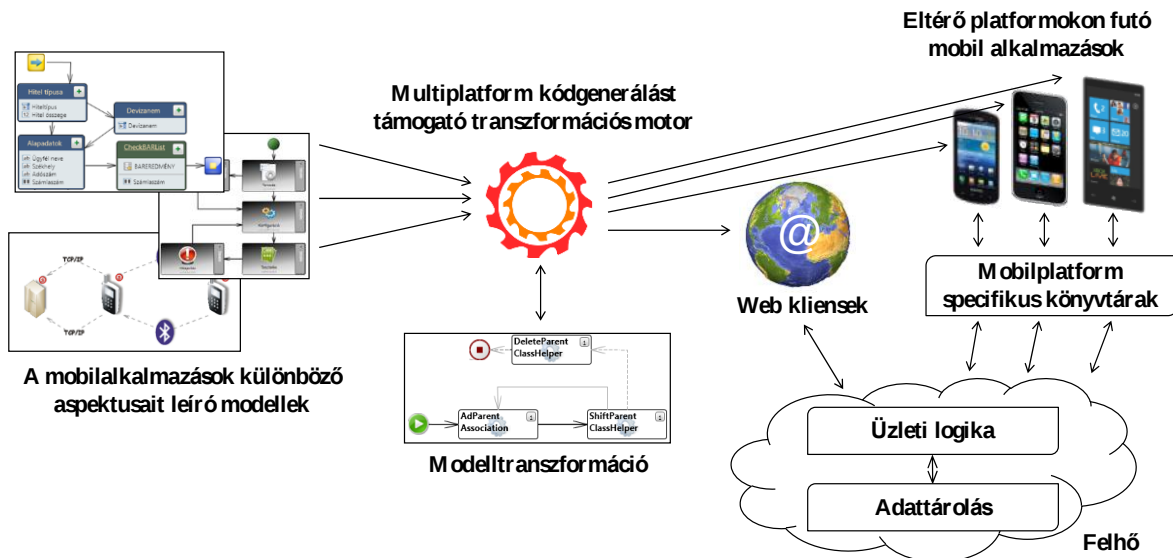
A tömegesen megjelenő új megoldások létrehozása olyan modellező és modellfeldolgozó módszerek alkalmazását, eszköztámogatás meglétét követelik meg, amelyek képesek felgyorsítani a mobil-eszközökön futó szoftverek kifejlesztését. Ilyen módszer a modellezés és modellfeldolgozás, melynek során a célplatformtól független szakterületi modellek segítségével a mobilalkalmazás egyes rétegeinek működése definiálható, majd ez alapján az egyes konkrét mobil környezetekhez futó alkalmazás generálható. A megoldás célja, hogy jelentős mértékben csökkentse a programozási hibákból adódó szoftverhibák számát, lerövidítse a fejlesztés és az alkalmazások piacra jutási idejét, valamint csökkentse a fejlesztési költségeket és egy jól használható eszköztárat adjon a fejlesztők kezébe.

A modell alapú szoftverfejlesztés [Sztipanovits et al., 2002] egyre nagyobb hangsúlyt kap napjainkban. A modellek ma már a korábbiakban megszokott dokumentációs célokon túl felhasználhatók a követelmények és tervek formális leírására, verifikálására, valamint kódgenerálás forrásaként is. A modellek és az automatizált modellfeldolgozás használatával jelentősen növelhető a komponensek újrafelhasználhatósága, a fejlesztés hatékonysága, valamint javítható az elkészült termék minősége [Levendovszky, 2009].

A szoftvertermékek megfelelő absztrakciós szinten történő definiálása hatékony eszközök és módszerek alkalmazást teszi szükségessé. A szakterület-specifikus nyelvek olyan speciális, szöveges vagy grafikus programozási nyelvek, amelyeket egy adott terület problémáinak leírására és megoldására dolgozunk ki [Kelly et al., 2008] [Fowler, 2010]. Ezek a nyelvek nagyban különböznek a hagyományos programozási nyelvektől, mivel fogalomtáruk, felépítésük és használatuk is arra épül, hogy a nyelvet testreszabja az adott szakterületre. A nyelv kifejezőképességének korlátozása ugyanakkor nemcsak megkötést

ad, de a specializálódása révén egyben azt is biztosítja, hogy az adott nyelv az adott szakterület kifejezésére adekvát módon alkalmazható legyen.

A szoftverek növekvő mérete és komplexitása miatt egyre kritikusabb elvárás az absztrakciós szint növelése a szoftverfejlesztésben [Sztipanovits et al. 1997]. A 2. ábra szemlélteti, hogy a modellezésen és a modellfeldolgozáson keresztül megvalósuló tervezés és automatikus kódgenerálás lehetővé teszi, hogy kevesebb hibával, a fejlesztési folyamatot felgyorsítva készítsünk alkalmazásokat egy, vagy akár több platformra párhuzamosan.



2. ábra: A megcélzott modellvezérelt módszer koncepcionális elemei

A fentiekén túl, a 2. ábra összefoglalja a megcélzott modellvezérelt módszer azon koncepcionális elemeit, amelyek a keretét adták a kutatómunkámnak. Az ábra bal oldalán a mobilalkalmazások definiálását támogató mobilplatformoktól független, szakterület-specifikus nyelvek példánymodelljei találhatók. Ezen szakterület-specifikus nyelvek eltérő aspektusokat figyelembe véve támogatják a mobilalkalmazások modellezését: felhasználói felület, adatréteg, statikus struktúra, dinamikus viselkedés és kommunikációs protokoll modellezése. A modellek feldolgozását az ábra közepén szereplő modelltranszformációs megközelítés reprezentálja. A modellfeldolgozás lényege, hogy ugyanazon bemeneti modelleket alkalmazva a különböző mobilplatformokra eltérő, platformspecifikus forráskódot generál. A forráskód teljessége változó: a generált kód kézi kiegészítésének szükségessége függ az adott bemeneti modell által lefedett aspektustól (felhasználói felület, adatréteg, kommunikáció, egyéb), valamint a cél mobilplatformtól. Nem kifejezett cél tehát a generált kód teljessége, sokkal inkább a hatékonyság növelése úgy, hogy egy olyan, a fejlesztést gyorsító módszer kerüljön kidolgozásra, amely lehetővé teszi a modellezés és a programozási tevékenységek együttes alkalmazását. A megközelítéssel az alkalmazások azon aspektusait modellezzük, amelyeket modell szinten gyorsabban vagy valamilyen szempont szerint hatékonyabban tudunk összeállítani, mint forráskódban definiálni. A modellekből generált kódot pedig kézzel tovább módosítjuk és integráljuk az alkalmazás teljes kódbázisába.

A módszer egyik lényeges pontja, hogy lehetővé teszi a feladatok megfelelő helyen történő elvégzését: vagy a „modelltérben”, vagy a forráskód szintjén. A megoldás

megfelelő nyelveket, modellfeldolgozási megoldásokat és a mobilplatformokhoz tartozó módszereket, javaslatokat, mintákat és osztálykönyvtárakat biztosít. A mobilplatform-specifikus osztálykönyvtárak a 2. ábra jobb oldalán találhatók. Céljuk, hogy a gyakran használt funkciókra hatékony, az adott mobil platform sajátosságait figyelembe vevő és azokat felhasználó megoldásokat kínáljanak. Az osztálykönyvtárak révén a generált kód rövidebb, hiszen a generált elemekben nem kell megvalósítani a funkciók jelentős részét, mert azok egy-egy megfelelően paraméterezett függvényhívással, precízen definiált interfésszel, mobil platform-specifikus osztálykönyvtárakra épülnek.

Az ábra szemlélteti, hogy a módszer lehetővé teszi a mobilplatformokon túl további platformok, például web támogatását is. Szintén látható, hogy az alkalmazások számításigényes feladatai és a szerver oldal a számítási felhőben kap helyet.

III. AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK, A KUTATÁS MÓDSZEREI

A fentiekben bemutatott motivációs elvek határozták meg a kutatómunka különböző irányait. Ezen irányokhoz a következő célkitűzések társultak: (i) szakterület-specifikus modellezésen és modellfeldolgozáson alapuló módszer és kapcsolódó megoldások kialakítása mobil és IoT eszközök szoftvermegoldásaira, (ii) mobil platformok hatékonyságának növelése, valamint a két terület eredményeinek ötvöztetésével és további eredmények kidolgozásával (iii) egy modellvezérelt módszer kialakítása több mobil platform együttes támogatására.

A célok elérése iteratív munkával történt. Az elmúlt két évtizedben közel 20 doktoranduszommal végeztük a kutatómunkát és jelenleg is több doktorandusszal folyik aktív kutatás. Tudományos tevékenységünk témái négy nagy területre összpontosulnak: modellezés és modellfeldolgozás, mobil platformok és tárgyak internete, elosztott rendszerek és felhőalapú technológiák, valamint hatékony adatkezelési módszerek.

Az elméleti eredményekkel foglalkozó kutatás módszereit elsősorban az adott problémakörhöz rendelkezésre álló matematikai formalizmus és a hozzá tartozó módszerek határozták meg, melyek részletezésére a következő fejezetben, a kapcsolódó eredményeknél kerül sor. A munka során folyamatosan követtük a művelt területek aktuális eredményeit. Többször szükség volt olyan, például a peer-to-peer rendszerekhez vagy a modelltranszformációhoz szorosan nem tartozó területek megismerésére és alkalmazására is, amelytől a kutatás bizonyos területein minőségbeli, alkalmazhatóságbeli, valamint hatékonyságbeli javulást reméltünk.

Az elméleti eredmények alkalmazhatósága, valamint az újabb problémákat felvető gyakorlati visszacsatolás a szoftverrel foglalkozó tudományok szempontjából alapvető mozzanat, ennek fényében a BME VIK Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszékén több szoftvercsomagot és keretrendszert fejlesztettünk ki. A megvalósítások lehetővé tették az elméleti eredmények gyakorlati vizsgálatát. Ez a megközelítés az egész kutatást jellemezte. A szoftvercsomagok tehát a kutatás gyakorlati eredményeinek tekinthetők. A kutatómunka során az elméleti eredmények, adott esetben részeredmények, gyakorlati megvalósítása lehetővé tette, hogy a gyakorlati tapasztalatokat visszacsatolva iteratív módon finomítsuk tovább az elméleti hátteret.

A kutatás számottevő része különböző ipari partnerekkel és nemzetközi kutató-csoportokkal közösen végzett projektek keretében történt, ezért az elméleti eredmények

valós ipari környezetben megvalósításra kerültek, majd tesztekkel és mérésekkel a megfelelőségüket is igazoltuk. Ezen K+F projektek keretében különböző mobil-platformokat támogató szoftvercsomagok, mobil protokollok, algoritmusok és prototípusok, több szakterület-specifikus nyelvet támogató modellező környezet, valamint a modellfeldolgozást lehetővé tevő modellfeldolgozók kerültek megvalósításra.

