

SZENZOROK AZ EGÉSZSÉGÜGYBEN

SENSORS IN HEALTH CARE

Tóth László ^{1*}

¹ Természet - és Műszaki Alaptudományi Tanszék, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország

Kulcsszavak:

szenzor
hálózat
egészségügy
Shimmer

Keywords:

sensor
network
health
Shimmer

Cikktörténet:

Beérkezett: 2017. szeptember 17
Átdolgozva: 2017. október 2.
Elfogadva: 2017. október 19.

Összefoglalás

A szenzorhálózatok gyors fejlődésével és az egyes élettani folyamatok adatainak gyűjtésének szüksége miatt a vezeték nélküli szenzorhálózat az egészségügyben is elterjedtek. Az alábbi tanulmányban az egyes szenzorhálózatok egészségügyi felhasználását mutatja be, amelyek feladata, hogy egyszerűbbé tegye a páciensek felügyeletét.

Abstract

With the rapid development of sensor networks and the need to collect data on the physiological processes in the senses, wireless sensory networks have been imposed for use in different health care systems. This article describes the use of certain medical sensors which is to make easier monitoring the patients.

1. Bevezetés

A vezeték nélküli hálózatok alapvető jellemzője az adatok átvitele valamilyen fizikailag is átható, érinthető kommunikációs csatornák, mint például kábelek használata nélkül. Kábelek helyett az adatátvitel rádióhullámok vagy fényjelek segítségével valósul meg. Az utóbbi időben a rádióhullámokat széles körben használják, mivel nem igényelnek egymásközti láthatóságot.

A vezeték nélküli érzékelő hálózat (Wireless Sensor Network, röv. WSN) területe viszonylag fiatal és attraktív, széles körben alkalmazható, a legtágabb értelemben tükrözi a különböző objektumok felügyeletének, követésének és ellenőrzésének lehetőségét. Specifikus, konkrét alkalmazási területük: a környezet megfigyelése (pl. a tüzek megakadályozása céljával), mozgó objektumok követése, atomreaktorok ellenőrzése és a közlekedés felügyelete. Ezeknél az akkumulátorral működő eszközöknél az alkalmazási terület karakterisztikus problémái a topológia felfedezése, a routing, valamint a különböző módon történő energia megtakarítás.

A vezeték nélküli szenzorhálózat egy olyan rendszer, amelyet kommunikációs hálózatba összekapcsolt különböző típusú érzékelő mezők alkotnak. A szenzorok analóg kimeneti jeleit először átalakítjuk digitális jelekké, majd eljuttatjuk a WSN hálózatba. Itt az egyik fő feladat, hogy a szenzorok által kibocsájtott adatok alapján kiválassza azokat az adatokat, amelyeket a szenzorok figyelnek. A WSN-t egyenkénti multifunkcionális szenzor csomópontok formálják (Sensor Node - Snod), amelyek vezeték nélkül kapcsolódnak kommunikációs hálózatba. A Snod-ok ad-hoc elrendezésben vannak az érzékelési területen. Minden csomópontnak a WSN-ben adat kezdeményező (originator) és útválasztó (router) szerepe van a hálózaton keresztül. A WSN célja az, hogy kérésre és egy adott célra, gyorsan ad-hoc érzékelő hálózatot alakítson ki, és hogy az

* Tóth László. Tel.: +36 76 516 334
E-mail cím: toth.laszlo@gamf.uni-neumann.hu

munkája során dinamikusan módosuljon a környezethez, ami körülveszi. A felszerelt szenzoroknak adatátvitel és kommunikáció szempontjából önszerveződően kell működniük, hogy hálózatot alakíthassanak ki, erre megfelelő protokollok szolgálnak.

Az adatvédelem a számítógépes hálózatokban mindig aktuális téma. A gyors fejlődés következtében a vezeték nélküli érzékelő hálózatok egyre nagyobb mértékben vannak kitéve támadásoknak. A WSN-ben található csomópontok specifikus technikai megoldásai miatt a hagyományos számítógépes hálózatokra és az ad-hoc hálózatokra kifejlesztett biztonsági megoldások nem minden esetben elfogadhatók és kielégítőek.

