

# Szereporientált szenzorhálózati architektúra-modell

TÓTH ANDRÁS, VAJDA LÓRÁNT

*Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány – Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet  
{toth,vajda}@ikti.hu*

VAJDA FERENC

*BME Irányítástechnika és Informatika Tanszék  
vajda@iit.bme.hu*

*Kulcsszavak: szenzorhálózati modell, modularitás, szolgáltatásalapú architektúrák, tervezési modellek*

**Szenzorhálózatok nélkül a manapság megszokott környezeti szolgáltatások nem lennének képesek ellátni feladatukat. Egészségügyi, otthonápolási, közlekedési és sok más fontos terület használja fel ezeket a speciális hálózatokat és eszközöket az alkalmazásaik információinak gyűjtésére. A különböző rendszerek tervezése közben egyre nagyobb hangsúlyt kapnak azok a modellek, amelyek elősegítik a pontos és hatékony rendszerfejlesztést. Legfontosabb szemponttá vált az újrafelhasználhatóság és a tökéletes együttműködés biztosítása.**

**A következőkben egy olyan modell kerül bemutatásra, amely lehetővé teszi egy adaptív és autonóm szenzorhálózat tervezését.**

## 1. Bevezetés

Az élet sok területén fontos szerepet töltenek be azok az intelligens rendszerek, amelyek a környezet és az abban élők körülményeit feltérképezve valamilyen autonóm szolgáltatást nyújtanak. Manapság egyre elterjedtebbek a kényelmi és életvitelt segítő megoldások is. Egy dologban azonban minden hasonló rendszer megegyezik. Az érzékelők információira támaszkodva képesek a rendszer működtetésére. Az érzékelők, a rendszer számára képesek a környezeti fizikai vagy kémiai jelenségeket és paramétereiket értelmezhető, mért értékek formálni. Fontos, hogy a rendszerek együttműködését biztosítani tudjuk, ezáltal tovább növelve a hatékonyságot és bővíthetőségét a szolgáltatások lehetőségét.

## 2. Szenzorhálózatok

A szenzorhálózatok alkalmazásának előnye, hogy egy adott értéket nem csak egy szenzor méréseiből származtathatunk, hanem akár több helyről is következtethetünk rá. Ez a redundancia feleslegesnek tűnik első látásra, de nagyon jó lehetőséget adhat ellenőrzésre és pontosításra. A szenzorok, annak ellenére, hogy esetleg ugyanazt a jelenséget figyelik, különbözhetnek a pontosságukban és a mérési eredmény létrehozásának sebességében.

Abban az esetben, ha egy összetett jelenséget kell megfigyelni, az egyetlen működő megoldás, ha a mérhető részparamétereiket külön-külön gyűjtjük össze, majd e mérések részeredményeit kombinálva származtatjuk az összesített eredményt. A szenzorokról feltételezzük, hogy hálózatba vannak szerveződve, így a mért információk innen folyhatnak be. A szenzorhálózatokban az adatgyűjtő és adminisztrátor egységek vezetékes és vezeték nélküli módon csatlakozhatnak. A választott tech-

nológia a mérési környezet és a mérendő paramétereiktől függ. A vezeték nélküli technológiák fejlődésével egyre hatékonyabb és egyszerűbb megoldásként alkalmazhatóak a vezeték nélküli szenzorhálózatok.

### 2.1 Vezeték nélküli szenzorhálózatok

A vezeték nélküli szenzorhálózatok használatával lehetőség van arra, hogy olyan környezetekben is összetett szenzorhálózatokat telepítsenek, amelyekben nehézkes, vagy nagyon drága lenne vezetékes megoldást alkalmazni. Ha az érzékelő szenzorok mobilak a feldolgozó és összegző rendszerhez képest, akkor szintén az egyetlen megoldás a vezeték nélküli technológiák használata. Azonban ezek a megoldások további problémák felmerülésével is járnak. Hálózati szempontból gondot okoznak a folyamatosan változó dinamikus hálózati paraméterek, amelyek növelik a kommunikációhoz szükséges energiefelhasználást és feldolgozási időt. Ezek a hasonló hálózatok legfontosabb paramétereit jelentik. Biztonságkritikus rendszerek esetében ezek a problémák fokozottan figyelembe veendőek [8].

