

# MAIPAN – middleware személyi hálózatokban működő alkalmazások összekapcsolására

RÓNAI MIKLÓS AURÉL, FODOR KRISTÓF, BICZÓK GERGELY, TURÁNYI ZOLTÁN, VALKÓ ANDRÁS

Ericsson Magyarország Kft, Traffic Lab

{Miklos.Ronai, Kristof.Fodor, Gergely.Biczok, Zoltan.Turanyi, Andras.Valko}@ericsson.com

**Kulcsszavak:** PAN, mindenütt jelenlévő számítástechnika, hozzáférés-vezérlés, dinamikus kapcsolatrendszer-kezelés

Dinamikusan változó személyi hálózatok (Personal Area Network – PAN) létrehozására cikkünkben a MAIPAN elnevezésű middleware megoldást javasoljuk. A middleware eltakarja a PAN szétDaraboltságát, valamint az eszközök konfigurációját, és a hálózatot egységesen, egyetlen számítógépnek mutatja az alkalmazások felé. A megoldás lehetővé teszi a PAN-ban több eszközön működő elosztott alkalmazások egyszerű összekapcsolását, valamint a PAN konfiguráció változásakor az adatfolyamok transzparens átírányítását. A javasolt middleware a különböző eszközökön futó alkalmazások által nyújtott szolgáltatások ki és bemeneti csatlakozási pontjait virtuális csatornák létrehozásával köti össze. A csatornák szükség esetén újrafigurálhatók, ha a hálózat felépítése vagy a felhasználói igények megváltoznak. Az irodalomban található megközelítésekkel szemben egy olyan megoldást ajánlunk, ahol a szolgáltatások között kiépített kapcsolatrendszer dinamikusan menedzselhető, valamint szorosan egybe van építve egy újfajta jogosultság kezeléssel.

## 1. Bevezetés

A vezeték nélküli terminálok, mint például okostelefonok, digitális személyi asszisztensek (Personal Digital Assistant – PDA) és laptopok növekvő száma miatt egyre inkább szükség van arra, hogy személyi hálózatokat egyszerű módon lehessen felállítani, valamint be- és újraconfigurálni.

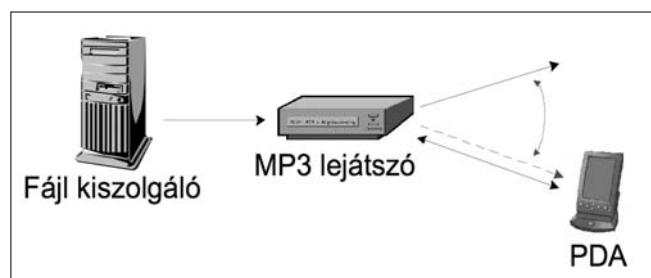
Cikkünkben azzal foglalkozunk, hogy hogyan lehet személyi hálózatokban egy dinamikusan változtatható, de egységes számítástechnikai környezetet létrehozni, mely kiterjed az egymással összekötött vezeték és vezeték nélküli, valamint fix és mobil eszközökre. A MAIPAN middleware-t javasoljuk – ami az alkalmazások alatt és a hálózati réteg fölött helyezkedik el –, mely megoldás eltakarja a személyi hálózatban működő különálló eszközöket, és az ezeken futó alkalmazások képességeit úgy mutatja, mintha azok mind ugyanazon a számítógépen lennének elérhetőek.

Ezzel egy olyan egységes programozási platformot nyújt, amely lehetővé teszi a személyi hálózatok egyszerű felépítését és a PAN-ban futó alkalmazások dinamikus összekapcsolását, valamint szétválasztását. Alkalmazás programozók, akik a middleware által nyújtott egységes alkalmazás programozói interfészt (API) használják, úgy fejleszhetnek szoftvert, hogy nem kell foglalkozniuk a különböző PAN konfigurációkkal és dinamikákkal. Bizonyos képességek meglétét tételezhetik fel, de figyelmen kívül hagyhatják azt, hogy ezen képességeket egy bizonyos eszközök futó egyetlen alkalmazás vagy több eszközön futó több alkalmazás halmaz nyújtja. A programozóknak csak a middleware-be kell regisztrálniuk alkalmazásaik ki- és bemeneteit, és nem kell törődniük azzal, hogy milyen eszközök vagy alkalmazások fognak ezekhez a csatlakozási pontokhoz kapcsolódni, valamint a programjaikat használni.

