

Vezeték nélküli szenzorhálózatok szimulátorai és összehasonlító elemzésük

ZAVARKÓ Richárd, RADVÁNYI Tibor, BIRÓ Csaba

Eszterházy Károly Főiskola

H-3300, Eger, Eszterházy tér 1.

Telefon: +36/36-520-400

Honlap: matinf.ektf.hu

Absztrakt

A vezeték nélküli szenzorhálózatok nagyszámú, elsősorban olcsó szenzorokból állnak (pl. MICAz), amelyek feladatukat (katonai célok, környezeti felügyelet, stb.) elosztott környezetben hajtják végre. Gyakran előforduló probléma, hogy egy adott terület nem teszi lehetővé, hogy a szenzorokat előre meghatározott pozíciókba helyezzük el és a méréseket egy központi eszközzel végezzük. A szenzorok a hálózat csomópontjainak tekinthetők, képesek korlátozott mennyiségű információ feldolgozására, továbbá vezeték nélküli kommunikációra. Jelentős erővel folynak a kutatások a szenzorok elhelyezésének optimalizálására a hatékonyabb energiafelhasználás és kommunikáció érdekében. Hardveres és szoftveres korlátokkal is meg kell küzdenie a hálózatnak, mint például akkumulátor élettartam, utántöltés, energia felhasználás problémája, költséghatékony hardver, gyors működés, illetve integrálhatóság más technológiákkal. Cikkünkben összehasonlítjuk és elemezzük a különböző, elsősorban OMNet++ alapú szimulátorokat.

Kulcsszavak: vezeték nélküli szenzorhálózat, OMNet++, Ns-2, Ptolemy II., Castalia, MiXiM, TOSSIM, WSNet

Munkánk a *FutureRFID – Az RFID/NFC technológia továbbfejlesztési lehetőségei az “Internet of Things” koncepciói mentén* TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0014 pályázat keretében készült az Eszterházy Károly Főiskola Matematikai és Informatikai Intézetében.

Bevezetés

Az alacsony előállítási költségű, kisméretű és alacsony energiafelhasználású mikroelektronikus és elektromechanikus eszközök (Micro-Electro-Mechanical-Systems – MEMS) rohamos fejlődésének köszönhetően mára akár egy több ezer szenzorból álló vezeték nélküli szenzorhálózat (Wireless Sensor Networks – WSN) is könnyen és olcsón telepíthető, akár olyan helyeken is, amelyek nehezen megközelíthetők. Ezen hálózatok a szeizmikus tevékenységektől kezdve az akusztikus és radarjelek monitorozásán túl számos területen alkalmazhatóak. A szenzorok a hálózat csomópontjainak tekinthetők, elsődleges szerepük az érzékelés, de képesek korlátozott mennyiségű információ feldolgozására, továbbá vezeték nélküli kommunikációra is. Mára a vezeték nélküli szenzorhálózatok szerves részét képezik az utasítás (command), irányítás (control), kommunikáció (communication), számítástechnika (computing), intelligens (intelligence), felügyelet (surveillance), felderítés (reconnaissance) és célpontbemérés (targetting) eredeti rövidítésén C4ISRT rendszereknek [1, 2].

Szenzorok

Az elmúlt néhány évtizedben az érzékelők a kommunikációs eszközök alapvető összetevőivé váltak. A szenzor olyan eszköz, amely egy fizikai mennyiséget (*pl. hőmérséklet, távolság, nyomás*) a vezérlés- és szabályozástechnikában jobban felhasználható, jobban kiértékelhető (*általában elektromos*) jellé alakít át.

Több mérő és kiértékelő komponensből álló rendszer esetében szenzorrendszerről, míg egy eszközbe épített többféle (*hőmérséklet, páratartalom, gyorsulás, stb.*) szenzor esetében multi-szenzorrendszerről beszélünk. Itt az egyes komponensek általában moduláris felépítésűek. Az RFID technológia dinamikus fejlődésének köszönhetően ezen a szenzorok integrálhatóak RFID tag-ekkel, és számos területen felhasználhatók, mint például ellátási lánc (*pl. fagyasztott termékek nyomon követése*), környezet felügyelete (*erdőtüzek észlelése*), automatikus elektronikai rendszerek, telemedicina, stb [4].