Az eredmények validálását ipari környezetben végeztük el. Számos olyan ipari projekteket valósítottunk meg, melyeknél kiemelkedő jelentőséget kaptak az alkalmazásra került tudományos eredmények. Több ipari partner (Nokia, Microsoft, Magyar Telekom) folyamatos megrendelése, tükrözték, hogy mennyire értékeli és milyen mértékben tudja az ipar hasznosítani a kidolgozott eredményeket, amelyek a modellezés, a multiplatform-fejlesztés, az IoT és számítási felhő területeken felmerülő feladatok megoldására koncentrálnak.

IV. A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

Kutatómunkám során arra törekedtem, hogy az eltérő platformokon futó alkalmazások fejlesztésére olyan megoldást adjak, amely egyfelől hatékonyabbá teszi a fejlesztést, másfelől képes kezelni az eltérő platformok sajátosságait. A kutató- és fejlesztőmunkát a különböző mobilplatformok elterjedése és népszerűsége motiválta. A kutatómunka irányainak kialakításában nagy szerepet játszottak a változatos ipari igények, amelyekre megoldást kellett adnom. A cél minden esetben olyan megoldás kidolgozása volt, amely a gyakorlatban is alkalmazható és ott is megállja a helyét. Kutatási eredményeim felhasználásával számos valós, jelenleg is használatban lévő alkalmazás készült el.

A terület tudományos fejlődése hazai és nemzetközi szinten is jelentős eredmények kidolgozására inspirált. A fejlesztések hatékonyságát, az előálló forráskód és szoftvertermékek minőségét, valamint a fejlesztési idő csökkenését tudományosan alátámasztott módszerek megléte tette megalapozottá. Az elmúlt két évtized tudományos eredményeinek validálása az iparral folytatott folyamatos iterációs tevékenység formájában zajlott. Számos eredmény ipari validálása új igényeket fogalmazott meg, valamint időközben a szakmai irányok fejlődésével további lehetőségek és igények fogalmazódtak meg, melyeket a nemzetközi kapcsolatok és partnerek tovább színezték.

A kutatómunkában született tudományos eredményeket három tézisben foglaltam össze.

1. TÉZIS: SZAKTERÜLET-SPECIFIKUS MODELLEZÉS ÉS MODELLFELDOLGOZÁS

A modellalapú fejlesztés egyik kulcsa a szakterület-specifikus modellezés használata. A szakterület-specifikus modellezés során szakterületre jellemző nyelveket használunk, amelyek lehetnek szövegesek vagy vizuálisak. Ezek a nyelvek egy-egy szakterület feladatainak leírására kerülnek kidolgozásra, kifejezőképességük a tématerületre korlátozódik. A nyelv kifejező képességének korlátozása a specializálódása révén biztosítja, hogy az adott nyelv a szakterület kifejezésére hatékonyan alkalmazható legyen [Kelly et al., 2008] [Fowler, 2010].

A modellalapú szoftverfejlesztés nem merül ki a modell definiálásában, szerves része a modellek feldolgozása is [Karsai et al., 2003]. Modellek definiálják a formális követelményeket, az alapvető információkat, melyeken validáció/verifikáció végezhető és melyekből forráskód, más szöveges/grafikus leírás, vagy akár közvetlenül alkalmazás is

generálható. A modellek és az automatizált modellfeldolgozás használatával jelentősen növekszik az elkészített komponensek újrafelhasználhatósága, a fejlesztés hatékonysága, valamint az elkészült termék minősége. Egy szakterület-specifikus nyelv önmagában nem elégséges az automatizált program előállításához: szükség van szakterület-specifikus modellfeldolgozó alkalmazására is, amely feldolgozó a magas szintű modellekből alacsony szintű modelleket vagy forráskódot generál [Mens et al., 2005] [Sendall et al., 2003].

A fentiek alapján, nyitott kérdésként fogalmazódott meg a szakterület-specifikus nyelvek hatékony kialakítása, a szakterület-specifikus modellfeldolgozók definiálásának hatékony módszere, valamint a modellfeldolgozók működésének validálása, az elkészült termékek megfelelőségének biztosítása, valamint a szakterület-specifikus nyelvek dinamikus viselkedésének támogatása.

1.1 Szakterület-specifikus nyelvek transzformáció alapú támogatása

Cél a testreszabható, de precíz vizuális nyelvek létrehozása, kezelése és feldolgozása. Ennek fényében az eredmények olyan megoldásokat szemléltetnek, amelyek a testreszabható modellek létrehozásához és feldolgozásához szükségesek. A vizuális nyelvek metamodellezéssel, míg a transzformációk gráf-újraírásalapú modelltranszformációval kerülnek definiálásra. A terület fő eredményei a következők:

- *Egy platform-független, és modellezési paradigma-független módszer kidolgozása vizuális szakterületi nyelvek megjelenítésének megadására és felhasználására, szakterület-specifikus nyelv alkalmazása a vizuális szakterületi nyelvek megjelenítésének és alapszintű viselkedésének definiálására.*
- *A megoldás modellfeldolgozással egyesíti a metamodell által definiált absztrakt szintaxist és a külön definiált konkrét szintaxist. A modellfeldolgozás eredménye a szakterületi modellezésre közvetlenül használható grafikus környezet.*

1.2 Szakterület-specifikus nyelvek dinamikus viselkedésének támogatása modelltranszformációval

A szakterületi modellezést támogató környezetek gyakran keresett eleme a modellanímációs eljárások lehetősége. A területen végzett kutatómunka eredményei a következők:

- *Módszer kialakítása szakterületi nyelvek dinamikus viselkedésének (animációjának) vizuális definiálására. A módszer része a dinamikus viselkedés támogatására szolgáló eseményvezérelt architektúra.*
- *Módszer a dinamikus viselkedést leíró modellek modelltranszformációval támogatott végrehajtására.*

1.3 Szoftvermodellek modelltranszformáció-alapú feldolgozása

A modelltranszformációs rendszerekkel szembeni igények kielégítése érdekében szükség van ezen rendszerek elméleti és gyakorlati hátterének kutatására. Jelen eredmény a gráf-újraírásalapú transzformációs rendszerek egy hatékony kezelését dolgozta ki. A megközelítés célja, hogy magas szintű nyelvet biztosítson a transzformáció számára,

valamint felhasználja azt a többletinformációt, amely a szoftvermodellek metamodelljeinek rendelkezésre állásából származik. A területhez kapcsolódó eredmények a következők:

- *Módszer kidolgozása, amely szakterület-specifikus modellezőkörnyezetben lehetővé teszi a gráf-újraírásalapú modellfeldolgozást. A modelleket gráfoknak feleltetjük meg, a modellfeldolgozást, mint gráfújraírási szabályok sorozatát definiáljuk. A megoldás bizonyítottan hatékony algoritmusokat ad az újraírási szabályok baloldalával megegyező részgráfok megkeresésére, valamint az így megtalált illesztések az újraírási szabályok jobb oldalával történő lecserélésére.*
- *A módszer algoritmusai lehetővé teszik a következőket: (i) a metamodellekben szereplő multiplicitások alapján eldönthető, hogy létezik-e érvényes példánymodell, (ii) a példányosítás relációra vonatkozó topológiai kapcsolatok megállapítását metamodellek valamint metamodel és példánymodell között. Feltételek kidolgozása a (i) szabályok végrehajthatóságának transzformációs időn kívüli (offline) eldöntésére, valamint (ii) a gráfújraírási szabályok soros és párhuzamos függetlenségének vizsgálatával a párhuzamos futtatásra és a soros felcserélhetőség lehetőségére. Az algoritmusok és a feltételek a transzformációs szabályok transzformációs időn kívüli (offline) elemzésére alkalmazhatók.*

1.4 Többplatformos modelltranszformációk futásidejű validálása

A modell alapú szoftverfejlesztés alapját a modelltranszformációk jelentik, ahol a kutatások célkitűzése a rugalmasabb, hatékonyabb, konfigurálhatóbb és validált transzformációk elérése. A modelltranszformációk futásidejű validálásához kapcsolódó eredmények a következő pontokban foglalhatók össze:

- *Módszer kialakítása, amely támogatja a gráf-újraírás-alapú modellfeldolgozás futásidejű validálását többplatformos fejlesztési környezetben. A validálás eszközei a gráf-újraírási szabályokhoz rendelt elő- és utófeltételek. A módszer révén a gráf-újraírási szabályok végrehajtásának a lépései: (i) a szabály bal oldalának topológiai illesztése, (ii) előfeltételek ellenőrzése az illesztésen, (iii) az újraírás (modellfeldolgozás) végrehajtása, valamint (iv) az utófeltételek ellenőrzése az eredményen.*
- *Bizonyítottan helyes és hatékony algoritmusok, amelyek lehetővé teszik mind a gráf-újraírási szabályok, mind pedig a teljes transzformációk futásidejű validálását.*
- *Módszert adtam a gráf-újraírásalapú modelltranszformációk viselkedésének elemzésére. Az elemzést a gráf-újraírási szabályok egymás utáni sorrendezett végrehajtásának definiálását támogató nyelv és a gráfújraírási szabályok összevonását elősegítő algoritmusok teszik lehetővé.*

2. TÉZIS: MOBILPLATFORMOK HATÉKONYSÁGÁNAK NÖVELÉSE

A piaci igényekhez a mobil platformoknak és a szoftveriparnak is folyamatosan alkalmazkodniuk kell, legyen szó akár tartalommegosztásról, szemantikus keresésről, a mobil eszközök által támogatott közösségi médiáról, közösségi hálózatokról, vagy a tárgyak

internetéről. A disszertáció kapcsolódó eredményeinek középpontjában a hatékony energiafelhasználást biztosító, úgynevezett „zöld” alkalmazások készítését támogató minták és módszerek állnak.

A peer-to-peer protokollok szemantikus megközelítéssel történő kifejlesztése az energiafelhasználást érintő aspektusa következtében aktuális K+F terület. A megoldások mind strukturálatlan, mind strukturált hálózatokra új réteggént ráépülve érik el a találati arány növelését [Ge et al., 2003] [Sen et al., 2004]. A mobileszközök energiafogyasztása szempontjából a legfontosabb komponensek a kijelző, a rádiós adatkommunikáció, valamint a processzor terhelés. Több kutatási eredmény javasol különböző energiafelhasználási modellt [Xiao et al., 2010] [Dong et al., 2011], melyek a teljes eszköz pillanatnyi energiafelhasználását elemzik különböző mérhető faktorok alapján, mint például a processzor aktuális terhelése vagy a kijelző világossága. Más megközelítések az eszközök egyes komponenseinek modellezésére és megmérésére összpontosítanak, például a kijelzőre [Mittal et al., 2012] vagy a rádiós adatkommunikációra [Balasubramanian et al., 2009] [Huang et al., 2012].

Ezen a területen nyitott kérdésként fogalmazódott meg a szemantikus információ visszakeresés mobil peer-to-peer hálózatokban, valamint olyan megoldások kidolgozása és elemzése, amelyek javítják a mobil peer-to-peer kliensek energiahatékonyságát.