A bemutatásra kerülő middleware jogosultság, valamint rugalmas és átruházható kapcsolatrendszer kezelést is tartalmaz. A middleware-ben van néhány intelligens funkció, mely hatékonyabbá teszi az ember számítógép kapcsolatot (Human Computer Interaction – HCI). Elméletben bármely szolgáltatás-felderítési, hálózati vagy adatkapcsolati megoldás használható a MAIPAN-nel.

Az 1. ábrán PAN alkalmazásra látható egy példa. Tegyük fel, hogy egy digitális személyi asszisztens felhasználó, akinek a készülékén a MAIPAN fut, belép egy szobába ahol hangszórók vannak a sarokban, melyek szintén MAIPAN-t futtatnak. Ha a felhasználó úgy dönt, hogy zenét szeretne hallgatni, de se mp3 fájlljai, se mp3 lejátszója nincsen, akkor bekapcsolva a PDA-ját lekérdezheti, hogy milyen eszközök és szolgáltatások érhetőek el a szobában. Ekkor először is – függetlenül MAIPAN-tól – a PDA hálózati rétege kapcsolatot hoz létre a szobában lévő eszközökkel és a szolgáltatás-felderítő protokollja pedig körbekérdez, hogy milyen szolgáltatások működnek a környéken. Ezt követően a felhasználó a MAIPAN vezérlővel bekonfigurálhat egy olyan személyi hálózatot, amely a PDA-t, a sarokban lévő hangszórókat, az mp3 lejátszót és a hálózatban elérhető fájlszerveret tartalmazza.

1. ábra Zenehallgatás



MAIPAN létrehozza a szükséges virtuális kapcsolatokat, azaz a fájlservert az mp3 lejátszó bemenetére, az mp3 lejátszó kimenetét a hangszórókra és az mp3 lejátszó vezérlő bemenetét a PDA-ra köti. Ettől kezdve a felhasználó a fájlserveren ki tudja választani azokat a zenéket, amiket hallgatni szeretne és a PDA-jával utasítani tudja az mp3 lejátszót, hogy a zenét a hangszórókon szolgáltassa meg. Az ábrán a nyilak az adatáramlás irányát mutatják.

A cikk hátralévő részében először áttekintjük az irodalmat, majd a következő szakaszban bemutatjuk a MAIPAN middleware-t, végezetül pedig összefoglaljuk munkánkat.

## 2. Irodalom-áttekintés

Mark Weiser a mindenütt jelenlévő számítástechnika (ubiquitous computing) koncepcióját a 90-es évek elején alkotta meg [1,2]. Tíz évvel később, Satyanarayanan Weiser víziójának kihívásaival foglalkozott [3], és bevezette a mindent átható számítástechnika (pervasive computing) fogalmát, mely többek között az elosztott rendszerek, a mobil számítástechnika és az okos területek (smart spaces) keveréke.

A middleware-ek lényeges részei mind a mindenütt jelenlévő, mind a mobil számítástechnikának. Mascolo és társai [4] többek között azt feszegetik, hogy a hagyományos middleware rendszerek (mint például a CORBA [5]), miért nem annyira megfelelőek a mobil környezetben, valamint arról írnak hogyan is kell egy mobil számítástechnikai middleware-t tervezni. Másik kulcskérdése az ilyen mindenütt jelenlévő rendszereknek: a biztonság. Chandrasiri és társai [6] a személyi biztonsági területek használatát javasolják, mely terület a felhasználó személyes eszközeiből áll, valamint különféle biztonsági aspektusokat elemez a PAN-okkal kapcsolatban. Manapság számos projekt foglalkozik ezekkel a kutatási területekkel, ezek közül az alábbiakban kiemelünk néhányat. A területről és az alábbi projektek közül néhányról korábban már bővebben is írtunk [26,27].

