

# Telemanipuláció intelligens térben

K62836

Zárójelentés

## Általános ismertető

A munkatervnek megfelelően a kutatás három szálon és három helyszínen indul el. A kutatás központja természetesen Budapesten volt, de ehhez két külföldi helyszín (Tokió és Narvik) is csatlakozott. Mindkét külföldi helyen a projektben név szerint felsorolt magyar kutatók (Narvik: Sziebig Gábor, Tokió: Petres Zoltán, Reskó Barna, Jeni László) gondoskodtak a zavartalan kapcsolatartásról. A magyarországi kutatók nagy dilemmája, hogy a legjobb hallgatókat miként lehetne egyszerre megőrizni és nemzetközi tapasztalatokhoz is hozzásegíteni. E probléma megoldására jött létre az Integrated Intelligent Systems Japanese and Hungarian Joint Laboratory (IISL) és Norwegian Hungarian Joint Laboratory for Emerging Information Technology in Manufacturing (ITM). Ha egy hallgatót kiküldünk Japánba vagy Norvégiába, akkor ők e két labor keretében egyrészt megmaradnak magyar irányítás alatt, másrészt e két országból a kulturális sokk, illetve kedvezőtlen éghajlat miatt nagyobb valószínűséggel visszatérnek, mint pl. USA-ból, vagy Németországból. Mindkét közös laboratórium önálló költségvetés nélküli, önkéntes alapon szerveződött laza közösség, amelynek tagjai, illetve a tagok aktivitása folyamatosan változik. A projekt nemzetközi jellegét mutatja, hogy publikációk több mint felében külföldi társszerző is szerepel.

Fontos eredménynek tartjuk azt, hogy ma már nem csak a magyar kutatók akarnak Japánba menni az ismereteik bővítése érdekében. A projekthez kapcsolódóan három japán hallgató látogatott el Magyarországra egy-egy évre szülői támogatással, hogy a magyar tudományos műhelyben tanulhasson. Vendégül láttunk két japán post doktor kutatót is 3-3 hónapra. A projekthez kapcsolódóan diplomatervek és TDK dolgozatok (köztük OTDK helyezettek) is születtek. Mindez nagyon fontos a tudományos utánpótlás nevelés szempontjából.

A legfontosabb tudományos eredményekről 38 db cikk született, ezek közül 7 db impakt faktoros folyóiratban [6, 11, 26, 28, 32, 37,38] jelent meg, összegzett impakt faktor: 11.449 (a 2010. évi cikkeknel a 2009. évi adatokkal számolva). A cikkek között van felkérésre készített ún. „keynote” előadás [33]. Egy konferencia cikk a legjobb cikk díjban részesült [29].

Napjainkban egyre nagyobb a társadalmi igény van arra, hogy ne csak a tudományos közélet számára készítsük a publikációinkat, hanem a laikus nagyközönség is láthassa, hogy mire költik az adóforintjaikat tudományos kutatás címén. Így nagy a nyomás, hogy látványos eredményeket szülessenek, amelyek akár a TV-ben is bemutatathatók. Ennek jegyében az MTV Delta tudományos ismeretterjesztő magazinja két esetben is beszámolt a projekthez kapcsolódó eredményekről (2011. 01. 08. és 2009. 02. 14.), az utóbbi adást többször ismételték.

Összegezve, a projektet sikeresnek érezzük, mind a tudományos publikációk, mind a tudományos utánpótlás nevelés, továbbá a publicitás (tudományos ismeretterjesztés) terén.

A projekt során elért eredmények szerteágazóak, ezeket két nagy csoportra oszthatjuk, publikációkban megjelenő tudományos eredmények, illetve a nemzetközi részvételű technikai demonstrációban megtestesülő eredmények. Továbbiakban az eredményeket e két csoportnak megfelelően ismertetjük.