Szenzorhálózatok és RFID rendszerek

A szenzorhálózat fogalma alatt mi elsősorban, egy nagyszámú szenzor tag-eket tartalmazó vezeték nélküli hálózatot értünk, ahol fontos paraméter, hogy a szenzorok rendkívül sűrűn vannak kihelyezve az adott jelenség közvetlen körzetében. Szenzorok elhelyezése történhet a determinisztikustól a teljesen véletlenszerűig. A szenzorok végleges pozíciója nagymértékben

függ az adott terület vagy épület tulajdonságaitól, többek között a tervezett telepítési helyek megközelíthetőségétől.

Determinisztikus telepítés esetében a szenzorok a környezeti paraméterek, az alkalmazási terület figyelembevételével előre megtervezett helyekre kerülnek elhelyezésre. Ebben az esetben az eszközök elhelyezése és a kommunikációs topológia előre megtervezett. A szenzorok itt előre meghatározott időközökben továbbítják az érzékelt jelenséget a központi csomópont felé, a központi csomóponthoz, ahol a számítások végződnek és a begyűjtött, érzékelt adatok feldolgozásra kerülnek.

Véletlenszerű (*pl. repülőgépből történő*) telepítés esetén a szenzorok végleges pozíciója előre nem ismert. Ez azt jelenti, hogy a szenzorhálózatot leíró protolloknak és algoritmusoknak önszervezőnek kell lenniük. A szenzorhálózatok jellegéből adódóan egy normál hálózathoz képest számos előre nem detektálható és tervezhető eseményre is fel kell készülni.

Az RFID rendszereket arra tervezték, hogy rádiófrekvenciás elektromágneses tereken keresztül képesek legyenek különböző objektumok (*tárgyak, élőlények*) detektálásra, automatikus azonosítására, nyomon követésére és a tag-ekről szerzett információk biztonságos tárolására és továbbítására. Napjainkban már a legelterjedtebb műszaki rendszerek közé sorolható technológia, amely alapvetően három fő komponensből áll: címkék (*adathordozók*), olvasók/írók és a kommunikációs eszközök. Népszerűségét széleskörű alkalmazhatóságának és viszonylagosan alacsony megvalósítási költségeinek köszönheti [5,6].