Az AURA projekt [7] célja, hogy minden felhasználónak kialakítson egy láthatatlan számítástechnikai aurát. A GAIA [8] project egy middleware infrastruktúrát ajánl, hogy az okos területeket lehessen létrehozni. Az Oxygen project [9] nagyon intelligens, felhasználóbarát, könnyen használható mobil eszközök tervezésével

foglalkozik. A Portolano-projekt [10] adaptív felhasználói interfészek létrehozására fókuszál. A projekt keretében a one.world [11] architektúrát tervezték meg, mely mindenütt jelenlévő számítástechnikai alkalmazások készítését támogatja. Ugyanilyen alkalmazások készítésének elősegítésére az extrovert-Gadgets projekt [12] különféle architektúrákat vizsgált meg és a GAS-OS middleware használatát javasolja szenzorok és működtető szerkezetek (actuator) vezérlésére. A 2WEAR projekt [13] viselhető (wearable) személyi rendszereket analizált, amelyek dinamikusan rakhatók össze különböző eszközök összekapcsolásával. A Cortex projekt [14] olyan új típusú alkalmazásokkal foglalkozik, melyek emberi beavatkozás nélkül, önállóan is tudnak működni. Az EasyLiving project [15] célja intelligens otthoni és irodai környezet kialakítása. A Speakeasy megközelítés [16] az alkalmazások közötti minimális interfészek definiálására koncentrál mobil kód és mobil ügynökök használatával. A MobiDesk [17] megoldás egy virtuális számítástechnikai asztalt definiál, mely megoldással többek között a hálózati sebességre is lehet optimalizálni. A Virtual Device koncepció [18,19] a felhasználó környezetében minden autonóm eszközt egy nagy virtuális egységgé alakít.

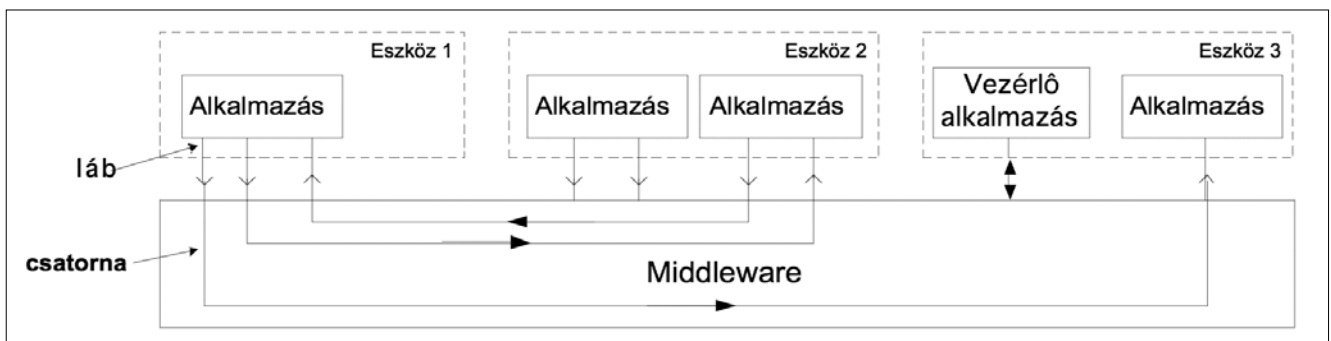
Hasonlóképpen néhány fent említett megoldáshoz MAIPAN a teljes személyi hálózatot az alkalmazások felé egyetlen eszköznek mutatja. A MAIPAN-nal a felhasználók egyszerűen hozhatnak létre és konfigurálhatnak újra személyi hálózatokat. A MAIPAN rendszer alapötleteit angolul a [20]-as cikkben publikáltuk.

## 3 A MAIPAN platform

### 3.1. Alapötletek és definíciók

A MAIPAN eszközöket, alkalmazásokat és szolgáltatásokat különböztet meg. Az „eszköz” szó a fizikai eszközt jelenti amin az „alkalmazás” fut, ami pedig nem más mint az a szoftver amelyik az adott „szolgáltatást” felajánlja. Ezeket az absztrakciókat például az mp3 lejátszó esetében alkalmazva azt mondhatjuk, hogy a „fizikai eszközön” fut az „mp3 lejátszó alkalmazás” ami az „mp3 lejátszó szolgáltatást” nyújtja. A különbségtétel az alkalmazás és a szolgáltatás között azért szükséges, mert szolgáltatást nem csak szoftver nyújthat, hanem hardver is (például egér).