Az itt említett szenzorok használatát implementálni lehet az egészségügyben is, hiszen méreteit és súlyát tekintve igen kis és könnyű készülékeket lehet elkészíteni a segítségükkel, amelyek akár távfelügyelet, akár hosszabb idejű folyamatos felügyelettel megvalósítható a páciensek hatékonyabb kezelése, rehabilitációja.

2. Szenzorhálózatok

"A vezeték nélküli technológiák fejlődése és hozzáférhetősége olcsó, alacsony fogyasztású kis érzékelő sejtek továbbá rövid hatótávolságú vezeték nélküli kommunikáció kifejlesztéséhez vezetett. Az érzékelő sejtek szenzorokból, adatfeldolgozóból és kommunikációs részből állnak." [1]

A szenzor hálózatok és mobil ad hoc hálózatok közötti különbségek a következők:

- a szenzorok száma jóval magasabb, akár több nagyságrenddel,
- érzékelők nagy sűrűsége a felállított hálózaton belül,
- meghibásodások magas aránya (mechanikai meghibásodások, villamosenergia forrásainak kimerülése)
- annak ellenére, hogy az érzékelők általában mozdulatlanok, gyakori meghibásodásuk gyakori topológia változást okoz,
- az érzékelő sejtek korlátozott energiával, feldolgozó teljesítménnyel és memóriával rendelkeznek,
- a szenzor hálózatok alkalmazási területei: ipari irányítás, ellenőrzés és felügyelet, háztartási és fogyasztói elektronika automatizálása, leltár nyomon követése és beszerzés menedzsmentje, intelligens mezőgazdaság, a biztonság és a katonaság, egészségügyi felügyelet és
- természeti és egyéb katasztrófák súlytotta területek megfigyelése.

2.1. A vezeték nélküli szenzorhálózatok

„A vezeték nélküli szenzor hálózat egy olyan hálózat, amelyet független szenzorok telepítésével hoztak létre valamilyen fizikai jelenség megfigyelésének valamint a mért adatok felhasználóhoz való továbbításának céljával.” [2]

A vezeték nélküli érzékelő hálózat fő célja a hálózat környezetére vonatkozó adatok és információk gyűjtése és továbbítása, terjesztése a hálózati felhasználók igényeivel összhangban. Az összegyűjtött adatok a felhasználóknak nyújthatnak fizikai jelenségekre (páratartalom, nyomás, hőmérséklet, stb.), vagy eseményekre (tárgyak, mozgás detektálására stb.) vonatkozó információkat. A WSN-ben történő adatgyűjtés a megfelelő típusú aktív/passzív érzékelők segítségével történik.

"A WSN-ben történő adatgyűjtéshez és adattovábbításhoz multifunkciós platformok, szenzor csomók (Sensor Nodes, rövid. SN) használatosak. A szenzor csomók, SN-ek a szenzorok összessége mellett megkövetelik a kommunikáció lehetőségét valamint az összegyűjtött adatok tárolását és feldolgozását." [3]

A felügyelt területen belül ill. közelében kis távolságon (általában 10 m) belül nagyszámú SN-ek, szenzor csomók kerülnek elrendezésre, ily módon szenzor mezőt alakítva ki. A felügyelt területet lefedettsége, konkrét jelenségekről szóló információk gyűjtésének lehetősége

tekintetében lehet teljes/hiányos, ez a szenzor csomók térben való sűrűségétől és elrendezésétől függ.

A WSN alapvető működési és gazdasági jellemzői a következők:

- munka terén való nagy megbízhatóság,
- viszonylag nagy pontosság,
- rugalmasság,
- alacsony ár,
- a szenzorok egyszerű telepítése a térben.

A WSN elemes modulokból áll, amelyek lényegében a szenzor csomók. A modulok építőelemei a következők:

- szenzor (érzékelő),
- rádióadóvevő,
- egy vagy több processzor.