## **Tudományos eredmények**

### **Internet alapú telemanipuláció**

Tenzor Product (TP) alapú modell transzformáció alkalmazása

Kapcsolódó publikációk: [6,8,9,10,11,12,13,18,24,25,27,34]

A TP modell transzformáció egy viszonylag új módszer, mellyel bizonyos nemlineáris modelleket lehet polytopikus formába transzformálni. A TP modell transzformáció legfőbb előnye, hogy a legtöbb lineáris állapot-visszacsatolásos tervezési módszer, beleértve a Lineáris Mátrix Egyenlőtlenséget (LMI), közvetlenül alkalmazhatóvá válik az eredményül kapott polytopikus modellekre, hogy egy robosztus működésű szabályozót kaphassunk. *Lineáris rendszerek állapotter egyenletein alapuló szokásos csúszófelület tervezési eljárását a tenzor szorzat modell transzformáció alkalmazásával kiterjesztettük nemlineáris rendszerek szektor csúszómód tervezésére.*

#### *Alkalmazások*

A súrlódás egy nagyon régi és univerzális kérdés minden mechanikai rendszerben, így nem kerülhető meg a telemanipuláció során sem. Mivel a súrlódás nemlineáris, ezért állandó kihívást jelent. Számos empirikus nemlineáris súrlódási modell-javaslatot lehet találni a szakirodalomban. Ez a projekt nem egy új modellt javasol, hanem a már meglévő súrlódási modelleket egy új, tenzor szorzáson alapuló reprezentációját írja le, amely leegyszerűsíti a szabályozók tervezését.

Kifejlesztettünk és alkalmaztunk egy módszert, mellyel automatikusan tervezhetünk egy TP alapú szabályozást egy nemlineáris rendszerre, a Matlab Toolbox for TP Model Transformation Based Controller Design modulját használva. Egy egyingás daru elektromechanikai rendszerét választottuk, hogy modellezzük a valódi ipari feladatot – teher pozíciójának és a kilengési szögnek a szabályozása portáldaru-teher (pl.: konténer) kezelési alkalmazásoknál. A daru rendszernek két állapotváltozója van nemlinearitása (a szögpozícióban és a szögsebességben). A TP modell transzformáció alapú szabályozó jól tudja kezelni ezt a valós idejű alkalmazást. Összehasonlítottuk a szabályozás működését különféle egyéb alternatív megoldási lehetőségekkel: Pólusáthelyezés linearizált rendszerhez, Pólusáthelyezés TP alapú rendszerhez, LMI szabályozó-tervezés TP alapú rendszerhez.

### **Intelligens tér (elosztott intelligenciájú érzékelő eszközök)**

Elosztott képfeldolgozás (DIMAN - Distributed Image Analyzer) intelligens térben

Kapcsolódó publikációk: [1,5,17,19,20]

Általánosságban a telemanipuláció az ember (operátor) érzékelési és cselekvési képességeinek kiterjesztése egy távoli helyre, ahol valamilyen manipulatív feladatot kell elvégeznie. A telemanipulációs folyamat és ezzel együtt a telemanipulációt megvalósító berendezés három főrésze osztható: mester eszközre, amely az ember és a gép közötti kapcsolatot teremti meg; a szolga egységre, amely a távoli környezetben hajtja végre az operátor utasításait; és a mester és szolga egység közötti információ közvetítő csatornára.

Esetünkben a mesterszék az ún. „intelligens tér” koncepcióra épül. Olyan körülhatárolt terület (szobát, utcát, épületet vagy nyílt terepet) tekintünk intelligensnek, amely a tér állapotát folyamatosan megfigyelő érzékelők célirányosan kiépített rendszerével van ellátva. Az érzékelőktől nyert információ feldolgozását követően egy mesterséges intelligencia alapú vezérlő algoritmus érzékeli tudja a térben zajló eseményeket, azokat bizonyos szempontok alapján egy megelőző tanulási folyamatot követően értelmezni, értékelni tudja, valamint az adott szituációnak leginkább megfelelő önálló döntést képes hozni. Intelligens Tér koncepcióját Japánban dolgozták ki, és várhatóan Európában is térhódításra készül. Ebbe az „Intelligens Tér” koncepcióba épül bele a saját fejlesztésű elosztott képfeldolgozó rendszer a DIMAN (Distributed Image Analyzer), amelyet önmagában a pályázat egy értékes elemének tartunk. A DIMAN eredeti céljai sokkal általánosabbak, jelen pályázatban a DIMAN egy speciális alkalmazásának tekinthető, amely keretet ad a mester oldali rendszerünknek. Konkrétan egy kamera képén egy bőrszín felismerő és egy helymeghatározó modul segítségével követjük az operátor kezének a mozgását és ennek alapján generálunk parancsokat a virtuális robot mozgatásához.