2. ábra MAIPAN kapcsolatrendszer



A MAIPAN három koncepción alapszik (2. ábra): *láb, csatorna és kapcsolatrendszer*. Az alkalmazásoknak, melyek a szolgáltatásokat nyújtják, vannak bemenetek és kimenetek, amiket – kölcsönvéve az elnevezést az integrált áramköri világból – lábaknak nevezünk. A lábak az alkalmazások kapcsolódási pontjai a middleware felé, így a middleware az alkalmazásokat a PAN-ban be és kimeneti lábak csoportjainak látja. A lábaknak egy előre definiált típusuk lehet, amely a láb által generált, illetve elnyelt adat, azaz az adott alkalmazás által kezelt információ fajtáját mutatja meg (például egér mozgása, billentyű leütése). A szükségleteknek megfelelően bármikor új típusok definiálhatók. A PAN vezérlő alkalmazás a felelős azért, hogy csak a megfelelő lábakat lehessen összekötni.

A lábak közötti kommunikációhoz a middleware pont-pont kapcsolatokat, azaz csatornákat épít ki. Azt a csatorna halmazt, amely egy adott PAN szolgáltatás használatához szükséges, kapcsolatrendszernek nevezzük. Például, az 1. ábrán látható csatornák alkotják az mp3 lejátszó kapcsolatrendszert: van egy csatorna a fájlserver és az mp3 lejátszó, egy másik az mp3 lejátszó és a hangszórók, és egy vezérlő csatorna az mp3 lejátszó és a PDA között. A PDA ebben az esetben csak a vezérlő entitás szerepét játssza, ugyan ő a tulajdonosa, de nem tagja a kapcsolatrendszernek. Az alkalmazások nem tudnak a csatornákról, sem a kapcsolatrendszerekről, csak saját lábaikról van tudomásuk.

### 3.2. Biztonság és hozzáférési jogosultság kezelés

A biztonsági és jogosultság kezelési funkciókat eszköz szinten definiáltuk. Ez azt jelenti, hogy a szolgáltatásokhoz (az adott alkalmazás lábaihoz) való hozzáférés az eszközöknek van engedélyezve. Így ha egy eszköz jogot kap egy szolgáltatás használatára, akkor minden alkalmazás, amely az adott eszközön fut jogosult lesz hozzáférni az adott szolgáltatáshoz. Ez az egyszerűsítés akkor engedhető meg, ha feltételezzük, hogy a PAN-ban kis eszközök vannak, melyek csak egy-két egyszerű szolgáltatást nyújtanak (például egér, mp3 lejátszó). Ebben az esetben főlegesen egy bonyolultabb eljárás alkalmazása, ahol a hozzáférést az eszközökön futó alkalmazásoknak egyesével kellene megadni.

A vezérlő alkalmazás, mely a vezérlő entitás szerepét játszó eszközön fut, tudja felépíteni és újrakonfigurálni a kapcsolatrendszereket. A vezérlő entitásnak kell ellenőriznie a hozzáférési jogosultságok meglétét. Ha ezek hiányoznak, akkor a szolgáltatást nyújtó eszköztől meg kell kérdeznie, hogy a felhasználó használhatja-e az adott szolgáltatást. Központi vezérlő entitás lehet például egy PDA, amelynek elegendő számítástechnikai kapacitása van ahhoz, hogy menedzselni tudjon egy teljes személyi hálózatot. Minden más eszköz, amely a PAN-ban van, *résztevőknek* nevezzük. Speciális esetekben a résztvevők delegálhatják a hozzáférés engedélyezés döntési jogkörét más eszközöknek, amelyeket *menedzsereknek* hívunk.