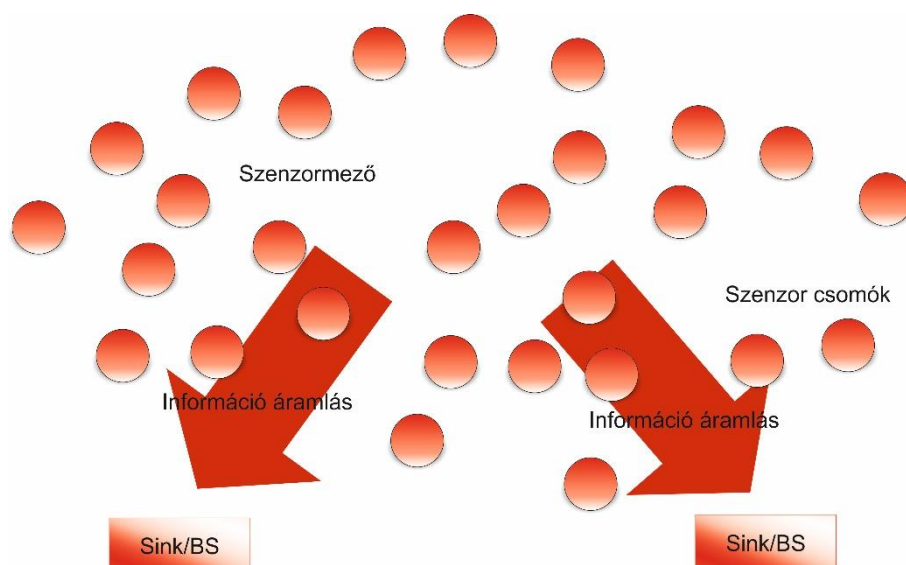
A szenzor tulajdonképpen egy adatgenerátor. A szenzor szerepe három alapvető funkció végzéséből áll:

- a környezeti paraméterek érzékelése (sensing)
- kommunikáció más hálózati csomópontokkal (communication)
- végrehajtja az implementált (beépített) kommunikációs algoritmusokat és a begyűjtött adatok feldolgozására szolgáló algoritmusokat (computation).

A rádióadóvevő átadja a saját vagy továbbítja a szomszédságában lévő rádióadóvevőktől hálózaton keresztül kapott adatokat (információk routingja).

A processzorok szerepe a szenzorok és a rádióadóvevők munkájának ellenőrzése, az adatokat feldolgozása, továbbítása és a protokollok implementálása (hálózati és routing).

A WSN működési elve (1. ábra): a környezetről gyűjtött adatok az Snod-ok közötti kölcsönös kommunikáció útján továbbítódnak a hozzáférési eszközök (Sink/BS) felé. A Sink/ BS hálózati elemek tulajdonképpen az összes szenzoroktól származó adatokat tartalmazó csomagok rendeltetési helye. Lehetővé teszik a hálózati végfelhasználó kétirányú kommunikációját a WSN hálózat minden szenzor csomópontjával. A kétirányú kommunikáció a SNod-ok által gyűjtött mérési adatokat, valamint az egyéb vezérlő parancsok forgalmazásából áll. A Sink/BS és a hálózati felhasználó közötti kommunikáció a felhasználási környezetben rendelkezésre álló távközlési infrastruktúra használatával valósul meg, megfelelő hálózati interface alkalmazásával.