### 2.2 Általános felhasználási területek

A szenzorhálózatok felhasználása manapság rendkívül széleskörű. Kezdetben minden rendszernek megvoltak a saját szenzoregységei, akár több rendszer is saját szenzorral mérte ugyanazt a jelenséget. Egyre hatékonyabb megoldásokat alkalmazhatók a szenzoradatok összevonására és intelligens elosztására, a rájuk épülő szolgáltatásrendszerek között. Hasonló rendszerek vannak beépítés alatt több területen is, mint például az egészségügy, környezetvédelem, katasztrófák előrejelzése vagy katonai feladatok megbízható és hatékony megoldása.

### 2.3 Általános kritériumok

A hálózati architektúrák tervezési mintái egyre összetettebb matematikai modell alapján és egyre magasabb

szinten határozzák meg a követendő tervezési irányokat és a kötelező lépéseket. A modellek és tervezési minták azonban többnyire egy kritériumkör köré épülnek, amelyből a legtöbb tényezőt teljesíteni kívánják [3,4].

A mobilitás esetében feltételezhetjük, hogy a kapcsolat két egység között időlegesen tekinthető, például a mozgásból következő átrendeződés miatt.

A megfelelő kommunikációs sávszélesség biztosításához foglalkozni kell az elérhető csatornák osztályozásával. Azonban az, hogy az adott hálózati elem az adott esetben milyen szabad sávszélességgel rendelkezik a saját illetve a más szenzorok adatainak továbbításához, nagyban függ az elhelyezkedésétől is. Egy kisebb sávszélességű technológiával rendelkező egység adott esetben felülmúlhatja a sokszorosan gyorsabb kommunikációs csatornákat bíró modulokat is. A kommunikációhoz megfelelő sávszélesség biztosítása mellett fontos kritérium az alacsony energiafogyasztás, hálózati és egyéni szinten is. A kritériumoknak megfelelő rendszerkialakítás során az optimális döntések egyik legfontosabb befolyásoló tényezője az energiatakarékosság.

Korábban már említésre került az előfeldolgozás, mint kritérium a hálózat alacsonyabb rétegeivel szemben. Egyszerűbb és a komplexebb környezet esetében is a szenzoradatok továbbítása szolgáltatja a legnagyobb forgalmat a kommunikációs csatornákon. Ennek csökkentésére jelent megoldást az előfeldolgozási szerepek kialakítása a szenzoregységekben.

A hálózatot üzemeltető folyamatok számára rendkívül fontos, hogy ne csak a kezdő egységkészlettel legyen képes együttműködni, hanem egyszerűen illeszthetőek legyen új egységek is (kompatibilitás).

A biztonság több szempontból is fontos kritérium a rendszer számára. Egyrészt gondoskodnunk kell a gyűjtött adatok veszteségmentes továbbításáról, valamint az adatlopás elkerülhetőségéről [8].

## 2.4 Architektúratervezési trendek

Az architektúratervezési folyamatok mindig valamilyen, a szenzorhálózattal kapcsolatban alkalmazott szemléletmódon alapulnak. A kezdeti tervezési struktúrák főleg a szenzorhálózat és annak konkrét alkalmazási területének kritériumait tekintették a modellt befolyásoló tényezőknek. A korszerűbb rendszerek modelljének megalkotása során már az informatika vagy rendszermatematika más területein alkalmazott modellek elméleteit is beépítik a hatékony és sikeres konstrukciók felépítésébe.