2.1 Mobil Peer-to-Peer hálózatok vizsgálata, szemantikus információ visszakeresésének lehetőségei

A mobil eszközök aktív résztvevői a peer-to-peer információ visszakereső hálózatoknak. Ugyanakkor a mobil eszközök sajátosságaik miatt a hatékony működéshez a megszokottaktól eltérő protokollokat igényelnek. A kutatómunka jelentős része a mobil peer-to-peer hálózatok vizsgálatára koncentrál, ezen belül a szemantikus adatokra épülő, strukturálatlan hálózatokon alapuló rétegtől várja az információ visszakeresésének hatékonnyá tételét. Az eredmények a következő csoportokba oszthatók:

- *Strukturálatlan peer-to-peer hálózatok vizsgálata. Eljárás kidolgozása, melynek révén a szemantikus adatok alapján megbecsülhető a keresett információra vonatkozó válaszadás valószínűsége.*
- *Az eljárást támogató adatstruktúrák kialakításának módszere. Algoritmusok a szemantikus információk alapján történő adatmodell építésre, karbantartására és felhasználására.*

2.2 Mobil platformokat támogató közösségi hálózatok vizsgálata

A felhasználók számát tekintve, az Internet-alapú megoldások és szolgáltatások területén a közösségi hálózatok a legnépszerűbb megoldások. A kutatómunka motiváló kérdése, hogy a mobileszközök hogyan vonhatók be hatékonyan a közösségi hálózatok működésébe? A tapasztalatok alapján, a mobilkészülékek peer-to-peer hálózatokba való bevonása számos kihívást hordoz magában, ugyanakkor a megoldás komoly előnyökkel jár a közösségi hálózatokban való tartalommegosztás esetén. A következő kutatási eredmények javaslatokat tesznek a terület új megoldásaira:

- *Módszer, amely lehetővé teszi a közösségi hálózat és a mobil eszközök telefonkönyvei közti kapcsolatok modellezését és felderítését.*
- *Mobilalapú közösségi hálózatok skálázhatóságának vizsgálata. Egy technika kialakítása a mobilalapú közösségi hálózatok skálázására.*
- *Modell kidolgozása a korlátozott erőforrással rendelkező készülékek energiafelhasználásnak becslésére.*

2.3 Energiahatékony mobil Peer-to-Peer megoldások

A kutatási terület a peer-to-peer protokollok mobil környezetben való alkalmazhatóságát vizsgálja. A számítási teljesítmény és a vezetékek nélküli kommunikációs technológiák fejlődésével a mobil eszközök legfőbb aktuális problémája a korlátozott akkumulátor kapacitás. A kutatómunka eredményei alapján kidolgozott megoldások és protokollok célja a mobil készülékek energiafelhasználásának javítása. A kutatás olyan szoftveres megoldások és tervezési minták kidolgozására koncentrál, melyek a rádiós technológiák egyedi tulajdonságait kihasználva képesek az energiafogyasztás csökkentésére. Az alapvető cél az azonos adatmennyiségek kisebb energiafogyasztással történő átvitele volt. A területen elért eredmények a következők:

- *Módszer, melynek lényege, hogy a mobil készülék felé érkező adatforgalmat átütemezve, az adatok nagyobb csomagokban, együtt kerülnek átküldésre. A megközelítés eredménye jelentős energia megtakarítás a mobil készülék számára.*
- *Algoritmusok és protokollok, amelyek az adott felhasználási területen energiahatékonyabb adatátvitelt tesznek lehetővé a mobil készülékek számára.*

3. TÉZIS: MODELLVEZÉRELT MÓDSZER TÖBB MOBILPLATFORM ÉS IOT ESZKÖZÖK TÁMOGATÁSÁRA

A mobilplatformokat megcélzó alkalmazásfejlesztés napjainkban a szoftver iparág egyik legmeghatározóbb tényezője. Folyamatosan nő a kereslet a hatékony, megbízható és minőségi alkalmazások iránt. Ha felmerül az igény egy mobilalkalmazásra, akkor azt többnyire több platformra el kell készíteni, ami jelentősen növeli a fejlesztéshez szükséges erőforrásokat. A mobilalkalmazás-fejlesztés egyik nehézsége tehát a platformok közti különbségekből származik. A kutatómunka célját az ezen elvárásoknak való megfelelés motiválta, az eredményt pedig egy egyidejűleg több platformra történő fejlesztést támogató modellvezérelt módszer kidolgozása jelentette.

A rendelkezésre álló technikákat elemezve megállapítható, hogy több megoldás érhető el, amelyek az eszköz-specifikus nyelvek (például Java, Objective-C vagy C#) helyett, szabványos webes technológiák (például JavaScript, HTML5 és CSS3) felhasználásával teszik lehetővé webes vagy hibrid mobilalkalmazások fejlesztését különböző mobil platformokra [PhoneGap] [Appcelerator]. Más megoldások egy kiválasztott programozási nyelv, például C#, használatával teszik elérhetővé a különböző mobil platformokra való fejlesztést [Xamarin]. A megközelítések a felmerülő feladatok egy részére kínálnak megoldást, de egyedi alkalmazások esetén csak részben alkalmazhatók.

Nyitott kérdésként fogalmazódott meg a különböző mobilplatformok közös aspektusainak szakterület-specifikus modellezése, a modellekből natív forrásfájlok generálása. Módszer kialakítása vált szükségessé, amely összefogja a modellezés, a modellfeldolgozás és a natív fejlesztés előnyeit és együtt alkalmazza, kínálja a fejlesztők számára. Cél volt, hogy a módszer révén fejlődő alkalmazások energiahatékony megvalósítások legyenek. További gyakori problémát jelent, hogy a modellek feldolgozására létező módszerek nagy számítási igényűek és az ipar által elvárt mértékben nem skálázhatók. A kutatás kitűzött célja volt ennek a problémának a feloldása a számítási felhők bevonásával.

3.1 Az eltérő mobilplatformok közös aspektusainak szakterület-specifikus modellezése

A szoftverek növekvő mérete és komplexitása következtében szoftverfejlesztéskor különféle modellezési és automatikus modellfeldolgozási technikák alkalmazása válik szükségessé. Általános irányként megfigyelhető a szakterület-specifikus megoldások terjedése. A területen a disszertáció fő eredményei:

- *Annak megvizsgálása és eldöntése, hogy a mobilalkalmazások leírására alkalmas szöveges és/vagy vizuális szakterületi nyelv kidolgozásához a kutatási célok függvényében milyen módszereket célszerű követni, milyen technológiát érdemes választani.*
- *A mobilplatformok eltérő aspektusainak modellezésére szakterület-specifikus nyelvek kidolgozása: felhasználói felület, adatréteg, statikus struktúra, dinamikus viselkedés és kommunikációs protokollok.*
- *Módszer kialakítása, amely támogatja az eltérő szakterület-specifikus nyelvek együttes alkalmazását.*

3.2 Modellfeldolgozási technika több mobilplatform támogatására

A modellek feldolgozása során a modellekből más modelleket, vagy szöveges kimenetet, például fordítható, majd futtatható forráskódot is generálhatunk. Elvárás a modellfeldolgozó programokkal szemben az alkalmazás működésének átláthatósága, ennek biztosításához nyelvek és módszerek szükségesek, melyek felhasználásával készített modellfeldolgozó alkalmazások magas absztrakciós szinten definiálják a feldolgozást és jól illeszkednek a modellvezérelt fejlesztés folyamatába. A tématerület kutatási eredményei:

- *Modellfeldolgozási technika, amely lehetővé teszi több mobilplatform együttes támogatását.*
- *Belátásra került a modellfeldolgozási technika megfelelősége (előállított termékek helyessége). Mérések igazolják a technika hatékonyságát.*

3.3 Módszerek kidolgozása erőforráskorlátos környezetben futó alkalmazások támogatására

A mobileszközök korlátos erőforrásai miatt fontos gyakorlati szempont a mobilalkalmazások energiahatékony működése. Cél: megtalálni az egyes mobil platformok szűk keresztmetszeit a minél alacsonyabb energiaigényű számítások elvégzéséhez és a megjelenítéshez. Kutatómunkám főbb eredményei:

- *Megvizsgálásra kerültek, hogy melyek azok a szoftveres és hardveres tényezők, melyek a leginkább befolyásolják a mai mobil eszközök energiafogyasztását. Az eredmények kiértékelésre kerültek.*
- *A vizsgálati eredményeket felhasználva, erőforráskorlátos környezeteket megcélzó fejlesztési módszerekre (best practices) és tervezési mintákra irányuló javaslatok kerültek kidolgozásra.*

3.4 Felhő alapú technológiák alkalmazása

Kiterjedt modellek esetén problémát jelent a dinamikus skálázhatóság hiánya, amely hatékonyan kezelhető a számítási felhő képességeinek bevonásával. A probléma a többplatformos alkalmazásfejlesztés területén is fennáll, mivel gyakran találkozhatunk komplex, ipari méretű modellekkel. A számítási felhő előnyeinek hatékony kihasználása ugyanakkor a meglévő módszerek újragondolását, átalakítását igényli mind elméleti, mind gyakorlati szinten. A kutatás célja a számítási felhő architektúrához illeszkedő modellezés és modelltranszformációs megoldás létrehozása volt:

- *Módszer és kapcsolódó algoritmusok kidolgozása, amely felhőalapú technológiákat alkalmaz a többplatformos mobil fejlesztéshez kapcsolódó szakterületi modellezés támogatására.*
- *Egy új megközelítés kialakítása, amely képes a felhőalapú technológiák számítási sajátosságait hatékonyan alkalmazni a többplatformos mobil szakterületi modellek feldolgozásában.*

V. AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ALKALMAZÁSA

A bemutatott eredmények különböző területeken kerültek alkalmazásra: mind tanszéken belüli, mind nemzetközi kutatócsoportok folyamatosan felhasználják és alkalmazzák több eredményünket is. K+F és ipari projektekben több partner cégünk (például: Nokia Siemens Networks, Nokia Research Center, T-Mobile, Telenor, IBM, Nokia, Microsoft) alkalmazza a kutatómunka eredményeit. Az elkészített szoftvercsomagok közül többet nyílt forráskódú megoldásként is publikáltunk, melyet elérhetővé tettünk a kutatói és fejlesztői közösség számára. Továbbá, az eredmények szerves részét képezik az Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék által gondozott tárgyak tananyagának is. A fejezet röviden bemutat néhány kiemelt kutatási és ipari területet, ahol a tézisfüzetben bemutatott kutatási eredmények alkalmazásra kerültek. A 3. ábra a kutatómunka eredményeit és azok alkalmazását foglalja össze.

Az új tudományos eredmények szoftvercsomagokban, illetve azok alkalmazásaiban jelennek meg. Mivel az eredmények alkalmazhatósága esettanulmányok segítségével jól szemléltethető az ipari szféra számára, ezért egyre több az érdeklődés, így az alkalmazások sora az itt felsorolt megoldásokkal még nem tekinthető lezártnak.