A rendszerünk fontos eleme az információ közvetítő csatorna, amely az ún. RT-middleware (OpenRTM-aist-0.2.0) platformon alapszik. Az RT betűk itt a robot technológiára utalnak, és sok tekintetben nem optimális a képfeldolgozás szempontjából. A választásunk azért esik mégis erre a platformra, mert Japánban a következő generációs robotok is ezt a platformot használják, így később a látórendszerünket könnyen illeszteni tudjuk a legújabb fejlesztésű japán robotokhoz. Az RT-middleware japán fejlesztőivel közvetlen kapcsolatban állunk.

A videokamerák mindig hasznos szenzorok voltak a robotoknál. Sok módszer létezik arra, hogy információt nyerjünk a videokamerák által készített képekből, de nincs meg a robosztusságuk és túl drágák, hogy valósidejű alkalmazásokban használjuk őket. A videokamerák integrációja a robotlátásban sok nehézségbe ütközik, és az utóbbi évekig nem is volt a piacépes robot-videó képfeldolgozó rendszer. A robotprogramozásnak nem volt egységesítő, és nem volt szükség teljesen általános robotlátó-rendszerre. *E projekt legfőbb eredménye, hogy megalkottunk egy modulos, felhasználói program alapú videó képfeldolgozó rendszert a robotlátás részére.*

## **Szuperflexibilis programozás**

### Robotok programozásának új paradigmája

Kapcsolódó publikációk: [2,3,4,22,30,32]

A kis és közepes vállalatoknál a robotizációnak az egyik legfontosabb akadálya, hogy egy robot beprogramozásához kb. 400-szor annyi időre van szükség, mint az elvégzendő folyamat végrehajtásához. Így kis és közepes vállalatoknál a kisebb sorozatú feladatok elvégzésének robotizálása jelenleg nem gazdaságos. Célunk a programozási idő lecsökkentése volt.

A hegesztés a nehézipar egyik legelterjedtebb, legáltalánosabb feladata. Számos területen használják, az autógyártástól az építkezésekig. Ennek ellenére ez egy igen komoly, nehéz és adott esetben veszélyes feladat, hiszen súlyos fémtárgyakkal magas hőfokon kell a lehető

legprecízebben dolgozni. Ezért azokon a területeken, ahol az lehetséges, előszeretettel alkalmazzák a robotokat a hegesztési műveletek végrehajtása céljából.

Azonban a robotok felhasználása számos mérnöki feladatot és ezekből származó problémákat von maga után. A robotprogramokat minden új feladathoz külön el kell készíteni, amely viszonylag sok időbe telhet. A súlyosabb probléma azonban inkább az, hogy minden hegesztési varrat más és más, ezért adaptívan alkalmazkodni kell a feladathoz, például a nagyobb réseken többször, lassabban kell végighaladni. Egy gyakorlott szakember ezeket a torzulásokat könnyen észreveszi és ennek függvényében tudja a hegesztést elvégezni, azonban egy hegesztőrobot, amely csupán a beprogramozott feladat végrehajtására képes, valószínűleg hibázni fog ilyen esetekben.

Ezért kifejlesztettünk olyan intelligens rendszert, amely minden hegesztésnél az adott munkadaraboktól, hibáktól, elvárásoktól függően adaptívan vezérli a robotot, ezzel jelentős időt és költséget takarítva meg.

A csiszolás robotosításával is foglalkoztunk.