A kezdeti rendszerek esetében az elméleti megoldások megvalósításának egyik befolyásoló tényezője a hardveres korlátok voltak. Ezekben az esetekben egy teljesen központosított rendszerről beszélhettünk. Az egységek egy egyszerűsített formában kerültek felhasználásra.

A technológia fejlettsége és a tömeggyártás miatt bekövetkező árcsökkenés miatt a későbbiekben lehetőség nyílt arra, hogy az olcsóbb és széles körben alkalmazott szenzorok mellé is kerülhessen egy alapfeldolgozó munkaegység. Ennek alapján az érzékelők is egy alap-intelligenciával párosultak. Ezek az egységek még nem voltak képesek önálló gondolkodásra, önálló

adatfeldolgozásra vagy magasabb intelligencia szinthez tartozó funkcióra. A hálózatokba már beépítésre kerül az adatbiztonsági protokollok egy alapvető szintje, és az intelligenciát a megbízhatóság és a pontosság növelésére fordították.

A mai vezeték nélküli szenzorhálózatokban a korábban már említett energiafogyasztás nagy részét a kommunikációs üzenetek elküldése adja, így az egyik leghatékonyabb módszer az energiahatékonyság növelésére a kommunikációs üzenetek csökkentése. Az átküldött adatok mennyisége előfeldolgozás és szűrés során csökkenthető. Így csökkenthető az egy információs bitre jutó energiaköltség értéke is.

Az alkalmazásgyártók manapság egyre inkább építenek az egységekben található és használható intelligenciára. Ezáltal a rendszerbe újabb komplexitás lép be, amely az egyes rendszerek együttműködésének és vezérlésének megoldásához szükséges.

Két fő irányvonal indult el ezeken az alapokon. Az egyik elképzelés szerint a rendszert egy központ irányítja és adminisztrálja. Ezt már nem közvetlenül teszi, hanem a hálózatban szereplő egységeket az utasításokkal vezérli a megfelelő munka elvégzésére és a megfelelő adatok szolgáltatására. A másik nézet esetében az egyes szenzorok már bizonyos mértékű intelligenciával rendelkeznek. Ekkor szintén van egy központi egység, de ennek feladata csak a monitorozás, valamint felügyelet és működési feladatok kiosztása. Itt már a vezérlő nem irányítja a hálózatban végrehajtandó műveleteket, hanem csak figyel és segíti azt. Ebben az esetben az egységeknek átadott ellenőrzött autonómia segítségével nagyfokú hatékonyságnövekedés érhető el mind a működésbiztonság, mind az energiatakarékosság területén [4,5].

## 3. Szolgáltatásorientált architektúrák

A szolgáltatásorientált architektúrákra jellemző, hogy a hálózatot az aktuális feladatnak megfelelően szervezik át. Az egyes egységek által ellátott szolgáltatás szabadon változhat, eltekintve néhány hardveres okokból eredő korlátozástól. Ebben az esetben hatékonyabb erőforrásfelhasználást lehet elérni ugyanazon működési költség mellett.

Az alapelvek az informatika több területén széles körben elterjedtek már. A nagyobb komplexitás és a számítási erőforrások biztosításával képessé válik a hálózat arra, hogy a struktúrából és hardverből adódó inhomogenitást a rendszer egyre alacsonyabb szintjétől egységesíthessük. Ezáltal egyre nagyobb mértékben jelenik meg az általánosítás igénye, így a szintek tervezési menete felgyorsulhat, áttekinthetőbbé válhat. Másik fontos előnye az újrafelhasználhatóság és kompatibilitás biztosítása, amely lehetővé teszi a szélesebb körű alkalmazást.

### 3.1 Adatbázis-alapú megoldások

Az adatbázis-alapú megoldások a szenzorhálózatokban olyan igényvezérelt architektúra kiépítését teszik lehetővé, ahol a szenzorhálózat úgy tekinthető a felsőbb

rétegek felől, mint egy adattár. A már jól bevált lekérdezői nyelvek segítségével határozhatóak meg az igényelt információk.