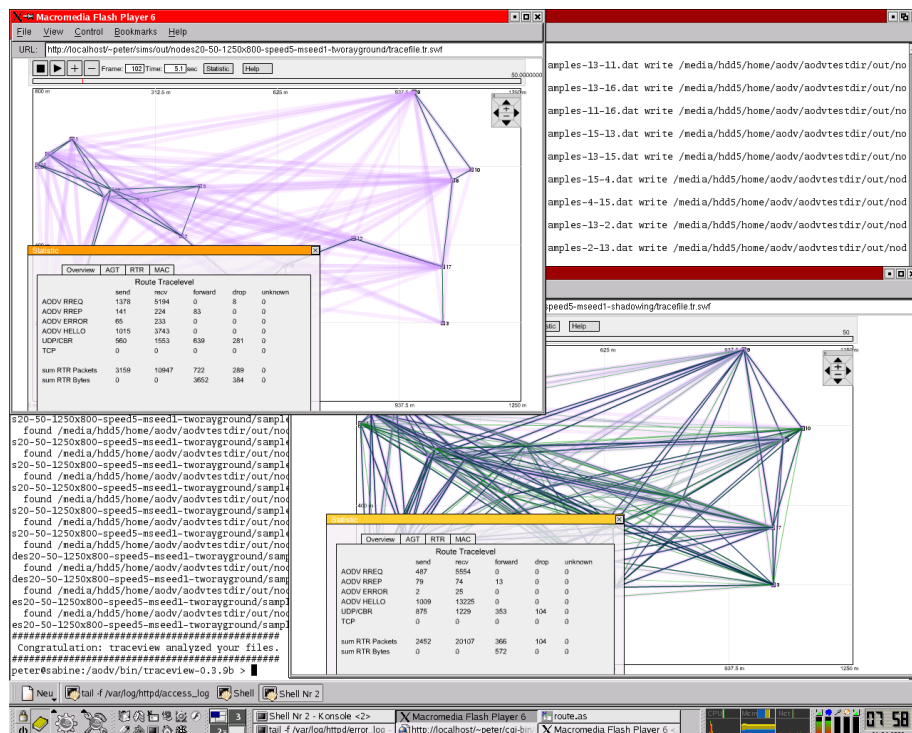
Szimulátorok

Cikkünkben elsődleges célunk, hogy bemutassunk néhány, a vezetékek nélküli szenzorhálózatok szimulálására alkalmas rendszert. Általánosan elmondható, hogy ezen rendszerek többsége nyílt forráskódú és szabadon használhatóak kutatási célokra és rendelkeznek grafikus felülettel. Egy adott feladatra azonban megtalálni a megfelelő szimulátor már nem könnyű feladat. A problémakör nehézségét és összetettségét mutatja, hogy nincs egy olyan általános célú keretrendszer, amely használható lenne egy tetszőleges szenzorhálózat tervezésre, elemzésre, optimalizálásra. Szimulátorok többsége általában az NS-2, OMNet++ és Ptolemy II keretrendszerekre épülnek.[8]

Keretrendszer

NS-2

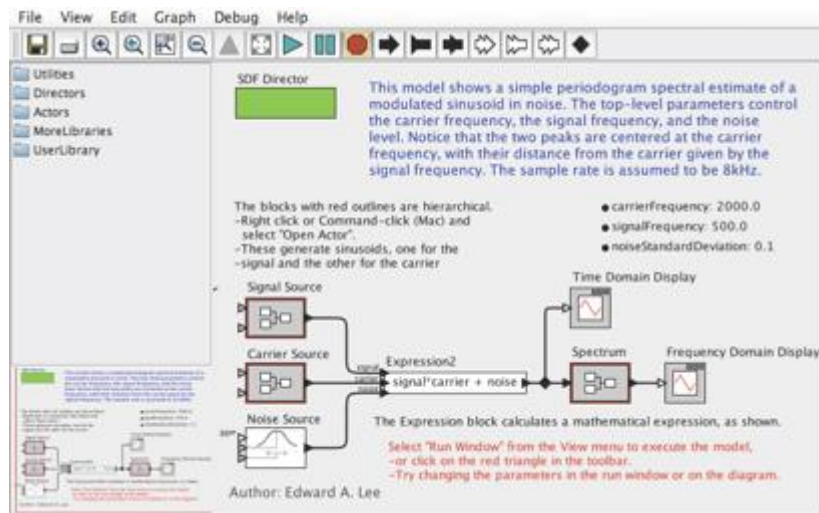
Az NS-2 [10,12] egy általános célú szimulátor, elsősorban átvitelvezérlő protokollok (*útvonalválasztás és multicasting*) modellezésére tervezték. Alkalmas, mind vezetékes, mind vezeték nélküli hálózatok vizsgálatára. Fontos megjegyeznünk, hogy ad-hoc protokollok modellezésre, ezen keretrendszerre épülő szimulátorok (Mannasim [9], NRL Sensorsim [11]) esetében nincs támogatás.



NS-2 - Forrás: <http://peter.liscovius.de/ns2/>

Ptolemy II.