1. ábra: A WSN működési elve

3. A szenzorok az egészségügyben

A szenzorhálózatok technológiai fejlődésével – különösen az alacsony fogyasztás, valamint az emberi szervezetben zajló fiziológiai folyamatok követésére alkalmas érzékelők fejlődésével – sor kerül ezek alkalmazására az egészségvédelmi rendszerekben. Egyértelműen észlelhető hatékonyságot növelő szerepük az egészségügyi szolgálatban. Az ilyen célra kifejlesztett alkalmazások első lehetséges alkalmazása a páciensek klinikai állapotának romlásának korai észlelésére irányulnak, (O. Chipara 2009 és J. Ko 2010), hogy a szakszerű beavatkozásokat gyorsabbá tegyék, ezáltal a hatékonyságát növelni tudják. A következő alkalmazása az ilyen hálózatoknak az elsősegélynyújtásban játszik nagy szerepet, ugyanis nagy elemi katasztrófák esetén a sérültek automatikus besorolása szintén nagyban növelheti az ellátás hatékonyságát, (D. Malan 2004 és T. Gao 2008). Ezeken felül az emberek élettartama meghosszabbítható vitális funkcióinak mobil követésével (G. Virone 2006), valamint az emberek viselkedése, továbbá krónikus betegségeinek terepen történő tanulmányozásával és követésével egyaránt (K. Patrick 2007 és S. Kumar 2007).

Az egészségügyben használatos szenzorok méreteit és súlyát minimalizálni kell, elkerülve így a páciens mozgásának terhelését, nehezítését. Annak érdekében, hogy ennek az igénynek eleget tegyünk, a SHIMMER eszközeit választottam alapul bemutatásra, hiszen méreteit tekintve kicsik, súlyuk alacsony, kezelhetőségük igen egyszerű és az árát tekintve is igen kedvező. A berendezés kis mérete mellett ennél a platformnál elfogadható az elem élettartama, továbbá egyéb, a fent említett előnyökkel is rendelkezik.



2.ábra a készülék kinézete

A kis méret és az alacsony fogyasztás egy felől pozitív jellemzők, másfelől azonban azt is eredményezik, hogy korlátozott a processzor kapacitása, továbbá alacsony az adatátviteli sebesség. Ezen korlátok miatt kell alaposan és figyelmesen átgondolni a szoftvert, ami komoly kihívást jelent a programozók számára.

Egy másik lényeges jellemző az egészségügyben használt berendezések működése során a szenzorcsomópontokban jelentkező fogyasztás nagy fluktuációja. A páciens állapotától, illetve a begyűjtött adatoktól függően alakul a szenzorcsomópontok kisebb vagy nagyobb igénye a jelek feldolgozása és a kommunikáció vonatkozásában. Ha például a szenzornak az a feladata, hogy többszörösen továbbítsa más szenzorok adatcsomagjait, mégpedig saját adatainak átvitelével egyetemben, szem előtt tartva, hogy a hálózat topológiája a szenzorcsomópontok mozgékonyasága következtében változik, így számítani kell arra, hogy ez előre nem látható fogyasztási értékeket produkál, amit előre kell látni az applikáció készítése illetve fejlesztése során.

3.1. A hardver leírása

3.1.1. A készülék

A Shimmer készülékek központi feldolgozó egysége (CPU) tulajdonképp egy TI MSP430F5437A típusú, alacsony fogyasztású mikrokontroller, amely vezérli az eszköz

működését. A mikrokontroller beépített 16 csatornás 12 bites analóg-digitális átalakítóval rendelkezik (AD konverter), amelynek az a szerepe, hogy fogadja az inerciális mérőegységektől (Inertial Measurement Units – IMU) érkező jeleket, majd pedig átkonvertálja digitális jellé. Így például a gyorsulásmérőtől, az akkumulátortól, vagy a szenzorbővítő egységtől, stb. A processzor 24 MHz-en dolgozik, 16kB RAM belső memóriával rendelkezik, flash memóriája pedig 256 kB. Az alaplapon egy foglalat van a microSD kártya számára, amely az adatátvitel célját szolgálja, az átvitel pedig vezeték nélkül is megvalósítható Bluetooth kapcsolat révén. Lehetőség van a WiFi kapcsolat beépítésére, viszont ilyen esetben szem előtt kell tartani a modul fogyasztását. A készülék teljes fogyasztása aktív állapotban 60mW, míg inaktív helyzetben a fogyasztás néhány mikrowattal csökken, mégpedig az applikáció munkaciklusától függően.