A mobilplatformokat, peer-to-peer rendszereket és hálózatokat támogató eredmények igazolására konkrét protokoll implementációkat, illetve mobil eszközökre tervezett és elkészített moduláris szoftvercsomagokat alakítottunk ki. Megmutattuk, hogy ezen alkalmazások hogyan támogatják a különböző metaadatsémák, illetve alapprotokollok

használatát. Mérésekkel megmutattuk, hogy az implementált algoritmusaink használata nem jár jelentős memóriaigény- és energiafogyasztás növekedéssel.



3. ábra: Az eredmények és azok alkalmazásának összefoglalása

A kidolgozott matematikai modellek lehetővé teszik különböző elosztott protokollok teljesítményének összehasonlítását, a modellméretezési és optimalizálási problémák támogatását. A kialakított protokollok megoldást kínálnak a mobilkörnyezetben történő

elosztott információ visszakeresésre, ebből adódóan eszközt adnak a szociális hálók feletti topológiák hatékony szervezésére.

A kutatáshoz elkészítésre kerültek a Symella (első mobil Gnutella kliens), Phonebookmark (mobil eszközöket támogató közösségi hálózat megvalósítása), SymTorrent (első mobil BitTorrent kliens), Kademia for Symbian (első mobil DHT - Distributed Hash Table - kliens), ProxyTorrent (korlátozott tárhelyű proxykat használ a BitTorrent tartalom letöltésére) és MobTorrent szoftvercsomagok. Utóbbiak a korlátozott erőforrással rendelkező készülékeket is támogatják ezzel igazolva, hogy a középkategóriás mobil készülékek is képesek teljes értékű szereplőként együttműködni BitTorrent hálózatokban. A SymTorrent és a MobTorrent a Helsinki és Budapest helyszíneken található Nokia Research Center peer-to-peer kutatási projektjének keretében valósult meg.

A mobilplatformok működésének hatékonyabbá tételét megcélzó eredmények jelentős része a gyakorlatban a Nokia Siemens Networks, valamint a Nokia Research Center által került felhasználásra. Több alkalmazás nyílt forráskóddal került publikálásra, melyet más kutatócsoportok is felhasználtak, például a University of Stirling, az Oulu University, az Aalborg University, a Massachusetts Institute of Technology (MIT), vagy a Dresden University. Kiemelendő, hogy kutatócsoportunk nevéhez a témában nemzetközi szabadalmak is fűződnek.

A szakterület-specifikus modellezés és modellfeldolgozás területéhez kapcsolódó eredmények gyakorlati alkalmazhatóságának igazolására kifejlesztésre került a Visual Modeling and Transformation System (VMTS) keretrendszer. Az eredmények alkalmazási területe magában foglalja a modellfordítók fejlesztését UML [OMG UML] osztály- és állapotdiagramra, funkciómodellek normalizálását a generatív programozás paradigmája számára [Czarnecki et al., 2000], Quantum Framework [Samek, 2002] alá generál kódot UML állapotdiagram bemenet alapján, valamint modellfordítók fejlesztését szakterület-specifikus nyelvekhez. A kidolgozott módszerek lehetővé teszik a mobiltelefon platformok modell-alapú egységesítését, valamint a rendszerek eltérő modellbeli reprezentációi közti transzformációját. A keretrendszer ezen túl lehetővé teszi bizonyos szoftverevolúciós problémák modelltranszformációval történő támogatását.

A kényszeroptimalizálás transzparens módon kerül felhasználásra a modellezés során, míg a párhuzamos modelltranszformációt, ipari rendszerekben használtuk fel, ahol a szekvenciális végrehajtás lassúnak bizonyult. A példák illusztrálják, hogy a VMTS hatékony modellfordító és modelltranszformációs eszköz, amely kényszerellenőrzés segítségével támogatja a validált modellfeldolgozást.

A BME Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszéken folyó *Simplian* projekt célkitűzése egyszerű felhasználói felület létrehozásának támogatása volt, Symbian operációs rendszerek alá, tipikus üzleti alkalmazásokhoz. A felhasználói felület modellezése a VMTS csomaggal történt, a C++ kódgeneráló rész átírása modellfeldolgozással történt.

A VMTS Animation Frameworkre építve elkészítettünk egy interaktív vizuális modelltranszformáció debuggert. Továbbá, a MATLAB Simulink szimulációs rendszer integrációjával VMTS-ben megjelenített modellek animációját tettük lehetővé külső szimulációs eredmények alapján. A MATLAB Simulink környezethez történő illesztéssel képessé tettük a Simulink modellező környezetét gráfújrírás-alapú modelltranszformációk alkalmazására. A modell pattern koncepció VMTS-beli megvalósítása segítségével számos

mintát készítettünk különböző szakterülethez, például állapot gép, transzformációs nyelvek, elektromos áramkörök vagy Symbian mobil felhasználói felület.

Az Internet of Things területen kidolgozásra került a *SensorHUB* adatgyűjtő, elemző és értékesítő platform, amely a különféle szak- és alkalmazási területek (pl. jármű és közlekedés, egészségügy, gyártósortok, intelligens városok) adatok gyűjtését, kezelését és elemzését teszi hatékonyá, egyben ezen adatokra épülő alkalmazás- és szolgáltatásfejlesztést támogató keretrendszer.

A *SensorHUB* keretrendszer egy kiemelt implementációja a *VehicleICT* platform. A *VehicleICT* egy **közös platform...** (Connected Car alkalmazások fejlesztése, nagy adatmennyiség elemzése és felhasználása) **...mobileszközökre...** (adatgyűjtés, kommunikáció, megjelenítés) **...és szerver oldalra...** (adattárház építés, elemzés, trendek, előrejelzések) **...hogyan különböző fejlesztő csoportok saját ötleteik megvalósítására összpontosíthatnak!**

A bemutatott eredmények egy része az alábbi kutatási projektek keretein belül született. Mind a négy kutatási projektben jelentős szerepet vállaltam szakmai vezetőként:

- *Az NKTH Asbóth Oszkár programjának keretében megvalósult Mobil Innovációs Központ (MIK) regionális tudásközpont munkájában 2006 és 2009 között.* A 3. számú K+F program, "Mobil szolgáltatások és alkalmazások fejlesztése" program vezetője voltam. E program gyakorlat- és alkalmazásorientált problémák vizsgálatára, feladatok megfogalmazására illetve megoldására fókuszált. Az eredmények a MIK Workshopokon sikert könyvelhettek el és felkeltették az ipari partnerek érdeklődését, melynek eredményeképpen a fejlődés irányát alátámasztó további igények fogalmazódtak meg.
- *Az NKTH Pázmány Péter programjának keretében megvalósult Információtechnológiai Innovációs és Tudásközpont munkájában 2007 és 2009 között vettem részt.* Az (IT)2-beli munkák mátrixba szervezeten 4-4 alkalmazásfejlesztési főirányba illetve K+F programba soroltan zajlottak. A négy alkalmazásfejlesztési főirány egyikének, az „e-Dokumentum főiránynak” és a négy K+F program egyikének, a "Fejlesztési módszertan és keretrendszer programnak" a vezetője voltam.
- *BME Kutatóegyetem „Intelligens környezetek és e-technológiák” program vezetése, valamint a programon belül a Modellelés, modellfeldolgozás nevű projekt vezetése (2010-2012):* A BME Kutatóegyetem célja a Műegyetemen folyó minőségi oktatás és kutatás erősítése az alábbi kiemelt témákban: energetika, járműtechnika, biotechnológia, intelligens környezet és nanotechnológia.

A projektemhez kapcsolódó kutatási témák célja alkalmazott kutatás volt a helyalapú mobil szolgáltatások és a szoftverrendszerek modellvezérelt fejlesztésének témakörében. A szakterület-specifikus modellezés támogatására, a nagyméretű modellek kezelésére, valamint a rendszert leíró és azt más-más aspektusból megvilágító, gyakran eltérő absztrakciós szinten lévő modellek együttes kezelésére. További cél a rendszermodellek hatékony szakterület-specifikus feldolgozásának kialakítása volt, amely magában foglalja a modelltranszformációk offline (futásidőt megelőző) és online (futásidejű) validálását, valamint generatív technikák alkalmazását.

A fentiekhez kapcsolódóan kiemelem, hogy a hazai információs és kommunikációs technológiák (IKT) szektorban elkészített stratégiai dokumentumok többségének az elkészítését koordináltam. Az elméleti eredményeken kívül ez is megerősítette a kutatómunkám által lefedett témák létjogosultságát.

- *FuturICT.hu (Infokommunikációs technológiák és a jövő társadalma) projekt keretében a „Okostelefon középréteg, valós idejű elosztott adatfeldolgozás” alprojekt BME oldali vezetése (2012-2014):* A tárgyak internete paradigma ma egy népszerű és számos forrásból támogatott kutatási terület. Az okostelefonok és a hozzájuk kapcsolódó szenzorok jelenleg szigetként illetve valamilyen háttér vagy felhő szolgáltatás információforrásaként jelennek meg. A tárgyak internete ezt a korlátozottságot oldja fel az okostelefonok és szenzorok rendszerbe szervezésével.

A tárgyak internete által igényelt korlátlan skálázhatóság, magas rendelkezésre állás, a fizikai határok elmosódása olyan követelményeket támaszt, melyek számos IT részterület hatékony megoldásainak megfelelő integrálását igényli. Az integráció helye, ahol ezen technológiák tárgyasulnak és a szolgáltatásaikat igénybe lehet venni a köztesréteg. A köztesréteg fejlesztés szinte minden nagyobb IT projektben, jövő internettel vagy tárgyak internetével foglalkozó munkában megjelenik valamilyen formában. Ezen fejlesztések azonban ritkán ölelik fel a terület teljes verikumát, gyakran csak egy-egy rétegre fókuszálnak. Ennek eredményeképpen az újrahasználató köztesréteg megoldások száma kevés.

A fenti paradigmák, területek (felhő, tárgyak internete) szorosan kapcsolódnak az értekezésben bemutatott kutatási eredményekhez, azokból többet hasznosítottunk a projekt megvalósítása során.

Az új tudományos eredmények alkalmazása című fejezetben néhány válogatott projekt került megemlíítésre. A kidolgozott eredmények ugyanakkor számos más hazai és nemzetközi projektben is alkalmazásra kerültek, amely alkalmazások visszaigazolták, hogy a bemutatott módszerek és technikák ipari környezetben is sikerrel hasznosítható megoldásokat biztosítanak.