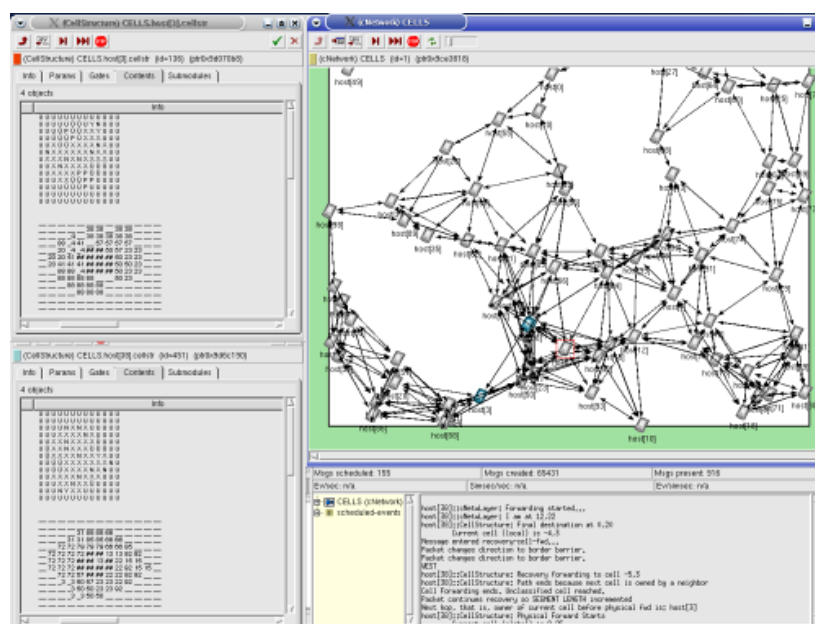
A Ptolemy II. [13] egy szereplő-orientált tervezési mintán alapuló nyílt forráskódú keretrendszer. Ezen szemlélet értelmében a szoftverkomponensek olyan elemek (szereplők - actors), amelyek kapcsolatban állnak ez egész rendszerrel, aktívan kommunikálnak, funkciókat indítanak el, vagy hajtanak végre. A modell tulajdonképpen a szereplők hierarchikus kapcsolatát definiálja. Erre a keretrendszere épülő szimulátorok (Viptos [14], VisualSense [15]) támogatják a hálózati folyamatok, diszkrét események, szinkron és reaktív alapú modellek 3D vizualizálását.



Ptolemy II. Forrás <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/>

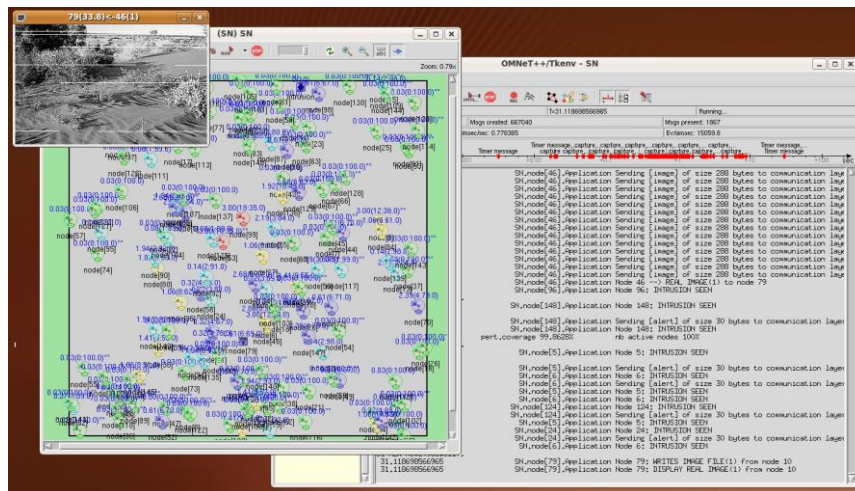
OMNet++

Az OMNet++ [16] egy bővíthető, moduláris felépítésű, C++ alapú esemény vezérelt keretrendszer. Széleskörű támogatást nyújt, mind vezetékes, mind vezeték nélküli hálózatok szimulációjára. A keretrendszer számos komponenst biztosít a különböző hálózati típusok modellezésre és elemzésre, többek között alkalmas ad-hoc vezeték nélküli hálózatok vizsgálatára is. A grafikus felületnek és a valós idejű szimulációknak köszönhetően a vizsgált folyamatok azok folyamatában megtekinthetők és a különböző paramétereik az eredmények tükrében interaktív módon változtathatóak.