A készülék dobozán található a be- és kikapcsolást szolgáló kapcsoló, és egy gomb, amelynek funkcióját a programban definiálhatjuk. Ugyancsak itt található 5 LED dióda, amelyek fényei jelzik a berendezés működését, illetve üzemmódját.

3.1.2. Az akkumulátor és az energiafogyasztás

A SHIMMER készülékeit lítium-ion akkumulátorokkal (3,7 V és 450mAh) látták el, amelyek táplálják a platform szenzorait. A készülék rendelkezik polaritás elleni védelemmel, kijelzőn követhető az elem feltöltöttségi szintje és feszültség indikátorral az akkumulátor állapota.

A berendezés alaplapján található szabályzó 100mA megszakítás nélküli áramerősséget tud biztosítani és a túlterhelést is elviseli, egészen addig amíg a hőkioldók működésbe nem lépnek. A külső modulok (mint pl. WiFi) energiafogyasztását korlátozni kell, vagy pedig saját energiaforrással kell ellátni. A 100mA fogyasztás elérése lehetséges, de nem ajánlott.

A berendezés megszakítás nélkül legfeljebb 14 napon át képes a páciensek mozgásának követésére a beépített 450mAh akkumulátorral, időnkénti rádiós kommunikáció mellett. Ez az idő még attól is függ, hogy mely szenzoroknak engedélyezték a működést, valamint ezek frekvenciája is kihatással van az akkumulátor egy működési ciklusára. Az idő folyamán gyengül, illetve csökken az akkumulátor élettartama, mégpedig a megvalósított töltés/ürítés ciklusainak számától függően.

A SHIMMER applikációk biztosíthatják az akkumulátorokon a nyers és kalibrált feszültségméréseket. Az alábbi egyenletek kimutatják, hogy az elemen végzett nyers feszültségmérés miként alakul át kalibrált feszültségméréssé, és miként kapjuk meg az akkumulátor voltokban kifejezett valós feszültségértékét.

$$\text{kalibráltmérés} = (\text{nyersmérés} - \text{elmozdulás}) \cdot \left(\frac{1}{4095} \right) \cdot \left(\frac{V_{ref}}{A} \right)$$

ahol az elmozdulás=0, $V_{ref}=3$, $A=1$

$$\text{akkumulátor feszültség} = \text{kalibráltmérés} \cdot 2$$

(1)

Ahhoz, hogy megbecsüljük az akkumulátor fennmaradt kapacitását, felhasználhatjuk a gyártó által kibocsátott táblázatot. Az elem feltöltöttségi százalékának függőségét az elem látható feszültségtől az 1. táblázatban figyelhetjük meg. Meg kell említeni, hogy az elem becsült fennmaradt kapacitása a töltési/ürítési ciklusok számától függ. Az akkumulátor kapacitása a legrosszabb esetben 75 %-a a nominális értéknek, megközelítőleg 300 ciklus után.

Fennmaradt kapacitás	Feszültség	Fennmaradt kapacitás	Feszültség
0.0%	3.2	53.1%	3.8034
5.9%	3.627	57.0%	3.8106
9.8%	3.645	61.0%	3.8394
13.8%	3.663	64.9%	3.861
17.7%	3.681	68.9%	3.8826

21.6%	3.699	72.8%	3.9078
25.6%	3.717	76.7%	3.933
29.5%	3.7314	80.7%	3.969
33.4%	3.735	84.6%	4.0086
37.4%	3.7386	88.5%	4.041
41.3%	3.7566	92.5%	4.0734
45.2%	3.771	96.4%	4.113
49.2%	3.789	100.0%	4.167

1. táblázat: Az elem feltöltöttségi százalékának függősége az elemen tapasztalható feszültségtől

3.1.3. Gyorsulásmérő szenzor

Az emberi test gyorsulása a sebességváltozás arányának felel meg, ami egyenesen arányos a testre ható erővel.