Egy munkadarab felszíne hibákat tartalmazhat a gyártási folyamat eredményeként. Ezeket a hibákat általában a csiszolással/köszörüléssel, kézi erővel távolítják el, egyedileg minden egyes legyártott munkadarabon.

A legelterjedtebb két módszer ipari robotok programozására a Teach (Tanítás) és az Offline (Kapcsolat nélküli) programozás. Azonban ezek a módszerek egy az egyben nem alkalmazhatók a köszörülés/csiszolás alkalmazásoknál. Offline típusú robot programozás esetén a köszörülés útvonalát a CAD modell alapján állapítják meg, amely semmiféle információt sem tartalmaz a külvilág helyzetéről, valós munkadarab felületéről és hibáiról. Így az útvonal előállítás nem lehetséges. Teach típusú robotprogramozás túlságosan időigényes, mivel az útvonal megtervezéséhez a robotot a kívánt pozíciókba kell navigálni.

Egy új robotprogramozási módszert vezetünk be: a felügyelt robotprogramozást. A megoldás egy 90%-ban automatizált pályatervezés (ebben van sűrítve a robotos szaktudás), valamint egy 10% és (kifejezetten robotos szaktudást nem igénylő) operátori jelenlét. Ennek a módszernek az alkalmazásával új piacok nyílnak meg az ipari robotok felhasználásában. Így a közeljövőben általánossá válhatnak az ipari robotok a kis és közép méretű vállalkozásoknál. Szemben egy teljesen automatizált megoldással, az új módszer egy kezelő segítségét igényli. Az így előálló rendszer kilencven százalékban automatizált, pontosabb és olcsóbb, mint a teljesen automatizált. A felügyelt robot programozási módszer alapja egy kamerarendszer, ami elegendő információt szolgáltat az Offline típusú robotprogramozási környezetnek; így a hibák helyei, alakjai azonosíthatók és a szükséges köszörülés / csiszolás útvonalai már előállíthatók.

### Ember-gép kapcsolat

Kapcsolódó publikációk: [7,15,28,29,35,36,37,38]

A mozgáskövető adatruhában az operátor egész egyszerűen manuálisan megmutatja a robotkarnak, hogy mit is kellene csinálnia, de az ilyen mozgást közvetítő adatruhák jelenleg még nagyon drágák, ezért ipari hasznosulásra feltételezhetően sokáig várunk kell. Ennek ellenére a robotok programozásának egy alapvetően új paradigmáját vezetjük be. A témáról

szóló első konferencia cikkünk az IEEE Human System Interaction konferencián a Legjobb Cikk díjat kapta. [29]

## **Demonstrációk**

Az ELTE 3D Vizualizációs Centrumában két demonstrációt dolgoztunk ki, mindkét esetben az ELTE csak a helyet biztosította, az érdemi munkába nem folyt be. Diplomaterv és TDK munka kapcsán több új hallgatót vontunk be a kutatásainkba. Ők alapvetően demonstrációk kivitelezéséhez szükséges szoftverfejlesztési munkákat végezték el. Mindkét demonstrációt az MTV Delta tudományos ismeretterjesztő magazinja bemutatta.