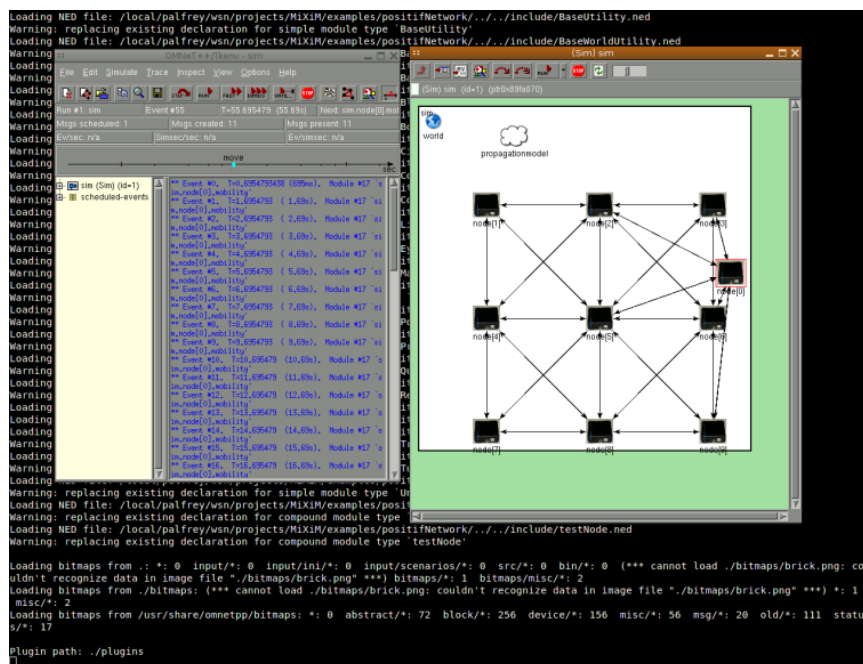


OMNet ++ Forrás: www2.cs.uni-paderborn.de

Castalia [17] és Mixim [18] a két legelterjedtebb az OMNet++-ra épült open-source keretrendszer, amely támogatja a WSN szimulációkat.



Castalia Forrás: web.univ-pau.fr



MiXiM Forrás: mixim.sourceforge.net

Egyéb az OMNet++ re épülő szimulátorok:

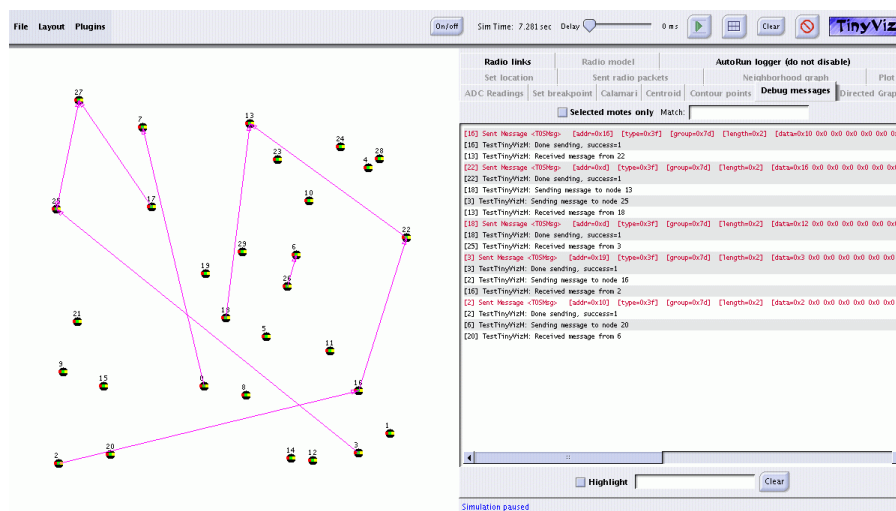
- Mobility Framework – mobil és vezeték nélküli szimulációkhoz;
- INET framework – vezetékes és vezeték nélküli TCP/IP alapú szimulációkhoz;
- OverSim - peer-to peer kommunikációk szimulálására (INET alapú);
- NesCT - TinyOS alapú szimulációkhoz;
- CDNSim - elosztott hálózatok szimulálására;

- X-Simulator - protokollok szinkronizációjának tesztelésére;

Egyéb szimulátorok

TOSSIM

A TOSSIM [19] elsődlegesen diszkrét események szimulálására alkalmas TinyOS alapú szenzorhálózatokban. A valós környezet nem modellezhető, de képes bizonyos események előfordulási valószínűségeit definiálni (Pl. két csomópont közötti átviteli hibák bekövetkezési valószínűsége).