Itt most nem megyünk részletetekbe a hitelesítés és engedélyezéssel kapcsolatban, viszont a [6]-ban talál-

ható megoldások a MAIPAN-nal is alkalmazhatóak a biztonságos kommunikáció megvalósítására.

### 3.3. Kapcsolatrendszerek áthelyezése

A PAN-ban legalább egy eszköznek kell lennie, mely a vezérlő alkalmazás szerepét játssza. Abban az esetben, ha ez az eszköz eltűnik (mert kikapcsolják, vagy a felhasználó távozik), akkor az általa vezérelt összes kapcsolatrendszer automatikusan lebontódik. Ahhoz, hogy a kapcsolatrendszereket a vezérlő eszköz eltűnése után is fenntarthassuk, a MAIPAN lehetőséget ad a működő kapcsolatrendszerek egyik vezérlő alkalmazásról a másikra való átvitelére.

Például, hogy zenét tudjanak hallgatni egy tárgyalóteremben, az egyik felhasználó egy mp3 lejátszó kapcsolatrendszert konfigurál be. Így az adott felhasználó eszköze lesz a vezérlő entitása a kapcsolatrendszernek. Ha a felhasználó el akarja hagyni a szobát, akkor a MAIPAN-nel közli, hogy a kapcsolatrendszert vigye át egy másik vezérlő entitásra, ami például egy másik felhasználó PDA-ja lehet.

### 3.4. A kapcsolatrendszerek újrakonfigurálása

Abban az esetben, ha egy a PAN-ban résztvevő eszköz eltűnik (például a felhasználó elhagyja a termet, vagy az eszköz akkumulátora lemerül), akkor azok a csatornák, melyekben az eszköz részt vett automatikusan lebontódnak és a kapcsolatrendszert újra kell konfigurálni, ha a továbbiakban is használni akarják.

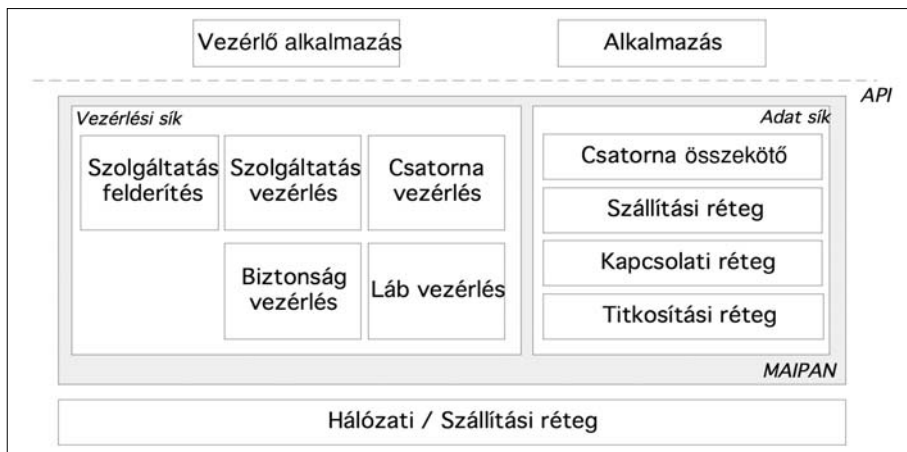
Az első lépésben a MAIPAN értesíti az érintett vezérlő alkalmazás(oka)t az eltűnés tényéről. A második lépésben a vezérlő alkalmazás eldöntheti, hogy mely más szolgáltatás(oka)t kívánja használni a kieső(k) helyett. Több választási lehetőség esetén a vezérlő alkalmazás kérheti a felhasználót, hogy döntse el ő, mely más szolgáltatásokat szeretné használni, vagy az alkalmazás önmagában is dönthet, ha egyetlen lehetőség van, illetve ha – ismerve a felhasználó preferenciáit – ki tudja választani a legmegfelelőbb szolgáltatás(oka)t az eltűnt(ek) pótlására. A harmadik lépésben a vezérlő vagy felépíti az új csatornákat vagy lebontja az érintett kapcsolatrendszert.