Az irányelv sokkal egyszerűbbnek tűnik, mint korábbi társai, amelyek esetében az egyes szenzorok és a hálózati felépítés egy adott adatszolgáltatási mechanizmus-hoz lett illesztve. Ez a hatékonyság növekedés viszont ebben az esetben is áldozattal jár, hiszen a vezérlés mindig egy adott központból történik, ahol egy összetett leíró nyelv segítségével az egyes lekérdezések a megfelelő vezérlő és adminisztrátori feladatokra fordítódik le. A legtöbb esetben a központnak folyamatos képpel kell rendelkeznie arról, hogy az adott feladatra hol és milyen egységek képesek. A szenzorhálózatokra az elosztott rendszerek korlátai és törvényszerűségei alkalmazhatóak. Feltételeznünk kell, hogy egy egység sem rendelkezik valósidejű átfogó információkkal az egész architektúráról.

**3.2 Feladatorientált megoldások**

Hasonlóan az adatbázis alapú megoldásokhoz ezekben a hálózatokban is dinamikus feladatkiosztás történik. Fő előnye a rendszernek, hogy képes egy adott hálózatban helyfüggő feladatok kiosztására. Azonban az irodalomban található rendszerek többsége közel egyforma tulajdonságokkal és erőforrásokkal rendelkező egységekre épít. Sajnos ez egy átlátszó, elosztott rendszerben nagyon nehezen teljesíthető kritérium [6].

**3.3 Szolgáltatás-alapú megoldások**

Szolgáltatás-alapú megoldások egyik fontos előnye a korábban említett tervezési szemléletmódokkal szemben az önálló és külső irányítórendszerek együttese [1,2]. Azonban azt, hogy a belső szolgáltatások, milyen módon építik fel a végső eredményt, arról az egyes egységek klaszterekben (összerendelt csoportokban) vagy önállóan döntenek.

Ez a struktúra hatékonyabb dinamikus architektúra esetén. A struktúra változására nem egy központon keresztül reagál a rendszer, hanem a belső információkon keresztül képes az esetleges változásokra választ adni. Az információk egységes értelmezhetősége egy átlátszó elosztott formába öntött hálózatban rendkívül nehézkes. Szükség lehet vezérlő, mérési vagy más jellegű üzenetek esetében is az egyes modulok közt egy köztes forma alkalmazása. Erre egy jó megoldás a WSDL nyelv [2], azonban egy szenzorhálózati alkalmazásban ennek az erőforrásigénye túl nagy az ellátandó feladatokhoz képest. A rendszer kis hálózatok tervezése esetében nehezen alkalmazható.

A szolgáltatás-alapú hálózatok esetében is folyamatosan karban kell tartani azt, hogy az egyes szolgáltatások melyik egységnél elérhetőek. A rendszer képes arra, hogy szükségtelen szolgáltatásokat allassa, majd felélessze, ha szükség van rá [6,7].

**3.4 Szerep-alapú megoldások**

Az általunk elkészített szerep-alapú szenzorhálózat tervezési modell alapja mindenképpen a szolgáltatás-alapú irányvonal dinamikus modellje. Azonban a fő különbség az a nézőpont, amely a rendszert, mint feladatokat megoldani képes egységek hálózatának tekinti. Így a szolgáltatás-alapú tervezéshez hasonlóan az egyes egységek gondoskodnak a saját feladataik ellátásáról. A klaszterek vezetői, valamint a hálózat vezérlője csak felügyeleti, javítási és feladatvégrehajtási jogkörrel rendelkezik. A hálózat működése érdekében szükség van több adminisztrációs feladat megoldására, amelyek nem csak a hálózat számára kirótt feladatkör része, hanem a hálózat belső folyamatainak vezérléséhez szükséges [7]. Minden ilyen feladat egy szempontból egy viselkedési formának felel meg a hálózatban. Az egy viselkedési formába csomagolt elvégzendő műveleteket együttes néven szerepköröknek neveztem el. A szerepek jelenléte a hálózatban képes biztosítani a hálózat működését és a rajta végrehajtandó feladatok elvégzését.