TOSSIM Forrás: www.tinyos.net

WMNet

A WMNet [20] egy emulátor orientált környezet, amely vezeték nélküli hálózatok performance vizsgálatára (energiafogyasztás, átlagos válaszidő) van optimalizálva.

WSNet

A WSNet [21] egy olyan esemény vezérelt szimulátor (elsődlegesen vezeték nélküli hálózatokhoz), amely lehetőséget biztosít szenzorhálózatok és környezeti szimulációkhoz.

A WSNet-ben a szimulált szenzor csoportok úgy épülnek fel, mint egy tetszőlegesen összeállított tömb, amelyek egy hardver elemet, vagy egy szoftver elemet vagy egy viselkedési formát, erőforrást reprezentálnak.

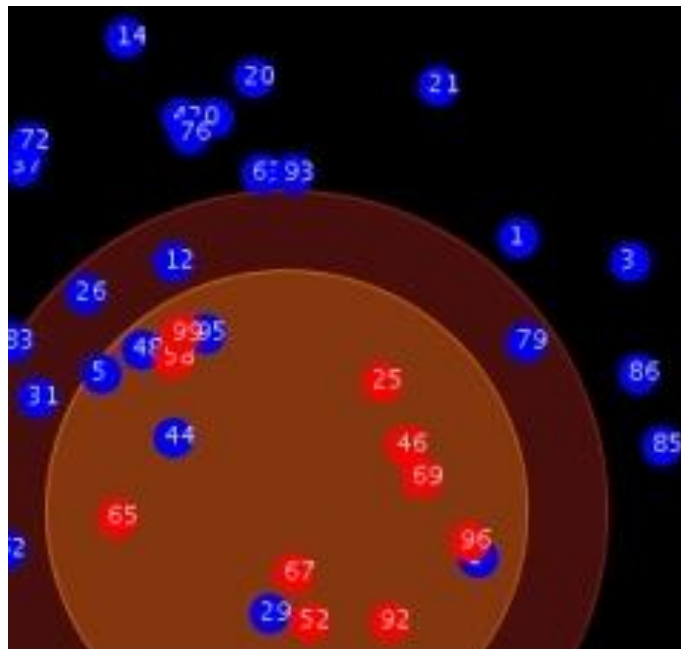
Ezeket a tömböket / blokkokat a következő viselkedési formákkal vagy elemekkel lehet modellezni:

- mobilitás,
- energiaforrás,
- alkalmazás,
- routing protokollok,
- MAC protokollok,
- rádió interface,
- antenna.

Mivel valós események (akkumulátor lemerülése, hardveres hiba) szimulációira is alkalmas, folyamatában vizsgálható, hogy mi történik, hogyan változik a hálózati kommunikáció mikor egyes csomópontok kiesnek vagy esetleg bekapcsolódnak a hálózatba.

Lehetőség van a WSNet-ben környezet szimulációjára is, fizikai mérhető adatokkal (páratartalom, hőmérséklet). Ezek az adatok kiolvashatók a szimuláció közben és ki lehet próbálni olyan határértékeket, amik tönkre tehetik az adott csomópontot. Szimulálhatók környezeti katasztrófák (pl.: tűz, villámcsapás).

A következő kép egy tűz terjedését mutatja, és látható, ahogy a csomópontok belépnek a „veszélyzónába”. A pirossal jelölt csomópontok a túlmelegedett / kisült csomópontokat jelentik, a körök pedig a tűz terjedését.