VI. IRODALOMJEGYZÉK

- [Appcelerator] Appcelerator platform homepage, <http://www.appcelerator.com/>, 2015.
- [Balasubramanian et al., 2009] N. Balasubramanian, A. Balasubramanian and A. Venkataramani, Energy consumption in mobile phones: a measurement study and implications for network applications, In proceedings of the 9th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement conference, New York, USA, pp. 280–293, 2009.
- [BBC, 2015] BBC, Global markets and technologies for sensors, BBC Research Report, 2015, <http://www.bccresearch.com/market-research/instrumentation-and-sensors/sensors-ias006f.html>
- [Chou et al., 2003] P.A. Chou, Y. Wu and K. Jain, Practical network coding, Annual Allerton Conference on Communication Control and Computing, Vol. 4, pp. 40–49, 2003.
- [Czarnecki et al., 2000] K. Czarnecki and U.W. Eisenecker, Generative programming: methods, tools, and applications, Addison-Wesley, 2000.
- [Dong et al., 2011] M. Dong and L. Zhong. Self-constructive high-rate system energy modeling for battery-powered mobile systems, In proceedings of the 9th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys '11). ACM, New York, NY, USA, pp. 335-348, 2011.
- [Fitzek et al., 2006] F.H.P. Fitzek and M. Katz, (ed.), Cooperation in wireless networks: Principles and applications – real egoistic behavior is to cooperate!, ISBN 1-4020-4710-X, Springer, 2006.
- [Fowler, 2010] M. Fowler, Domain-specific languages, Addison-Wesley Professional, 2010.
- [Ge et al., 2003] Z. Ge, D.R. Figueiredo, S. Jaiswal, J. Kurose and D. Towsley, Modeling peer-peer file sharing systems, In proceedings of INFOCOM 2003, San Francisco, USA, 2003.
- [Gelmato, 2015] Gelmato, Connected World - The Gelmato Netsize Guide 2015, 2015, <http://www.gemalto.com/mobile/netsize-guide>
- [GSMA, 2015] GSMA, Global Mobile Economy Report 2015, 2015, http://www.gsma-mobileeconomy.com/GSMA_Global_Mobile_Economy_Report_2015.pdf
- [Huang et al., 2012] J. Huang, F. Qian, A. Gerber, Z. M. Mao, S. Sen and O. Spatscheck, A close examination of performance and power characteristics of 4G LTE networks, In proceedings of the 10th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, ACM, New York, NY, USA, pp. 225-238, 2012.
- [Karsai et al., 2003] G. Karsai, A. Agrawal and F. Shi, On the use of graph transformations for the formal specification of model interpreters, Journal of Universal Computer Science, Vol. 9, Issue 11, pp. 1296-1321, 2003.
- [Kelly et al., 2008] S. Kelly and J.P. Tolvanen, Domain-specific modeling: enabling full code generation, Wiley-IEEE Computer Society Pr, 2008.
- [Levendovszky et al., 2009] T. Levendovszky, L. Lengyel and T. Mészáros, Supporting domain-specific model patterns with metamodeling, Software and Systems Modeling Vol. 8, Issue 4, pp. 501-520, 2009.
- [OMG UML] OMG UML specification, version 2.5, OMG document formal/15-03-01, URL: <http://www.uml.org/>, 2015.
- [Mens et al., 2005] T. Mens and P. v. Gorp, A taxonomy of model transformation, ENTCS, Vol. 152, International workshop on graph and model transformation, pp. 125-142, 2006.
- [Mittal et al., 2012] R. Mittal, A. Kansal and R. Chandra, Empowering developers to estimate app energy consumption, In proceedings of the 18th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, ACM, New York, NY, USA, pp. 317-328, 2012.

- [Nurminen, 2010] J. K. Nurminen, Parallel connections and their effect on the battery consumption of a mobile phone, In consumer communications and networking conference, IEEE, 2010.
- [Pedersen et al., 2009] M.V. Pedersen, J. Heide, F:H:P Fitzek and T. Larsen, Pictureviewer - a mobile application using network coding, 15th European Wireless Conference, Aalborg, Denmark, PP. 17-20, 2009.
- [PhoneGap] PhoneGap homepage, <http://phonegap.com/>, 2015.
- [Samek, 2002] M. Samek, Practical statecharts in C/C++, CMP Books, ISBN 1578201101, 2002.
- [Sandvine, 2015] Sandvine's global internet phenomenon report, 2015, http://www.sandvine.com/news/global_broadband_trends.asp
- [Sen et al., 2004] S. Sen and J. Wang, Analyzing peer-to-peer traffic across large networks, Networking, IEEE/ACM Transactions, Vol. 12, Issue 2, 2004.
- [Sendall et al., 2003] S. Sendall and W. Kozaczynski, Model transformation: the heart and soul of model-driven software development, IEEE Software, Vol. 20, pp. 42-45, 2003.
- [Siekkinen et al., 2012] Siekkinen, M., Hienkari, M., Nurminen, J. K. and Nieminen, J., How low energy is bluetooth low energy? comparative measurements with zigbee/802.15. 4, In Wireless Communications and Networking Conference Workshops, IEEE, pp. 232-237, 2012.
- [Sztipanovits et al., 1997] J. Sztipanovits, and G. Karsai, Model-integrated computing, IEEE Computer, pp. 110-112, 1997.
- [Sztipanovits et al., 2002] J. Sztipanovits, and G. Karsai, Generative programming for embedded systems, In ACM SIGPLAN/SIGSOFT conference on generative programming and component engineering, Springer, London, UK, pp. 32-49, 2002.
- [Thibodeau, 2014] P. Thibodeau, The ABCs of the Internet of Things, Computerworld US, 2014, <http://www.techworld.com/networking/abcs-of-internet-of-things-3516134/3/>
- [Vision, 2014] Vision Mobile, Mobile Megatrends 2014, <http://www.visionmobile.com/product/mobile-megatrends-2014/>
- [Vision, 2015] Vision Mobile, IoT Megatrends 2015, 2015, <http://www.visionmobile.com/product/iot-megatrends-2015/>
- [VMTS] Visual Modeling and Transformation System, <http://www.aut.bme.hu/vmts/>, 2015.
- [Xamarin] Xamarin homepage, <http://xamarin.com/>, 2015.
- [Xiao et al., 2010] Y. Xiao, P. Savolainen, A. Karppanen, M. Siekkinen, and A. Ylä-Jääski, Practical power modeling of data transmission over 802.11g for wireless applications, In proceedings of the 1st International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking, ACM, New York, USA, pp. 75-84, 2010.

VII. A MUNKA TÉMAKÖRÉBŐL KÉSZÜLT TOVÁBBI PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

- [1] P. Schönhofen, **H. Charaf**, Document retrieval through concept hierarchy formulation, Periodica Polytechnica Electrical Engineering, pp. 91-108, 2001.
- [2] T. Levendovszky, G. Karsai, M. Maroti, A. Ledecz, **H. Charaf**, Model reuse with metamodel-based transformations, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2319, pp. 166-178, 2002.
- [3] I. Albert, Gy. Balássy, **H. Charaf**, Erdélyi T., Horváth Á., Levendovszky T., Péteri Sz., Rajacsics T., A .NET Framework és programozása, SZAK Kiadó, 2004.
- [4] B. Forstner, **H. Charaf**, cPEED: A rapid web application development framework, Parallel And Distributed Computing And Networks, Innsbruck, pp. 625-630, 2004.
- [5] G. Csúcs, B. Forstner, K. Marossy, **H. Charaf**, Symbian alapú szoftverfejlesztés, SZAK Kiadó, 2004.
- [6] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Constraint handling in feature models, 5th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Budapest, Magyarország, pp. 279-290, 2004.
- [7] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Supporting round-trip engineering in modeling environments with the application of meta-modeling techniques, IASTED Int. Conference on Software Engineering, Innsbruck, Ausztria, pp. 178-182, 2004.
- [8] T. Levendovszky, L. Lengyel, **H. Charaf**, Software composition with a multipurpose modeling and model transformation framework, IASTED International Conference on Software Engineering, Innsbruck, Ausztria, pp. 590-594, 2004.
- [9] T. Levendovszky, L. Angyal, **H. Charaf**, Software design trade-offs in highly configurable user interface construction, Buletinul Stiintific Al Universitatii Politehnica Din Timisoara-Seria Automatica Si Calculatoare, pp. 95-101, 2004.
- [10] P. Schönhofen, **H. Charaf**, Sentence-based document size reduction, Clustering Information over the Web, Heraklion, Görögország, pp. 77-86, 2004.
- [11] P. Schönhofen, **H. Charaf**, Using concept relationships to improve document categorization, Periodica Polytechnica Electrical Engineering, pp. 165-182, 2004.
- [12] T. Levendovszky, L. Lengyel, **H. Charaf**, Implementing a metamodel-based model transformation system, Buletinul Stiintific Al Universitatii Politehnica Din Timisoara-Seria Automatica Si Calculatoare, pp. 89-95, 2004.
- [13] T. Levendovszky, **H. Charaf**, Pattern matching in metamodel-based model transformation systems, Periodica Polytechnica Electrical Engineering pp. 87-107, 2005.
- [14] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Extending the performance models of web applications with queueing algorithm, 6th Int. Symp. of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Budapest, pp. 719-730, 2005.
- [15] B. Forstner, **H. Charaf**, Adaptive peer-to-peer network using semantic relations, 3rd IEEE International Conference on Computational Cybernetics, Mauritius, Mauritius, pp. 195-199, 2005.
- [16] B. Forstner, G. Csúcs, K. Marossy, **H. Charaf**, Evaluating performance of peer-to-peer protocols with an advanced simulator, Parallel And Distributed Computing And Networks, Innsbruck, Ausztria, pp. 584-589, 2005.
- [17] B. Forstner, **H. Charaf**, Modeling peer-to-peer networks with interest-based clusters, Proc. Of World Academy Of Science Engineering And Technology 8, pp. 38-43, 2005.

- [18] B. Forstner, **H. Charaf**, Modelling clustered peer-to-peer networks, 5th IASTED International Multi-Conference on Wireless and Optical Communications, Banff, Kanada, pp. 152-157, 2005.
- [19] B. Forstner, **H. Charaf**, Neighbor selection in peer-to-peer networks using semantic relations, WSEAS Trans. On Information Sci. And Applications 2, pp. 239-244, 2005.
- [20] B. Forstner, L. Lengyel, T. Levendovszky, I. Kelényi, **H. Charaf**, Supporting rapid application development on Symbian platform, IEEE Eurocon 2005 The International Conference on "Computer as a tool", Belgrád, Szerbia, pp. 72-75, 2005.
- [21] Á. Bogárdi-Mészöly, Z. Szitás, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Investigating factors influencing the response time in ASP.NET web applications, Lecture Notes In Computer Science, Vol. 3746, pp. 223-233, 2005.
- [22] Á. Bogárdi-Mészöly, G. Imre, **H. Charaf**, Investigating factors influencing the response time in J2EE web applications, WSEAS Transactions On Computers 4, pp. 179-183, 2005.
- [23] B. Forstner, **H. Charaf**, The parallel rings topology in semantic peer-to-peer networks, 6th Int. Symp. of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Budapest, Magyarország, pp. 312-322, 2005.
- [24] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, A visual control flow language and its termination properties, Conference of the World Academy of Science Engineering and Technology, Budapest, Magyarország, pp. 163-168, 2005.
- [25] L. Lengyel, **H. Charaf**, Aspect-oriented constraint management in metamodel-based model transformation rules, Periodica Polytechnica Electrical Engineering, pp. 59-86, 2005.
- [26] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Aspect-oriented techniques in metamodel-based model transformation, 6th Int. Symp. of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Budapest, Magyarország, pp. 285-296, 2005.
- [27] L. Lengyel, T. Levendovszky, P. Kozma, **H. Charaf**, Compiling and validating OCL constraints in metamodeling environments and visual model compilers, The IASTED International Conference on Databases and Applications, Innsbruck, Ausztria, pp. 48-54, 2005.
- [28] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Constraint validation support in Visual Model Transformation Systems, Acta Cybernetica, Szeged, pp. 339-357, 2005.
- [29] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, **H. Charaf**, Control flow support in metamodel-based model transformation frameworks, Eurocon 2005 The International Conference on Computer as a Tool, Belgrád, Szerbia-Montenegro, pp. 595-598, 2005.
- [30] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Eliminating crosscutting constraints from visual model transformation rules, ACM/IEEE 7th International Workshop on Aspect-Oriented Modeling, Montego Bay, Jamaika, pp. 1-6, 2005.
- [31] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Implementing an OCL compiler for .NET, The 3rd International Conference on .NET Technologies, Plzen, Csehország, pp. 121-130, 2005.
- [32] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Normalizing OCL constraints in UML class diagram-based metamodels - AND/OR clauses, Eurocon 2005 The International Conference on Computer as a Tool, Belgrád, Szerbia-Montenegro, pp. 579-582, 2005.
- [33] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Supporting continuous evolution of software systems with transformation maintenance, ICSM 2005 International Conference on Software Maintenance, Budapest, Magyarország, pp. 35-38, 2005.