Az első demonstráció kertében elkészült Hashimoto professzor japán intelligens terének egy egyszerűsített virtuális 3D modellje, amelyben egy virtuális mobil robotot lehet irányítani. Hashimoto professzor japán intelligens terében is található egy ugyanilyen mobil robotot. A demonstráció során a budapesti 3D virtuális intelligens teret az interneten keresztül összekapcsoltuk a japán intelligens térrel. A Budapesten tartózkodó operátor a 3D virtuális intelligens terében egy virtuális joystick segítségével (virtuális mesterszöközzel) irányította a virtuális mobil robotot (virtuális szolgálészöközt). Az animált mobil robot mozgását leíró információt az interneten keresztül közvetítette a tokiói intelligens térhez, amely ennek megfelelően irányította a valóságos mobil robotot (valóságos szolgálészöközt). A japán mobil robot mozgását az ottani intelligens tér elosztott intelligenciájú érzékelők segítségével érzékelték, és a mozgásállapotról vonatkozó adatokat visszaküldte a magyar virtuális 3D térbe, ahol a virtuális mobil robot a japán mobil robottal kvázi szinkronban mozgott. A fejlesztés során kutatóink számos informatikai problémát oldottak meg az intelligens tér kommunikációjával és a 3D megjelenítéssel kapcsolatban. A tele-robotika területén a legnagyobb kihívást az jelentette, hogy legyözzük az internet okozta idő késleltetést (ahogy ez a munkatervben is szerepelt), és a virtuális és valóságos mobil robot mozgását szinkronizáljuk. Tapasztalatunk szerint az időkésleltetésnél is nagyobb gondot okozott az, hogy az interneten érkező adatsomagok gyakran nem az elküldés sorrendjében érkeztek meg. Ez az operátor szemszögéből azt jelentette, hogy kompenzáció nélkül a virtuális mobil robot állandóan és valószerűtlenül remegett, erősen rontva a telejelenlét érzetét. A telejelenlét érzetének javítása érdekében elkészítettünk egy mozgás predikációs algoritmust. Egy teljesen véletlenszerű mozgás esetén az időkésleltetést elvileg lehetetlen kiküszöbölni, mert ahhoz a jövőbe kellene látnunk, de a mobil robotnak engedelmesszökednie kell bizonyos fizikai törvényeknek, e fizikai törvények ismeretében már következtetést vonhatunk le a mobil robot jövőbeni állapotára..

A második demonstrációban a kiüzött cél az volt, hogy fizikailag 3 helyen (Norvégiában, GI Flex Kft.-nél és ELTE 3D Vizualizációs Centrumban) tartózkodó három operátor egyetlen közös intelligens virtuális 3D térben tudjon egyidejűleg és közösen tevékenyszökedni egy robotkar irányításán. Ehhez felhasználtunk egy ún. mozgáskövető adatrúhát (esetünkben ez volt a szolgálészököz), amely Norvégiában volt és folyamatosan közvetítette a viselője (egy pályázatlanban is nevesített magyar Ph.D. hallgató) mozgásával kapcsolatos információt. Az adatrúhától kapott információt egyrészt egy sztereó 3D képen jelenítettük meg az ELTE 3D

Vizualizációs Centrumban, másrészt tovább küldtük a GI Flex Kft-hez, ahol a szolgáló eszközt, nevezetesen egy robotkart az ember mozgásának megfelelően mozgatott. Az adatrúhában lévő operátor és a robot web-kamerás képét is kivetítettük az ELTE 3D Vizualizációs Centrumban. Így három kép volt látható: a Norvégiában lévő operátor és az ipari robot 2D-s webkamera képe, valamint a Norvégiában lévő operátor 3D sztereó képe. Itt a kihívást az jelentette, hogy az ember teljesen más felépítésű, mint a robotkar. A 3D sztereó megjelenítőhöz közvetlenül felhasználható az adatrúha információi, de a robotkar esetén szükséges a munkatervnek megfelelően az operátor manipulációs tevékenységének matematikai leírása és transzformációja, amely az emberi mozgást átkonvertálja a robotkar mozgására.