WSNet Forrás: <http://wsnet.gforge.inria.fr/tools.html>

Összefoglalás

Cikkünkben célunk a vezeték nélküli hálózatok szimulátorainak elemzését és összehasonlítását tűztük ki célul. Az elmúlt 15 évben számos keretrendszer készült a vezeték nélküli hálózatok szimulálása érdekében. Megállapítható, hogy jelenleg nincs olyan egy keretrendszer, amely alkalmas lenne egy tetszőleges szenzorhálózat tervezési, elemzési, optimalizálási lépéseinek szimulálására, modellezésére. A szimulátorok többsége a szenzorhálózatokat a szenzorok elhelyezésének optimalizálása, hatékonyabb energiafelhasználás és kommunikáció szempontjából vizsgálja. Szimulátorok közül a legjobb választásnak jelenleg az OMNet ++ keretrendszerre épülő szimulátorok tűnnek. Az OMNet++ nagy előnye, hogy moduláris felépítéséből adódóan tetszőlegesen bővíthető továbbá számos beépített komponenst biztosít a különböző típusú hálózatok elemzésére és modellezésére.

Hivatkozások

- [1] I.F. Akyildiz, W. Su*, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci - Wireless sensor networks: a survey Computer Networks 38 (2002) 393–422
- [2] Bolic, Miodrag, Simplot-Ryl, David Stojmenovic, Ivan (eds.) - RFID Systems - Research Trends and Challenges 2010. 576 Pages, ISBN 978-0-470-74602-8 - John Wiley & Sons
- [3] A. Bharathidasan, V. A. S. Ponduru, - Sensor Networks: An Overview- <http://www.eps2009.dj-inod.com>
- [4] Krámlí György - SZENZORIKA jegyzet
- [5] Journal of Artificial Intelligence Research 22 (2004) - <http://www.cs.cmu.edu>
- [6] Klaus Finkenzeller - RFID HANDBOOK Fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication, third edition, WILEY, ISBN: 978-0-470-69506-7
- [7] Biró Csaba, Radványi Tibor, Takács Péter, Szigetváry Péter - RFID rendszerek sebezhetőségének vizsgálata. MAFIOK 2013 közlemények, 15 - 24 (2013)
- [8] Bartosz Musznicki, Piotr Zwierzykowski - Survey of Simulators for Wireless Sensor Networks International Journal of Grid and Distributed Computing Vol. 5, No. 3, September, 2012
- [9] Mannasim Framework <http://www.mannasim.dcc.ufmg.br>.
- [10] I. Downard - SIMULATING SENSOR NETWORKS IN NS-2, in NRL/FR/5522{04-

- 10073, (Naval Research Laboratory, Washington, USA), May 2004.
- [11] Nam - Network Animator <http://www.isi.edu/nsnam/nam>.
 - [12] NS-2 (The Network Simulator). <http://nsnam.isi.edu/nsnam/>
 - [13] Ptolemy II. <http://ptolemy.berkeley.edu/ptolemyII/>
 - [14] E. Cheong, E. A. Lee, and Y. Zhao, Viptos: A Graphical Development and Simulation Environment for TinyOS-based Wireless Sensor Networks, in Technical Report
 - [15] P. Baldwin, S. Kohli, E. A. Lee, X. Liu, and Y. Zhao, VisualSense - Visual Modeling for Wireless and Sensor Network Systems, in Technical Memorandum UCB/ERL M05/25, University of California, Berkeley, USA, 15 July 2005.
 - [16] OMNeT++ (Objective Modular Network Test-bed in C++). <http://www.omnetpp.org>.
 - [17] Castalia <http://castalia.research.nicta.com.au/index.php/en/>.
 - [18] MiXiM <http://mixim.sourceforge.net>.
 - [19] TOSSIM - A Simulator for TinyOS Networks Philip Levis and Nelson September 17, 2003.
 - [20] H. Wu, Q. Luo, P. Zheng, B. He, and L. M. Ni - Accurate Emulation of Wireless Sensor Networks in NPC 2004, Network and Parallel Computing, IFIP International Conference, (Wuhan, China), 18–20 October 2004.
 - [21] WSN Net Overview - <http://wsnet.gforge.inria.fr/overview.html>.