- [34] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Weaving aspect-oriented constraints into metamodel-based model transformation steps, *Lecture Notes In Computer Science*, Vol. 3746, pp. 393-403, 2005.
- [35] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Weaving crosscutting constraints in metamodel-based transformation rules, *8th International Conference on Information Systems Implementation and Modeling, ISIM '05*, Hradec nad Moravicí, Csehország, pp. 119-126, 2005.
- [36] T. Levendovszky, L. Lengyel, G. Mezei, **H. Charaf**, T. Mens, A. Schurr, G. Taentzer, A systematic approach to metamodeling environments and model transformation systems in VMTS, *International Workshop on Graph-Based Tools, Electronic Notes In Theoretical Computer Science* pp. 65-75, 2005.
- [37] T. Levendovszky, L. Lengyel, **H. Charaf**, A UML class diagram-based pattern language for model transformation systems, *WSEAS Transactions On Computers* pp. 190-195, 2005.
- [38] T. Levendovszky, L. Lengyel, **H. Charaf**, Extending the DPO approach for topological validation of metamodel-level graph rewriting rules, *WSEAS Transactions On Information Science And Applications* pp. 226-231, 2005.
- [39] T. Levendovszky, L. Lengyel, **H. Charaf**, Validating and ordering metamodel-based transformation rules, *Advances in informatics: 10th Panhellenic Conference on Informatics*, Volos, Görögország, pp. 163-173, 2005.
- [40] G. Mezei, T. Levendovszky, L. Lengyel, **H. Charaf**, A flexible attribute instantiation technique for visual languages, *The IASTED International Conference on Databases and Applications*, Innsbruck, Ausztria, pp. 355-359, 2005.
- [41] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Presentation framework - an environment for editing metamodels, *6th Int. Symp. of Hungarian Researchers on Computational Intelligence*, Budapest, Magyarország, pp. 551-652, 2005.
- [42] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, A presentation framework for metamodeling environments, *4th Workshop in Software Model Engineering*, Montego Bay, Jamaika, pp. 1-10, 2005.
- [43] R. Kereskényi, B. Forstner, **H. Charaf**, Universal communication component on Symbian Series60 platform, *6th Int. Symp. of Hungarian Researchers on Computational Intelligence*, Budapest, Magyarország, pp. 668-679, 2005.
- [44] G. Mezei, L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, A model transformation for automated concrete syntax definitions of metamodeled visual languages, *Electronic Communications of The EASST*, pp. 1-12, 2006.
- [45] Á. Bogárdi-Mészöly, Z. Szitás, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Balanced job bounds calculation for approximating ASP.NET performance factors, *4th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence*, Herlany, Szlovákia, pp. 152-163, 2006.
- [46] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Handling session classes for predicting ASP.NET performance metrics, *4th International Conference in Central Europe on .NET Technologies*, Plzen, Csehország, pp. 1-8, 2006.
- [47] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Performance factors in ASP.NET web applications with limited queue models, *10th International Conference on Intelligent Engineering Systems*, London, Anglia, pp. 253-257, 2006.
- [48] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Predicting the performance of ASP.NET web-based information systems with optimized algorithms, *Information Systems Implementation and Modelling*, Presov, pp. 167-174, 2006.

- [49] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Using queueing model in predicting the response time of ASP.NET web applications, IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks, Innsbruck, pp. 252-257, 2006.
- [50] L. Angyal, L. Lengyel, **H. Charaf**, An overview of the state of the art reverse engineering techniques, 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Budapest, Magyarország, pp. 507-516, 2006.
- [51] B. Forstner, **H. Charaf**, Analytical model for semantic overlay networks in peer-to-peer systems, 4th WSEAS International Conference on Software Engineering, Parallel & Distributed Systems, Madrid, Spanyolország, pp. 82-87, 2006.
- [52] B. Forstner, R. Kereskényi, **H. Charaf**, Eliminating clustering in the propagation tree of semantic peer-to-peer networks, IASTED International Conference on Parallel And Distributed Computing And Networks, Innsbruck, Ausztria, pp. 111-116, 2006.
- [53] B. Forstner, I. Kelényi, G. Csúcs, **H. Charaf**, Hybrid web- and mobile-based e-learning with rich media support, Methods, Materials and Tools for Programming Education, Tampere, Finnország, pp. 90-96, 2006.
- [54] B. Forstner, L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, I. Kelényi, **H. Charaf**, Model-based system development for embedded mobile platforms, 13th Annual IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer Based Systems, Potsdam, Németország, pp. 43-52, 2006.
- [55] B. Forstner, **H. Charaf**, Probabilistic model for semantic peer-to-peer overlay networks, WSEAS Transactions On Information Sci. And App. pp. 691-696, 2006.
- [56] P. Cserkúti, T. Levendovszky, **H. Charaf**, A Comparison of subtree matching algorithms, 7th International Conference On Technical Informatics, Timisoara, Románia, pp. 216-221, 2006.
- [57] P. Cserkúti, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Survey on subtree matching, 10th International Conference on Intelligent Engineering Systems, London, pp. 216-221, 2006.
- [58] G. Csúcs, B. Forstner, K. Marossy, I. Kelényi, **H. Charaf**, An advanced simulator for evaluating performance of peer-to-peer protocols, Methods, Materials and Tools for Programming Education, Tampere, Finnország, pp. 112-114, 2006.
- [59] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Creating concrete syntax visually for domain specific languages, Buletinul Stiintific Al Universitatii Politehnica Din Timisoara-Seria Automatica Si Calculatoare pp. 37-44, 2006.
- [60] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Restrictions for OCL constraint optimization algorithms, Electronic Communications Of The EASST pp. 1-18, 2006.
- [61] G. Imre, **H. Charaf**, Analyzing and modelling the effect of application server settings on web application performance, 7th International Conference on Technical Informatics, Timisoara, Románia, pp. 65-70, 2006.
- [62] G. Imre, Á. Bogárdi-Mészöly, **H. Charaf**, Measuring and modelling the effect of application server tuning parameters on performance, 4th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, Herlany, Szlovákia, pp. 471-482, 2006.
- [63] L. Lengyel, T. Levendovszky, T. Vajk, **H. Charaf**, Realizing QVT with graph rewriting-based model transformation, Electronic Communications Of The EASST pp. 1-12, 2006.
- [64] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, A strict control flow specification for model transformation, WSEAS Transactions On Computers pp. 390-397, 2006.
- [65] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, **H. Charaf**, A visual control flow language, 5th WSEAS International Conference on Software Engineering, Parallel and Distributed Systems, Madrid, Spanyolország, pp. 30-35, 2006.

- [66] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, **H. Charaf**, A visual control flow language for model transformation systems, IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks, Innsbruck, Ausztia, pp. 194-199, 2006.
- [67] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Constraint validation in model compilers, Journal of Object Technology pp. 107-127, 2006.
- [68] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, **H. Charaf**, Execution properties of a visual control flow language, 4th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, Herlany, Szlovákia, pp. 368-379, 2006.
- [69] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, B. Forstner, **H. Charaf**, Metamodel-based model transformation with aspect-oriented constraints, Electronic Notes In Theoretical Computer Science, pp. 111-123, 2006.
- [70] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, **H. Charaf**, Model transformation with a visual control flow language, Int. Journal of Computer Sci., pp. 45-53, 2006.
- [71] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, **H. Charaf**, Model-based development with strictly controlled model transformation, The 2nd International Workshop on Model-Driven Enterprise Information Systems, Paphos, Ciprus, pp. 39-48, 2006.
- [72] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Optimizing constraint weaving in model transformation with structural constraint specification, 8th International Workshop on Aspect-Oriented Modeling, Bonn, Németország, pp. 1-6, 2006.
- [73] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, **H. Charaf**, Separating constraints in validated model transformations, Institut Fur Informatik, EWAS, pp. 9-17, 2006.
- [74] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, B. Forstner, **H. Charaf**, Towards a model-based unification of mobile platforms, 4th IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, Sharjah, pp. 866-873, 2006.
- [75] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, A domain-specific language for visualizing modeling languages, nformation Systems Implementation and Modelling, Presov, Csehország, pp. 67-74, 2006.
- [76] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, An optimizing OCL compiler for metamodeling and model transformation environments, International Federation For Information Processing, pp. 61-71, 2006.
- [77] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Automatized concrete syntax definition for domain specific languages, 7th International Conference on Technical Informatics, Timisoara, Románia, pp. 47-53, 2006.
- [78] G. Mezei, L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Extending an OCL compiler for metamodeling and model transformation systems: unifying the twofold functionality, 10th International Conference on Intelligent Engineering Systems, London, Anglia, pp. 57-62, 2006.
- [79] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Implementing an OCL 2.0 compiler for metamodeling environments, 4th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, Herlany, Szlovákia, pp. 544-555, 2006.
- [80] G. Mezei, L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Minimizing the traversing steps in the code generated by OCL 2.0 compilers, WSEAS Transactions On Information Science and Applications, pp. 818-824, 2006.
- [81] G. Mezei, L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Optimization algorithms for OCL compilers, 5th WSEAS International Conference on Software Engineering, Parallel and Distributed Systems, Madrid, pp. 55-60, 2006.