### 3.5. Architektúra

A fenti ötleteken alapulva alkottuk meg a MAIPAN middleware-t, melynek architektúrája a 3. ábrán (a következő oldalon) látható. Az alkalmazások a middleware fölött futnak, míg a middleware alatt lévő rétegek végponttól végpontig történő adatkommunikációt biztosítanak. Ahogy az ábrán látható, a protokoll verem függőlegesen két részre van osztva. Az egyik rész az *adat sík*, melynek feladata az alkalmazások közötti hatékony és biztonságos adatátvitel. A *vezérlési sík* a lábak, csatornák és kapcsolatrendszerek menedzseléséért, valamint a kulcs- és jogosultság kezeléséért felel.

#### Adat sík

Az alkalmazások a lábaikon keresztül küldik a middleware felé az adatot, amit a *csatorna összekötő réteg* a megfelelő csatornába irányít. A *szállítási réteg* létre-



3. ábra A MAIPAN architektúrája

hozza a csomagokat és olyan szolgáltatásokat nyújt, mint folyam szabályozás, sorrendezés, automatikus új-rakúldás, QoS stb. Csak azok a funkciók kerülnek bekapcsolásra az adott csatornán, amelyek az adott szolgáltatáshoz szükségesek és hiányoznak a middleware alatti rétegekből. A *kapcsolati réteg* olyan információkat ad a csomagokhoz, melyek a célba éréshez szükségesek: a forrás és cél eszköz címét, valamint a csatorna azonosítóját. Végezetül a *titkosítási réteg* a csomag integritásának ellenőrzéséhez paritás biteket számol és szükség esetén titkosítja a csomagot.

#### Vezérlési sík

A vezérlési sík tartalmazza azokat a vezérlési funkciókat, melyek a PAN menedzseléséhez szükségesek. A *szolgáltatás-vezérlő* rész a helyi szolgáltatások regisztrálását és hozzáférési jogosultságokat kezeli, valamint kommunikál a szolgáltatás-felderítő protokollal. Elméletben bármilyen szolgáltatás-felderítési protokoll hozzákapható a MAIPAN-hez, úgy mint az SLP, az UPnP vagy a Salutation [21,22]. A vezérlő alkalmazás utasításainak megfelelően a *csatorna-vezérlő* hozza létre és szükség esetén konfigurálja újra a kapcsolatrendszereket. A vezérlő alkalmazás igényeinek megfelelően, a csatorna-vezérlő kéri meg a PAN-ban résztvevő eszközök *láb-vezérlőit*, hogy kívánt lábak között építsék ki a csatornákat. A láb-vezérlő utasítja a csatorna összekötő réteget, hogy hozza létre a szükséges csatornát, a szállítási rétegben aktiválja az adott csatornához szükséges szállítási funkciókat és beállítja a csatorna végpontját a kapcsolati rétegben. A *biztonsági vezérlő* kezdeményezi és koordinálja az eszközök közötti azonosítási eljárást, kezeli a szolgáltatás hozzáférési jogosultságokat és tárolja a biztonságos kommunikációhoz szükséges információkat (például biztonsági kulcsokat).

### 3.6. Implementáció

A MAIPAN egy korábbi verzióját Linux operációs rendszerre C-ben implementáltuk [23]. Készítettünk néhány MAIPAN alkalmazást (pl. mp3 lejátszó, fájlserver) és egy vezérlőt is, hogy vizsgálhassuk a middleware viselkedését [24,25]. Az implementációból tanultakat is beépítettük a middleware most bemutatott verziójába.

## 4. Összefoglalás

Cikkünkben a MAIPAN platformot mutattuk be, ami egy olyan middleware, mely személyi hálózatokban működő alkalmazások összekapcsolását teszi lehetővé. E middleware lényege, hogy egy olyan PAN programozási platformot nyújtson, ahol a hardveres és szoftveres erőforrások összeköthetők egymással és a személyi hálózat elosztottsága el van takarva a szolgáltatások előtt.

A javasolt architektúrát használva, az elosztott PAN alkalmazásokat készítő programfejlesztőknek nem kell foglalkozniuk a PAN konfigurálással és dinamikákkal (például eszközök eltűnése, illetve megjelenése), és a rendszer által nyújtott egységes alkalmazás programozási interfészt használva egyszerűen készíthetnek PAN szoftvereket.