## Publikációk

1.	Andor Gaudia, Péter Korondi, Stefan Preitl, Radu-Emil Precup: <b>Recognizing Unusual Behavior in Distributed Environment</b> , Proceedings of CONTI pp. 55-60, 2006
2.	B. Takarics, P. Szemes, P. Korondi: <b>Virtual Master Device for Telemanipulation</b> , Proceedings of IEEE 3rd International Conference on Mechatronics, pages 557-562, 2006
3.	B. Takarics, P. Szemes, P. Korondi: <b>CONTACTLESS MASTER DEVICE FOR REMOTE INTELLIGENT SPACE APPLICATION</b> , Proceedings of Conference of Mechanical Engineering pages 347-352, 2006
4.	Béla Takarics, Péter T. Szemes: <b>Superflexible Welding Robot Based on the Intelligent Space Concept</b> , Proceedings of 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, pp. 472-477., 2006
5.	Gabor Sziebig, Andor Gaudia, Peter Korondi, Noriaki Ando: <b>Video image processing system for RT-middleware</b> , Proceedings of 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, pp. 461-472., 2006
6.	Gyeviki, Janos; Korondi, Peter; Kolonić, Feta: <b>Accurate Position Control for a Pneumatic Cylinder</b> , Strojarstvo. 48 (2006) , 5-6: 213-225, 2006
7.	László A. Jeni, Zoltán Istenes, Péter Korondi, Hideki Hashimoto: <b>Mobile Agent Control in Intelligent Space using Reinforcement Learning</b> , Proceedings of 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, pp. 201-211., 2006
8.	P. Korondi, J. Gyeviki: <b>Robust Position Control for a Pneumatic Cylinder</b> , IEEE 1-4244-0121-6/06/ pp. 513-518, 2006
9.	Péter Korondi: <b>Tensor Product Model Transformation-based Sliding Surface Design</b> , Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 3, No. 4, pp. 23-36., 2006
10.	Péter Korondi: <b>Sliding Sector Design Based on Tensor Product Model Transformation</b> , Proceedings of CONTI pp. 1-6., 2006
11.	Péter Korondi: <b>Sliding Mode Based Friction Compensation for a Haptic Interface</b> , Strojarstvo. 48 (2006) , 3-4: 163-171, 2006
12.	Péter Korondi and Zoltán Petres: <b>Sliding Mode Control Based on Tensor Product Model Transformation</b> , Proceedings of IEEE 3rd International Conference on Mechatronics, pages 672-677, 2006
13.	Péter Korondi, Péter Bartal, Fetah Kolonic: <b>Friction Model Based on Tensor Product Transformation</b> , Proceedings of 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, pp. 83-94., 2006
14.	Péter T. Szemes, Péter Korondi, Hideki Hashimoto: <b>Human Walking Behavior Model for Intelligent Space</b> , Proceedings of IEEE 3rd International Conference on Mechatronics, pages 545-550, 2006
15.	Szilveszter Kovács, Péter Korondi, Hideki Hashimoto: <b>Adaptive Personalisation of the Intelligent Space by Fuzzy Automaton</b> , Proceedings of 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, pp. 131-143., 2006
16.	Andor Gaudia, Péter Korondi, Stefan Preitl, Radu-Emil Precup: <b>Approach to Recognizing Unusual Behavior in Distributed Environment</b> , Transactions on AUTOMATIC CONTROL and COMPUTER SCIENCE, ISSN 1224/600X vol. 52(66) 2007 No. 1. Page pp.73-80., 2007
17.	B. Resko, P. Baranyi, P. Korondi, H. Hashimoto: <b>Opto-Mechanical Filtering Applied for Orientation and Length Selective Contour Detection</b> , in Proc. The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON'07), Taipei, 2007
18.	B. Solvang, P. Korondi, G. Sziebig, and N. Ando: <b>Trajectory tracking by TP model transformation: case study of a benchmark problem</b> , in Proc. 11th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES'07), 2007
19.	Barna Reskó, Dávid Herbay, Péter Korondi, Péter Baranyi: <b>3D Image Sensor based on Opto-Mechanical Filtering</b> , 8th International Symposium of Hungarian, 2007
20.	G. Sziebig, A. Gaudia, P. Korondi, N. Ando, and B. Solvang: <b>Robot vision for rt-middleware framework</b> ,