- [82] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Restrictions for OCL constraint optimization algorithms, *Model Driven Engineering Languages and Systems*, Genova, Olaszország, pp. 151-166, 2006.
- [83] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Visual presentation solutions for domain specific languages, *Proceedings of the IASTED International Conference on Software Engineering*, Innsbruck, Ausztria, pp. 212-217, 2006.
- [84] R. Kereskényi, B. Forstner, **H. Charaf**, Using design patterns in mobile communication software development, *IASTED Conference on Parallel And Distributed Computing And Networks*, Innsbruck, Ausztria, pp. 65-70, 2006.
- [85] T. Vajk, **H. Charaf**, Mobile application development to multiple platforms, *Buletinul Stiintific Al Universitatii Politehnica Din Timisoara-Seria Automatica Si Calculatoare*, pp. 69-74, 2006.
- [86] T. Vajk, **H. Charaf**, The use of metamodeling technique in obile user interface development, *7th International Conference On Technical Informatics*, Timisoara, România, pp. 57-60, 2006.
- [87] I. Kelényi, G. Csúcs, B. Forstner, **H. Charaf**, Peer-to-peer file sharing for mobile devices, *Mobile Phone Programming and its Application to Wireless Networks*, Berlin, Németország, pp. 311-324, 2007.
- [88] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Extending the mean-value analysis algorithm according to the thread pool investigation, *5th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, Bécs, Ausztria, pp. 731-736, 2007.
- [89] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Hashimoto, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Improved evaluation algorithm for performance prediction with error analysis, *11th International Conference on Intelligent Engineering Systems*, Budapest, pp. 301-306, 2007.
- [90] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Models for predicting the performance of ASP.NET web applications, *Periodica Polytechnica Electrical Engineering*, pp. 111-118, 2007.
- [91] L. Angyal, L. Lengyel, **H. Charaf**, Detecting renamings in three-way merging, *Acta Polytechnica Hungarica*, pp. 97-109, 2007.
- [92] L. Angyal, L. Lengyel, **H. Charaf**, Object-oriented identifier renaming correction in three-way merge, *Computational Intelligence and Informatics*, Budapest, Magyarország, pp. 527-537, 2007.
- [93] L. Angyal, L. Lengyel, **H. Charaf**, Supporting model-based iterative software development, *Third International ERCIM Workshop on Software Evolution*, Paris, Franciaország, pp. 146-155, 2007.
- [94] M. Asztalos, L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Graph transformation contest - UML to CSP transformation, *Applications of Graph Transformation 2007*, Kassel, Németország, p. 5, 2007.
- [95] M. Asztalos, L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Termination analysis of the transformation UML to CSP, *Computational Intelligence and Informatics*, Budapest, Magyarország, pp. 611-622, 2007.
- [96] B. Forstner, **H. Charaf**, A bayesian approach to improve the performance of transient peer-to-peer networks, *European Computing Conference*, Athens, pp. 543-553, 2007.
- [97] G. Imre, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Modeling the effect of application server settings on the performance of J2EE web applications, *Trends in Enterprise Application Architecture: 2nd International Conference*, Berlin, pp. 202-216, 2007.

- [98] L. Lengyel, T. Levendovszky, T. Mészáros, **H. Charaf**, Supporting design patterns in graph rewriting-based model transformation, 2nd Int. Working Conference on Evaluation of Novel Approaches to software Engineering, Barcelona, pp. 25-32, 2007.
- [99] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Applying multi-paradigm modeling to multi-platform mobile development, Workshop on Multi-Paradigm Modeling: Concepts and Tools, Nashville, Amerikai Egyesült Államok, pp. 9-21, 2007.
- [100] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Identification of crosscutting concerns in constraint-driven validated model transformations, Third Workshop on Models and Aspects - Handling Crosscutting Concerns, Berlin, Németország, pp. 15-20, 2007.
- [101] L. Lengyel, T. Levendovszky, G. Mezei, T. Vajk, **H. Charaf**, Practical uses of validated model transformation, Eurocon 2007 - The International Conference on Computer as a Tool, Warsaw, Lengyelország, pp. 2200-2207, 2007.
- [102] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, A new formalism technique for OCL, 5th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, Poprad, Szlovákia, pp. 117-128, 2007.
- [103] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Attribute algebra for n-layer metamodeling, 7th WSEAS International Conference on Applied Informatics and Communications, Vouliagmeni, Görögország, pp. 144-149, 2007.
- [104] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Formalizing the evaluation of OCL constraints, Acta Polytechnica Hungarica, pp. 89-110, 2007.
- [105] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, OCLASM: towards an ASM-based formalism for OCL, The 14th Int. ASM Workshop, Grimstad, Norvégia, pp. 1-4, 2007.
- [106] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Towards parallel model transformations, Workshop on Multi-Paradigm Modeling: Concepts and Tools, Nashville, Amerikai Egyesült Államok, pp. 1-10, 2007.
- [107] G. Mezei, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Optimization algorithms for OCL constraint evaluation in visual models, Periodica Polytechnica Electrical Engineering, pp. 99-110, 2007.
- [108] T. Mészáros, G. Mezei, **H. Charaf**, A general purpose model visualization environment, Computational Intelligence and Informatics, Budapest, Magyarország, pp. 313-323, 2007.
- [109] T. Vajk, G. Mezei, **H. Charaf**, Architecture of an in-memory transformation engine, Computational Intelligence and Informatics, Budapest, pp. 573-581, 2007.
- [110] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Validated model transformation-driven software development, International Journal of Computer Applications in Technology, pp. 106-119, 2008.
- [111] B. Forstner, **H. Charaf**, Applying user profiles in mobile peer-to-peer environment, 1st IEEE International Peer-to-Peer for Handheld Devices Workshop at Fifth Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, Amerikai Egyesült Államok, pp. 118-122, 2008.
- [112] P. Ekler, I. Kelényi, **H. Charaf**, BitTorrent at mobile phones, 5th IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, USA, pp. 1214-1215, 2008.
- [113] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Á. Szeghegyi, Convergence and limit of mean-value analysis algorithms, 12th WSEAS International Conference on Computers, Iraklion, Görögország, pp. 601-606, 2008.
- [114] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Á. Szeghegyi, Effect analysis of an improved performance evaluation algorithm, 6th Int. Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Herlany, pp. 125-130, 2008.

- [115] L. Angyal, L. Lengyel, **H. Charaf**, A synchronizing technique for syntactic model-code round-trip engineering, 15th Annual IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer Based Systems, Belfast, pp. 463-472, 2008.
- [116] L. Angyal, L. Lengyel, **H. Charaf**, Novel techniques for model-code synchronization, Electronic Communications of the EASST, pp. 1-13, 2008.
- [117] B. Forstner, I. Kelényi, **H. Charaf**, Applying user profiles in transient peer-to-peer environment, Cognitive and Cooperative Wireless Networks Workshop in the IEEE International Conference on Communications, Peking, pp. 118-122, 2008.
- [118] B. Kővári, I. Albert, **H. Charaf**, A general representation for modeling and benchmarking off-line signature verifiers, 12th WSEAS International Conference on Computers, Iraklion, Görögország, pp. 72-76, 2008.
- [119] B. Kővári, I. Albert, **H. Charaf**, A general Approach to off-line signature verification, WSEAS Transactions on Computers, pp. 1648-1657, 2008.
- [120] B. Kővári, G. Kiss, **H. Charaf**, Stroke Extraction and stroke sequence estimation for off-line signature verification, IASTED International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing, Palma de Mallorca, Spanyolország, pp. 385-390, 2008.
- [121] Zs. Berényi, **H. Charaf**, Retrieving frequent walks from tracking data in RFID-equipped warehouses, Human System Interactions, Krakow, pp. 663-667, 2008.
- [122] Zs. Berényi, **H. Charaf**, Utilizing tracking data in RFID-equipped warehouses, IEEE Int. Conference on Communications Workshops 2008, Peking, pp. 169-173, 2008.
- [123] P. Ekler, **H. Charaf**, Building motion and noise detector networks from mobile phones, 9th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence and Informatics, Budapest, Magyarország, pp. 501-512, 2008.
- [124] P. Ekler, **H. Charaf**, Analyzing the concept of involving low end Devices in a cooperative network, IEEE International Conference on Communications Workshops, Peking, Kína, pp. 102-106, 2008.
- [125] T. Mészáros, G. Mezei, **H. Charaf**, Engineering the dynamic behavior of metamodeled languages, Simulation-Transactions of the Society for Computer Simulation International, pp. 793-810, 2009.
- [126] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Improved performance model for web-based software systems, WSEAS Trans. on Computers, pp. 1711-1720, 2009.
- [127] Á. Bogárdi-Mészöly, T. Hashimoto, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Thread pool-based improvement of the mean-value analysis algorithm, Lecture Notes in Electrical Engineering, pp. 347-359, 2009.
- [128] B. Kővári, B. Tóth, **H. Charaf**, Classification approaches in off-line handwritten signature verification, WSEAS Transactions on Mathematics, pp. 500-509, 2009.
- [129] F. H. P. Fitzek, **H. Charaf** (ed.), Mobile peer to peer: A tutorial guide, ISBN 978-0-470-69992-8. Wiley / Symbian Press, 2009.
- [130] B. Kővári, A. Horváth, B. Tóth, **H. Charaf**, Local feature based off-line signature verification using neural network classifiers, 11th WSEAS Int. Conf. on Mathematical Methods, Computational Techniques and Intelligent Systems, La Laguna, pp. 269-274, 2009.
- [131] P. Vingelmann, P. Zanaty, F. Fitzek, **H. Charaf**, Implementation of random linear network coding on OpenGL-enabled graphics cards, European Wireless Conference, Aalborg, Dánia, pp. 118-123, 2009.
- [132] P. Ekler, T. Lukovszki, **H. Charaf**, Evaluating dynamically evolving mobile-based social networks, Acta Cybernetica, Szeged, Magyarország, pp. 735-748, 2010.