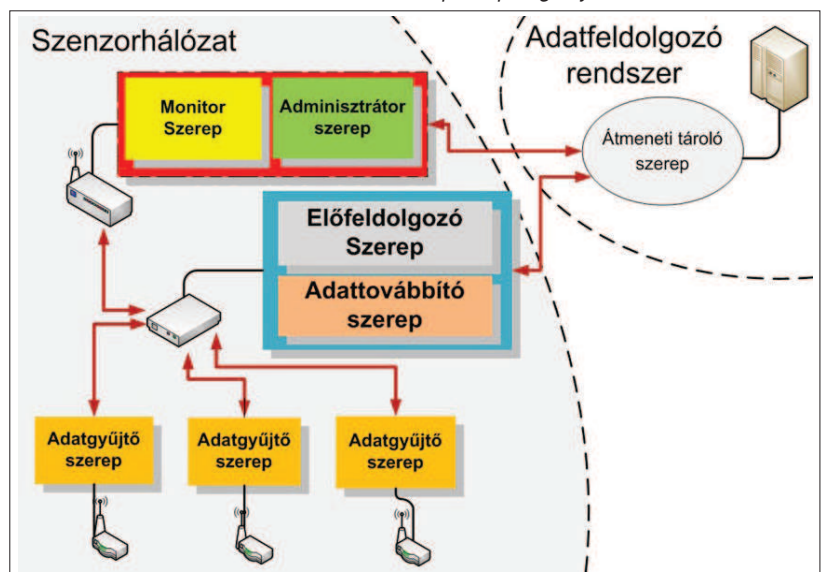
A rendszer csak az alapvető, úgynevezett mag-szerepeket és azoknak is csak a mag-folyamatait definiálja fixen, amely egy alapbiztonságot szolgáltat (1. ábra). Azonban az általános interfészek segítségével lehetővé válik, hogy a rendszer egy adott környezethez és feladathoz igazíthassák az aktuális körülményeknek megfelelő szerepkör-feladatokkal.

A korábban bemutatott tervezési elveken kívül még további rendszertervezési elméletek is használatosak, amelyek legfőképpen egy speciális feladatra vagy speciális mérési eljárásra épülnek, ezáltal korlátozva a modell használhatóságát általános esetekben.

**4. Szerep-alapú architektúramodell**

A szerep-architektúra egyik legfőbb előnye, hogy az elosztott számítógépes architektúrákban megszokott dinamizmust képesek kölcsönözni a szenzorhálózatok szá-

1. ábra Szerep-alapú igényvezérelt architektúra



mára. Azonban ez az előny másfelől feladatokkal is jár. Ha túl mélyen szeretnénk általánosítani a rendszert és magát a szenzorhálózatot szeretnénk adaptívá és átlátzóvá tenni, akkor elveszíthetjük a skálázhatóság és a modularitás előnyét. Így a mintaként használt elméleti rendszerek követelményeit a szenzorhálózatokra jellemző tulajdonságok és elvárt kritériumok alapján korlátozzuk, hogy egy optimális kompromisszumot találjunk a tervezés során.

#### 4.1 Alapvető problémák

A szenzorhálózat egységei mind lazán csatolt rendszerben illeszkednek a többi egységhez. Egyik egység sem lát valós idejű teljes képet a rendszerről. Természetesen az adminisztrátor és megfigyelő folyamatok, ha időben eltolva is, de közel teljes képet látnak egy elmúlt idő intervallumról. Így az egységek a következőket nem tudják teljesen pontosan magukról:

- Pontos elhelyezkedést a hálózatban az adatgyűjtő hálózathoz képest.
- Nem minden egység tudja a fizikai pozícióját a térben.
- Nem tudják, hogy egy korábban együttműködő egység, nem aludt-e el, vagy nem ment-e tönkre.