Proc. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IMTC'07), Warsaw, Poland, May 2007, pp. 1–6, 2007
21. G. Sziebig, P. Korondi, B. Solvang, and B. Resko: <b>Distributed image processing system using the rt-middleware framework</b> , in Proc. The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON'07), Taipei, 2007
22. Gabor Sziebig, Bela Takarics, Peter Korondi Viliam Fedák: <b>Virtual master device</b> , Proc. of 5th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, 2007
23. P.Korondi, P.P. Zsíros.F. Kolonic: <b>Humanoid Type Hand Moved by Shape Memory Alloy</b> , Communications, Special issue on Mechatronics vol.2. no:1. pp. 17-23 February,, 2007
24. Péter Korondi: <b>Sector Sliding Sector Design for a Servomotor</b> , Transactions on AUTOMATIC CONTROL and COMPUTER SCIENCE, ISSN 1224/600X vol. 52(66) 2007 No. 1. Page pp.73-80., 2007
25. Y. Kunii, B. Solvang, G. Sziebig, and P. Korondi: <b>Tensor product transformation based friction model</b> , Proc. 11th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES'07), 2007
26. Zoltán Petres, Péter Baranyi, Péter Korondi, Hideki Hashimoto: <b>Trajectory tracking by TP model transformation: case study of a benchmark problem</b> , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS Volume 54, Issue 3, June 2007 Page(s): 1298 - 131, 2007
27. Korondi Péter, Hashimoto Hideki, Sziebig Gábor: <b>Sliding Sector Design for Nonlinear Systems</b> , Proc. International Federation of Automatic Control World Congress (IFAC WC 2008). Seoul, Dél-Korea, 2008. pp. 3556-3561, 2008
28. Radu-Emil Precup, Stefan Preitl, József K. Tar, Marius L. Tomescu, Márta Takács, Péter Korondi, Péter Baranyi: <b>Fuzzy Control System Performance Enhancement by Iterative Learning Control</b> , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, Volume 55, Issue 9, 2008 Page(s): 3461-3475, 2008
29. Solvang Bjørn, Sziebig Gábor, Korondi Péter: <b>Multilevel Control of Flexible Manufacturing Systems</b> , Proc. IEEE Conference on Human System Interactions (HSI'08). Krakow, Lengyelország, 2008. pp. 785-790. Best Paper Award, 2008
30. Solvang, B; Sziebig, G; Korondi, P: <b>Vision based robot programming</b> , IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, PROCEEDINGS OF 2008 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKING, SENSING AND CONTROL, Pages: 949-954, 2008
31. Baranyi Péter, Solvang Bjørn, Hashimoto Hideki, Korondi Péter: <b>3D Internet for Cognitive Information Communication</b> , WoS, (CINTI 2009). Budapest, Budapest: pp. 229-243. Paper 63. (ISBN: 978-963-7154-96-6), 2009
32. Ivan Petrović <sup>1</sup> , Fetah Kolonić, Peter Korondi: <b>Internet Based Teleoperation for Cooperative Navigation and</b> , Journal of Mechanical Engineering 55(2009)6, 356-368, 2009
33. Korondi Péter, Bjørn Solvang, Baranyi Péter: <b>Cognitive Robotics and Telemanipulation</b> , Keynote paper, International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE 2009). pp. 1-8. Paper TPL-001. (ISBN: 953-6037-56-8), 2009
34. Béla Takarics, Patrícia Gróf, Péter Baranyi, Péter Korondi: <b>Friction Compensation of an Aeroelastic Wing – A TP Model Transformation Based Approach.</b> , 2010 IEEE 8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics pp. 527-533. Paper 99., 2010
35. Péter Galambos, András Róka, Péter Baranyi and Péter Korondi: <b>Contrast Vision-based Grasp Force Feedback in Telemanipulation</b> , 2010 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics pp. 96-102, 2010
36. Péter Korondi, Péter Baranyi, Hideki Hashimoto, Bjørn Solvang: <b>3D-Based Internet Communication and Control</b> , Computational Intelligence in Engineering. Berlin ; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. pp. 47-60., 2010
37. Sziebig Gábor, Takarics Béla, Korondi Péter: <b>Control of an Embedded System via Internet.</b> , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS 57:(10) pp. 3324-3333. Paper 10.1109/TIE.2010.2041132., 2010
38. Takarics Béla, Sziebig Gábor, Solvang Bjørn, Korondi Péter: <b>Multimedia Educational Material and Remote Laboratory for Sliding Mode Control Measurements</b> , JOURNAL OF POWER ELECTRONICS 10: (6) pp. 635-642. (2010), 2010