- [133] B. Kövári, **H. Charaf**, Analysis of intra-person variability of features for off-line signature verification, WSEAS Transactions on Computers, pp. 1359-1368, 2010.
- [134] B. Kövári, **H. Charaf**, Statistical analysis of signature features with respect to applicability in off-line signature verification, 14th WSEAS International Conference on Computers, Corfu, Görögország, pp. 473-478, 2010.
- [135] P. Ekler, T. Lukovszki, **H. Charaf**, Examining registration delays in mobile based social networks, 11th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, Budapest, Magyarország, pp. 125-130, 2010.
- [136] G. Imre, M. Kaszó, T. Levendovszky, **H. Charaf**, A novel cost model of XML serialization, Fourth International Workshop on the Practical Application of Stochastic Modelling, pp. 147-162, 2010.
- [137] L. Angyal, L. Lengyel, T. Mészáros, **H. Charaf**, Textual syntax mapping can enable syntactic merging, 5th International Conference on Software and Data Technologies, Athens, Görögország, pp. 308-311, 2010.
- [138] L. Lengyel, T. Levendovszky, **H. Charaf**, Managing constraints of validation in model transformations, 18th International Conference on Software, Telecom. and Computer Networks, Split, pp. 230-234, 2010.
- [139] I. Madari, M. Asztalos, T. Mészáros, L. Lengyel, **H. Charaf**, Implementing QVT in a domain-specific modeling framework, 5th International Conference on Software and Data Technologies, Athens, Görögország, pp. 304-307, 2010.
- [140] T. Mészáros, M. Asztalos, G. Mezei, **H. Charaf**, Performance optimization of exhaustive rules in graph rewriting systems, 5th International Conference on Software and Data Technologies, Athens, Görögország, pp. 292-295, 2010.
- [141] P. Vingelmann, F. H. P. Fitzek, M. V. Pedersen, J. Heide, **H. Charaf**, Synchronized multimedia streaming on the iPhone platform with network coding, IEEE Communications Magazine, pp. 126-132, 2011.
- [142] Cs. Varga, L. Blázovics, **H. Charaf**, F. H. P. Fitzek, Mobile peer-to-peer spreading of content, 73rd Vehicular Technology Conference, Budapest, Magyarország, pp. 1-4, 2011.
- [143] L. Blázovics, K. Csorba, B. Forstner, **H. Charaf**, SWARM robot system, Automation and Applied Computer Science Workshop, Budapest, Magyarország, pp. 106-115, 2011.
- [144] L. Blázovics, K. Csorba, Cs. Varga, B. Forstner, **H. Charaf**, M. Fehér, Vision based area discovery with swarm robots, 2nd Eastern European Regional Conference on the Engineering of Computer Based Systems, Pozsony, pp. 1-2, 2011.
- [145] L. Lengyel, I. Madari, **H. Charaf**, Developing applications for multiple mobile platforms, Automation and Applied Computer Science Workshop, Budapest, Magyarország, pp. 71-82, 2011.
- [146] P. Vingelmann, F. H. P. Fitzek, M. V. Pedersen, J. Heide, **H. Charaf**, Synchronized multimedia streaming on the iPhone platform with network coding, IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, Amerikai Egyesült Államok, pp. 875-879, 2011.
- [147] D. Zakál, L. Lengyel, **H. Charaf**, Software product lines-based development, 9th IEEE International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Smolenice, Szlovákia, pp. 79-81, 2011.
- [148] Cs. Varga, L. Blázovics, **H. Charaf**, F. H. P. Fitzek, User cooperation, virality and gaming in a social mobile network: the Gedda-Headz concept.: Chapter 23, Computational Social Networks: Security and Privacy, Berlin, pp. 1-20, 2012.
- [149] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, Advanced layouts in a content-driven template-based layout system, 3rd International Conference on Applied Informatics and Computing

- Theory: Latest Trends in Applied Informatics and Computing, Barcelona, Spanyolország, pp. 102-107, 2012.
- [150] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, Full column layouts in a content-driven template-based layout approach, 13th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, Budapest, Magyarország, pp. 25-30, 2012.
 - [151] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, Layout definition of online magazines with splitter components, International Journal of Engineering Research and Development, pp. 61-69, 2012.
 - [152] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, Targeting tablet devices with a template-based column layout approach, Intelligent Systems and Informatics IEEE 10th Jubilee International Symposium on Digital Object, Subotica, Szerbia, pp. 129-134, 2012.
 - [153] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, The reference layouts of the content-driven template-based layout system – A technical report, pp. 1-15, 2012.
 - [154] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, Vertical splitter component for the content-driven template-based layout system, European Conference of Computer Science, Paris, Franciaország, pp. 165-170, 2012.
 - [155] L. Blázovics, K. Csorba, B. Forstner, **H. Charaf**, B. Ilsinszki, Distributed formation control with moving swarm robots, 13th International Carpathian Control Conference, Podbanské, Szlovákia, pp. 1-6, 2012.
 - [156] L. Blázovics, K. Csorba, B. Forstner, **H. Charaf**, Target tracking and surrounding with swarm robots, 19th Annual IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer Based Systems, Novi Sad, pp. 135-141, 2012.
 - [157] **H. Charaf**, Technology for Multi-Platform Mobile Application Development, Wulfenia Journal, Vol 20, Issue 2, pp. 427-438, 2013.
 - [158] **H. Charaf**, A Methodology for model-driven multiplatform, International Journal of Computer Engineering & Technology, pp. 61-70, 2013.
 - [159] B. Kővári, **H. Charaf**, A study on the consistency and significance of local features in off-line signature verification, Pattern Recognition Letters, pp. 247-255, 2013.
 - [160] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, The horizontal splitter algorithm of the content-driven template-based layout system, In Recent Advances in Telecommunications, Signals and Systems, Limassol, 6th WSEAS International Conference on Visualization, Imaging and Simulation, Ciprus, WSEAS Press, pp. 226-231, 2013.
 - [161] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, The mixed splitter algorithm of the content-driven template-based layout system, In Recent Advances in Telecommunications, Signals and Systems. Limassol, 6th WSEAS International Conference on Visualization, Imaging and Simulation, Ciprus, WSEAS Press, pp. 232-237, 2013.
 - [162] K. Fekete, T. Kárai, I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, Mobiltelefonok energiafogyasztásának vizsgálata Windows Phone platformon, Elektrotechnika Vol. 2013, Issue 03, pp. 18-20, 2013.
 - [163] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, Advanced splitter algorithm of the content-driven template-based layout system, International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science, Vol. 2, Issue 1, pp. 102-109, 2013.
 - [164] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, The splitter algorithm of the content-driven template-based layout system, International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management, Vol. 2, Issue 2, pp. 297-305, 2013.
 - [165] G. Imre, **H. Charaf**, L. Lengyel, Estimating the Cost of XML Serialization of Java Objects, IEEE Third Eastern European Regional Conference on the Engineering of Computer Based Systems, ECBS-EERC 2013. Budapest, Magyarország, pp. 33-40, 2013.

- [166] G. Imre, **H. Charaf**, L. Lengyel, Performance of a Java Web Application Running on Amazon EC2 Micro Instance, Proceedings of the Twelfth International Conference on Informatics., Spisska Nova Ves, Szlovákia, pp. 204-209, 2013.
- [167] G. Imre, **H. Charaf**, L. Lengyel, Performance Analysis of a Java Web Application Running on Amazon EC2, Acta Electronica et Informatica, Vol. 13, Issue 4, pp. 32-39, 2013.
- [168] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, The Solution Area and Fitness-Based Algorithms of the Content-Driven Template-Based Layout System, WSEAS Transactions on Computers Vol. 5, Issue 12, pp. 218-232, 2013.
- [169] I. Albert, **H. Charaf**, L. Lengyel, Layout Definition Considerations for a Content-Driven Template-Based Layout System, IEEE Eurocon 2013, Zagreb, Horvátország, pp. 543-549, 2013.
- [170] I. Albert, S. Kolumbán, **H. Charaf**, L. Lengyel, The Solution Area-Based Approach of the Content-Driven Template-Based Layout System, International Conference on System Science and Engineering, Budapest, Magyarország, pp. 335-339, 2013.
- [171] K. Pándi, **H. Charaf**, Performance Metrics Based Mobile, Acta Cybernetica-Szeged, Vol. 2013, Issue 21, pp. 165-176, 2013.
- [172] K. Pándi, **H. Charaf**, Mobile Performance Metrics for Resource Management, Proceedings of the IEEE International Conference on System Science and Engineering, Budapest, Magyarország, pp. 329-333, 2013.
- [173] K. Pándi, **H. Charaf**, Network Bandwidth Aggregation based Mobile Resource Management, IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications, Budapest, Magyarország, pp. 608-612, 2013.
- [174] L. Blázovics, B. Forstner, H. Charaf, F.H.P. Fitzek, On the benefits of cognitive infocommunication for mobile communication nodes using cooperative concepts, IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications: Budapest, Magyarország, pp. 693-698, 2013.
- [175] L. Kundra, P. Ekler, **H. Charaf**, Improving Orientation Estimation in Mobiles with built-in Camera, IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications: Budapest, Magyarország, pp. 765-770, 2013.
- [176] P. Fehér, T. Vajk, **H. Charaf**, L. Lengyel, MapReduce Algorithm for Finding st-Connectivity, IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications: Budapest, Magyarország, pp. 759-764, 2013.
- [177] T. Vajk, P. Fehér, K. Fekete, **H. Charaf**, Denormalizing Data into Schema-free Databases, IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications: Budapest, Magyarország, p. 5, 2013.
- [178] **H. Charaf**, P. Ekler, T. Mészáros, I. Kelényi, B. Kővári, I. Albert, B. Forstner, L. Lengyel, Mobile Platforms and Multi-Mobile Platform Development, Acta Cybernetica-Szeged Vol. 21, Issue 4, pp. 529-552, 2014.
- [179] F.H.P. Fitzek, T. Toth, A. Szabados, M.V. Pedersen, D.E. Lucani, M. Sipos, **H. Charaf**, M. Medard, Implementation and performance evaluation of distributed cloud storage solutions using random linear network coding, IEEE International Conference on Communications (ICC), Sydney, Ausztrália, pp. 249-254, 2014.
- [180] P. Pahlevani, M. Hundebøll, M.V. Pedersen, D.E. Lucani, **H. Charaf**, F.H.P. Fitzek, H. Bagheri, M. Katz, Novel Concepts for Device to Device Communication using Network Coding, IEEE Communications Magazine, Vol. 52, Issue 4, pp. 32-39, 2014.

- [181] P.J. Braun, M. Sipos, P. Ekler, **H. Charaf**, Increasing data distribution in BitTorrent networks by using network coding techniques, European Wireless 2015, 21th European Wireless Conference, Budapest, Magyarország, pp. 190-195, 2015.
- [182] **H. Charaf**, Az infószféra tudást közvetítő szerepe a mai társadalomban, Magyar Tudomány, Vol. 176, Issue 2015/2, pp. 141-149, 2015.
- [183] K. Pándi, **H. Charaf**, Mobile Resource Management Load Balancing Strategy, Acta Cybernetica-Szeged Vol. 22, pp. 171-181, 2015.
- [184] L. Kundra, P. Ekler, **H. Charaf**, Orientation estimation in modern wearables with visual feature tracking, Journal on Multimodal User Interfaces, Vol. 9, 2015.
- [185] L. Lengyel, **H. Charaf**, Test-driven verification/validation of model transformations, Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, Vol. 16, Issue 2, pp. 85-97, 2015.
- [186] L. Lengyel, T. Meszaros, M. Asztalos, P. Boros, A. Mate, G. Madacs, P. Hudak, K. Kovacs, A. Tresch, **H. Charaf**, Quality Assured Model-Driven Requirements Engineering and Software Development, The Computer Journal, Vol. 58, Issue 8, 2015.
- [187] L. Lengyel, P. Ekler, T. Ujj, T. Balogh, **H. Charaf**, Zs. Szalay, L. Jereb, ICT IN ROAD VEHICLES – The VehicleICT Platform, 4th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems, Budapest, Hungary, pp. 457-462, 2015.
- [188] L. Lengyel, P. Ekler, T. Ujj, T. Balogh, **H. Charaf**, SensorHUB – An IoT Driver Framework for Supporting Sensor Networks and Data Analysis, International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 2015, Article ID 454379, 12 pages, 2015.
- [189] L. Lengyel, **H. Charaf**, Open Issues in Model Transformations for Multimodal Applications, Journal on Multimodal User Interfaces, Vol. 9, 2015.
- [190] P. Ekler, T. Balogh, T. Ujj, **H. Charaf**, L. Lengyel, Social Driving in Connected Car Environment, European Wireless 2015, 21th European Wireless Conference, Budapest, Magyarország, pp. 136-141, 2015.