A MAIPAN a biztonságos jogosultság kezelési mechanizmusával és a központi vezérlő entitásával a területen egy új megközelítést reprezentál. A MAIPAN jogosultság kezelése

- 1) biztosítja a felhasználó eszközei közötti együttműködést,
- 2) biztonságot nyújt a felhasználó eszközeinek más felhasználó eszközeivel szemben és
- 3) emellett megengedi a különböző felhasználók eszközei közötti kontrollált kommunikációt.

A megoldás ezen kívül kényelmes jogosultság kezelést és PAN konfigurációt biztosít a központi vezérlő alkalmazás segítségével, valamint abban is egyedülálló, hogy megengedi a központi entitás cseréjét, azaz a kapcsolatrendszer vezérlési jogai eszközök között szabadon átvihetők.

A MAIPAN jogosultság kezelési sémája szerint az adott szolgáltatás használati jogát eszközök kaphatják meg, így ha egy eszköz jogosultságot szerez egy adott szolgáltatás használatára, akkor az adott eszközön futó összes alkalmazás használhatja az alkalmazást. A dinamikus kapcsolatrendszer menedzsment azt a szituációt kezeli, amikor egy PAN szolgáltatásban résztvevő eszköz eltűnik. Ebben az esetben MAIPAN értesíti a vezérlő alkalmazást, ami ezek után megpróbálja új résztvevők bevonásával újrakonfigurálni a kapcsolatrendszert, vagy ha több lehetőség adódik és a felhasználó preferenciái nem ismertek, akkor a felhasználó beavatkozását kérheti.

A MAIPAN kapcsolatrendszer áthelyezést is támogat, ami abban az esetben hasznos, amikor a kapcsolatrendszer birtokló eszköz el akarja hagyni a PAN-t. Ebben az esetben, ha a felhasználó a távozása után továbbra is fenn akarja tartani a kapcsolatrendszert, akkor a MAIPAN-t a vezérlő alkalmazás segítségével utasíthatja, hogy helyezze át a kapcsolatrendszer vezérlését egy másik eszközre.