Azonban az egységek képesek felmérni azt, hogy ők milyen kérésnek tudnak eleget tenni. Az ellátható feladatok listáját, vagy a szabad erőforrás lehetőségeit a rendszerbe való belépésekor a környezetüknek jelzik. Ha az elvállalt feladatai az erőforrások korlátait eléri, akkor dönthet az adott szerep feladásáról. Erről a közelben lévő adminisztrátor egység is dönthet egy objektív pontozási rendszeren keresztül. Ehhez azonban a terhelhetőség és a terheltséget pontozó egységeknek ezt a pontozást közel valós időben kell elvégezniük.

#### 4.2 Architektúra-modell

A szerepkörök egy szenzorhálózat adaptív és autonóm működtethetőségéhez szükséges feladatokat ellátását biztosító folyamat modulok. Az egyes szerepkörök és a bennük meghatározott feladatok funkcionális partícionálás alapján kerültek egy adott csoportba (2. ábra).

- **Adatgyűjtő szerepkör:**  
A legalapvetőbb szenzor- és érzékelő funkciókat képes ellátni. Mérési eredmények gyűjtésére és konvertálására képes.
- **Adattovábbító szerepkör:**  
Feladata csupán csak annyi, hogy a megkapott adatokat egy olyan csomópont felé küldje, ahol azok feldolgozásra kerülnek majd. Ezek lehetnek az érzékelt adatok, mérési eredmények vagy akár vezérlő információk is.
- **Előfeldolgozó szerepkör:**  
Képes az adatokat lokálisan feldolgozni és szűrni a hálózati kommunikáció csökkentése érdekében. A feldolgozási lépés csak akkor lehetséges, ha rendelkezik a megfelelő paraméterekkel, különben a beérkezett adatokat továbbküldi.
- **Adatmentő szerepkör:**  
A szenzorhálózatokban gyakori, hogy a küldő és

a cél egység között nincsen folyamatos kapcsolat vagy nem érhető el olyan sávszélességű kapcsolat, amely szükséges a küldéshez. Ekkor az adatmentő egység képes egy átmeneti tárolóba menteni az aktuális adatokat.

- **Adtafeldolgozó szerepkör:**

Tipikusan azoknak a csatolópontra egységeknek szánt szerep, amely a szenzorhálózatot a végső feldolgozó rendszerbe csatolja.

- **Monitor szerepkör:**

Olyan egység a hálózatban, amelyek a saját környezetüket klaszterekben szervezve képes terhelés és jelenlét szinten monitorozni. Ezeket az információkat, mint a gyűjtött szenzoradatokat egyszerűsített formában a feldolgozó rendszer egyik monitor-funkciója felé továbbítják.

- **Adminisztrációs szolgáltatáskör:**

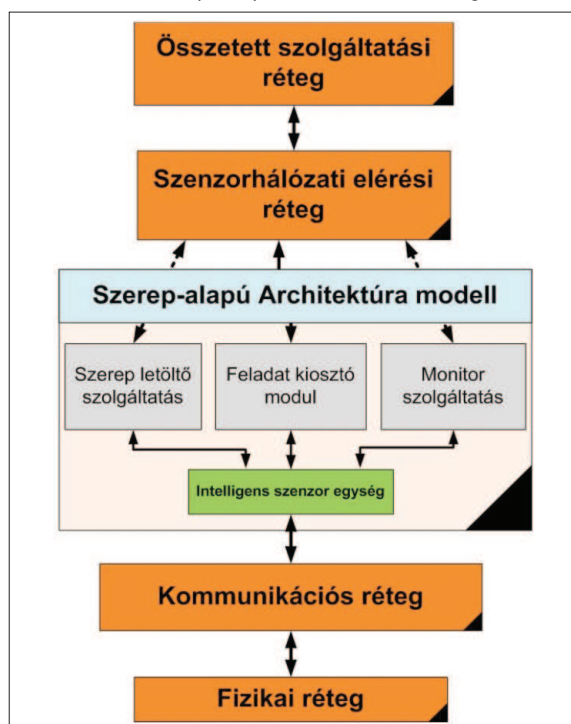
Ide tartoznak azok a feladatok, amelyek a többi szerep és a modulok illeszthetőségét biztosítják, lehetővé teszik a hatékony kommunikációt, az egységek szinkronizációját és felügyeletét.

Az itt bemutatott szerepkörök és feladatok, csak egy alapot adnak a modell alapján tervezett konkrét megoldásnak, azonban a tervezőnek ezen kívül több lehetősége nyílik saját szerepek illesztésére a rendszerhez. A rendszer egységei képesek a szerepek dinamikus felvételére akár a rendszer működése közben is.

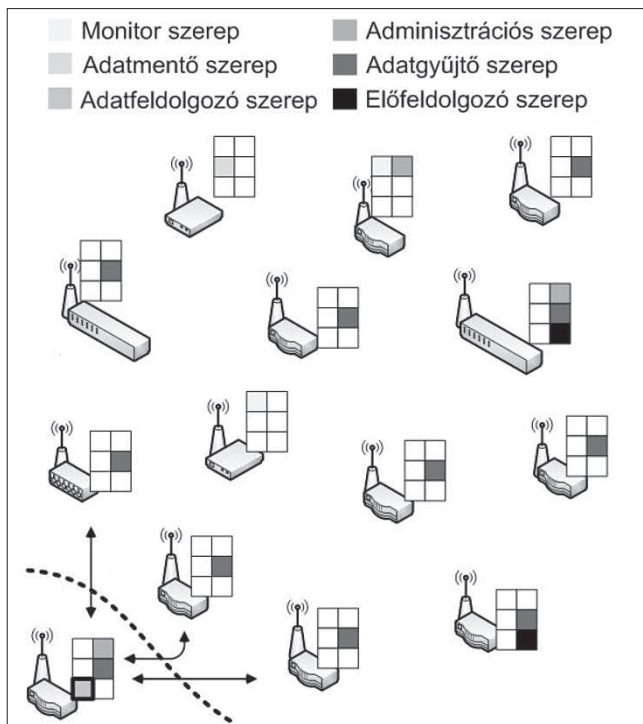
#### 4.3 A speciális architektúra előnyei

A speciális architektúra nagy előnye a korábban bemutatott rendszerekkel szemben, hogy a szenzorhálózat a feladatait önmaga adaptív módon képes ellátni. A szerepek alapesetben szabadon vállalhatóak a rendszerben. Ha nincs rájuk szükség, akkor az adott szerepet, vagy átvitt

2. ábra Szerep-alapú architektúra rétegződés







3. ábra Mintaelrendezés szerepkör-alapú hálózatokban

értelemben szolgáltatást egyszerűen ki lehet kapcsolni, vagy el lehet tolni a feldolgozó hálózat felé, ahol megfelelő erőforrástámogatás van a szenzorhálózattal ellentétben.

Az új egységek illesztése a rendszerhez egyszerű és könnyen megoldható. Az együttműködés két hasonló modell alapján fejlesztett rendszer esetében vagy egy más szemléletmóddal készített rendszer esetében is megoldható. A modell képes nagy kiterjedésű elosztott szenzorhálózatot kezelni, azonban a szerepek eltolásával és mellőzésével kis és egészen speciális hálózatok is realizálhatók.

## 5. Továbbfejlesztési irányok

Az architektúramodell tervezésénél rendkívül sok paraméter pontos meghatározása szükséges. Ilyenek például a szerepkörök cseréjéhez szükséges pontozási rendszer kritériumainak és változtató tényezőinek pontos összefoglalása és azok hatásának vizsgálata. Az egyes egységek paraméter-hatókörének megállapítása is fontos a hatékony és megbízható működés kialakításához.