## Irodalom

- [1] Mark Weiser:  
„The Computer for the 21st Century”,  
Scientific American, September 1991.
- [2] Mark Weiser:  
„Some Computer Science Issues in  
Ubiquitous Computing”,  
Communications of the ACM, July 1993.
- [3] M. Satyanarayanan:  
„Pervasive Computing: Vision and Challenges”,  
IEEE Personal Communications, August 2001.
- [4] C. Mascolo, L. Capra, W. Emmerich:  
„Middleware for Mobile Computing (A Survey)”,  
In Advanced Lectures in Networking.  
Editors: E. Gregori, G. Anastasi, S. Basagni.  
Springer, LNCS 2497, 2002.
- [5] A. Pope:  
„The Corba Reference Guide: Understanding the  
Common Object Request Broker Architecture”,  
Addison-Wesley, Januar 1998.
- [6] P. Chandrasiri, O. Gurleyen, Y. Shahabi,  
C. Gehrman, A. Jonsson, M. Naslund:  
„Personal Security Domains”,  
Contribution to the 10th WWRF Meeting,  
New York, October 27-28, 2003.
- [7] D. Garlan, D. Siewiorek, A. Smailagic, P. Steenkiste:  
„Aura: Toward Distraction-Free Pervasive Computing”,  
IEEE Pervasive Computing, 2002.  
<http://www-2.cs.cmu.edu/aura/>
- [8] Gaia Project: „Active Spaces for  
Ubiquitous Computing”;  
<http://gaia.cs.uiuc.edu/index.html>
- [9] „MIT Project Oxygen”, Online Documentation,  
<http://oxygen.lcs.mit.edu/publications/Oxygen.pdf>
- [10] M. Esler, J. Hightower, T. Anderson, G. Borriello:  
Next Century Challenges:  
„Data-Centric Networking for Invisible Computing:  
The Portolano Project at the Univ. of Washington”,  
(MobiCom'99),  
<http://portolano.cs.washington.edu/proposal/>
- [11] R. Grimm, J. Davis, E. Lemar, A. MacBeth,  
S. Swanson, T. Anderson, B. Bershad, G. Borriello,  
S. Gribble, D. Wetherall:  
„System support for pervasive applications”,  
ACM Transactions on Computer Systems,  
22(4):421–486, November 2004.
- [12] A. Kameas, S. Bellis, I. Mavrommati, K. Delaney,  
M. Colley, A. Pounds-Cornish:  
„An Architecture that Treats Everyday Objects as  
Communicating Tangible Components”,  
in Proc. of the 1st IEEE Intern. Conf. on Pervasive  
Computing and Communications (PerCom'03),  
Fort Worth, Texas, USA, March 23-26, 2003., p.115.
- [13] 2WEAR project: „A Runtime for Adaptive and  
Extensible Wireless Wearables”;  
<http://2wear.ics.forth.gr>
- [14] CORTEX Project:  
„CO-operating Real-time sentient objects:  
architecture and EXperimental evaluation”;  
<http://cortex.di.fc.ul.pt/index.htm>
- [15] B. Brumitt, B. Meyers, J. Krumm, A. Kern, S. Shafer:  
„EasyLiving: Technologies for Intelligent Environments”  
in Proc. of Handheld and Ubiquitous Computing  
Symposium, (Bristol, England), 2000.
- [16] W. K. Edwards, M.W. Newman, J. Sedivy, T. Smith:  
„Challenge: Recombinant Computing and  
the Speakeasy Approach” (MobiCom'02),  
September 23-28, 2002., Atlanta, Georgia, USA.
- [17] R. Baratto, S. Potter, Gong Su, J. Nieh:  
„MobiDesk: Mobile Virtual Desktop Computing”,  
Proc. of the 10th Annual ACM Intern. Conf. on  
Mobile Computing and Networking (MobiCom'04),  
Philadelphia, PA, September 26-October 1, 2004.
- [18] Jonvik, T.E., Engelstad, P.E., Thanh, D.V.:  
„Building a Virtual Device on Personal Area Network”,  
Proc. of 2003 Intern. Conf. on Software,  
Telecom. and Computer Networks (SoftCom'03),  
Dubrovnik (Croatia) / Ancona, Venice (Italy),  
October 7-10, 2003.
- [19] Jonvik, T.E., Engelstad, P.E., Thanh, D.V.:  
„Dynamic PANBased Virtual Device”,  
Proc. of 2nd IASTED Int. Conf. on Communications,  
Internet and Information Technology (CIIT'2003),  
November 17-19, 2003.
- [20] M. A. Rónai, K. Fodor, G. Biczók, Z. Turányi, A. Valkó:  
„MAIPAN: Middleware for Application Interconnection  
in Personal Area Networks”,  
Poster at Mobiquitous 2005 Conference,  
San Diego, CA, USA, July 17-21, 2005.
- [21] Reakesh John:  
„UPnP, Jini and Salutation – A look at some popular  
coordination frameworks for future networked devices”,  
California Software Laboratories Inc.,  
Technical Report, June 17, 1999.
- [22] F. Zhu, M. Mutka, L. Ni:  
„Classification of Service Discovery in Pervasive  
Computing Environments” MSU-CSE-02-24,  
Michigan State University, EastLansing, 2002.
- [23] Kristóf Fodor:  
„Implementation of a Protocol Stack for  
Personal Area Networks”,  
diplomamunka, 2003. június
- [24] Fodor K., Kovács B.:  
„A Blown-up rendszer megvalósítása”,  
HTE-BME diákkonferencia, Budapest, 2003. május
- [25] Balázs Kovács:  
„Design and Implementation of Distributed  
Applications in Ad Hoc Network Environment”,  
diplomamunka, 2003. május
- [26] Biczók G., Fodor K., Kovács B., Szabó Á.:  
Pervasive computing – rejtett számítástechnika,  
Híradástechnika, 2003. március
- [27] Biczók G., Fodor K., Kovács B., Szabó Á.:  
„Blown-up rendszer tervezése és megvalósítása”,  
első helyezett TDK/OTDK dolgozat,  
Győr, 2002. november/2003. április