A jövőben a modell alapján több olyan applikációt szeretnék implementálni, amely esetében a paraméterek és az alkalmazni kívánt algoritmusok hatása könnyen mérhető és igazolható.

### A szerzőkről



**TÓTH ANDRÁS** 2008-ban végzett és szerzett MSc diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatika karán, műszaki informatikusként. Ugyanebben az évben kezdte ugyancsak a BME doktori iskolájában PhD tanulmányait, intelligens rendszerek témában. 2008-tól ösztöndíjas kutató a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány (BZAKA) Ipari Kommunikációs Technológiai Intézetében (IKTI). Főbb kutatási területei az orvosi mérés-technikai rendszerek, in-

telligens betegfelügyelet és szenzorhálózati technológiák. A doktori tanulmányok közben, a BME-n és a BZAKA-ban is több nemzetközi és nemzeti együttműködésben is részt vett.



**VAJDA LÓRÁNT** 2000-ben végzett és szerzett MSc diplomát a Temesvári Műszaki Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai karán. Ugyanebben az évben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi (BME) egyetemen végezte el a doktori (PhD) iskolát. 2003-ban vendégkutatóként dolgozott a koreai KETI intézetben, Szöulban. 2005-2011-ig a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány (BZAKA) Ipari Kommunikációs Technológiai Intézetében (IKTI) kutatói állást töltött be. Jelenleg a BME Egészségügyi Mérnöki Tudásközpont (BME-EMT) munkatársa. Főbb kutatási területei az otthonfelügyeleti rendszerek és szenzorhálózatok. Úgy a BME, mint a BZAKA berkein belül több nemzeti és nemzetközi együttműködésben is részt vett.



**VAJDA FERENC** 1998-ban szerzett villamosmérnöki és 2001-ben orvosbiológiai mérnöki diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. PhD fokozatát ugyanitt szerezte meg 2006-ban. Jelenleg docensként dolgozik az egyetem Irányítástechnika és Informatika Tanszékén. Kutatási területe elsősorban az ember-gép interakció, virtuálisvalóság-rendszerek és az AAL kérdésköréhez kapcsolódó kép- és jelfeldolgozás.

### Irodalom

- [1] C. Lombriser, R. Marin-Perianu, D. Roggen, P. Havinga, G. Tröster, Modeling Service-Oriented Context Processing in Dynamic Body Area Networks, IEEE Journal, Vol. 27, No. 1, January 2009.
- [2] V. Casola, A. Gaglione, A. Mazzeo, SeNSIM-Web: a Service Based Architecture for Sensor Networks Integration, IEEE, 2009.
- [3] Jiong Jin, Wei-Hua Wang, Marimuthu Palaniswami, Application-Oriented Flow Control for Wireless Sensor Networks, 3rd Int. Conference on Networking and Services, 2007.
- [4] S. Han, R. Rengaswamy, R.S. Shea, E. Kohler, M.B. Srivastava, A Dynamic Operating System for Sensor Nodes, In: 3rd International Conference on Mobile Systems, Applications and Services, June 2005.
- [5] E. Bergstrom, R. Pandey, Composing  $\mu$ SIC: A Lightweight Service Model for Wireless Sensor Networks, International Conference on Sensor Technologies and Applications, 2007.
- [6] M. Kushwaha, I. Amundson, X. Koutsoukos, S. Neema, J. Sztipanovits, OASiS: A Programming Framework for Service-Oriented Sensor Networks, IEEE, 2007.
- [7] Yuebin B., Haixing J., Qingmian H., Jun H., Depei Q., MidCASE: A Service Oriented Middleware Enabling Context Awareness for Smart Environment, International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering, 2007.
- [8] V. Foo Siang Fook, J. Maniyeri, A. Phyo Wai, Pham Viet Thang, Jit Biswas, Service Oriented Architecture for Patient Monitoring Application, IEEE Int. Conference on Industrial Informatics, 2006.