A gyorsulásmérő egy olyan eszköz, amely a készülékre ható összes erő gyorsulását méri. Ezek a készüléken ható erők magukba foglalják, mind a gravitációs erőt, mind az eszköz használata közben jelentkező inerciális erőket egyaránt.

Így tehát a készülék által mért teljes gyorsulás (a_T) az inerciális összetevő (a_1) és a gravitációs összetevő (g) vektorösszege (2. képlet)

$$\underline{a}_T = \underline{a}_1 + \underline{g} \quad (2)$$

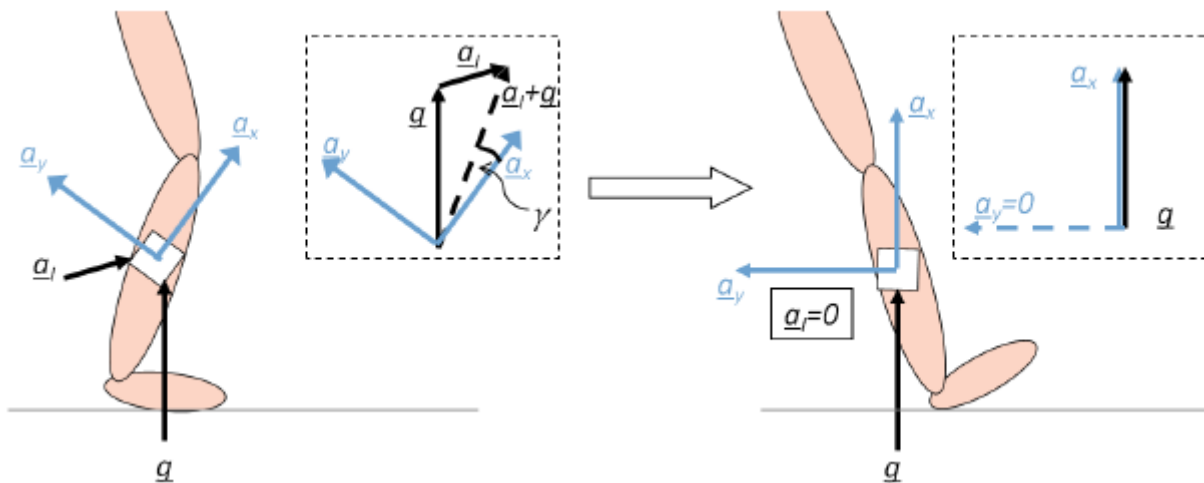
A Shimmer eszközök háromtengelyű axiális (triaxiális) gyorsulásmérővel vannak felszerelve, így tehát ezek az eszközök által mért gyorsulásnak három összetevője van az X, Y és a Z tengelyek mindegyikében.



3.ábra A Shimmer gyorsulásmérő tengelyirányai

A tengelyeken megoszló gyorsulás könnyebb érthetősége miatt egy egytengelyes (egytengelyű) gyorsulásmérőt ismertetek.

Az egytengelyű gyorsulásmérő az inerciális gyorsító komponens és a gravitációs gyorsító komponens összegét méri, egyetlen mérési tengely mentén. A 4. ábra bal oldalán található képen látszik, az a pillanat, amikor az ember mozgásban van. Az egytengelyű gyorsulásmérő egy lábszegmenshez hozzácsatolva, az az \underline{a}_x tengelyirányt fogja mérni. Itt jelölve van a gravitációs komponens (\underline{g}) is.



4.ábra Egytengelyű gyorsulásmérő lábszegmenshez csatolva

A 4. ábra bal oldali részében látható az inerciális és a gravitációs gyorsulás vektorainak összege, amelyet szaggatott vonal ábrázol. Ez a vektor az eszközön fellépő teljes gyorsulás. Az érzékelő \underline{a}_x tengelye méri a gyorsulás összetevőjét, amely nagyságát a 3. képletből kapjuk meg.

$$\underline{a}_x = \|\underline{a}_1 + \underline{g}\| \cos(\gamma)$$

(3)

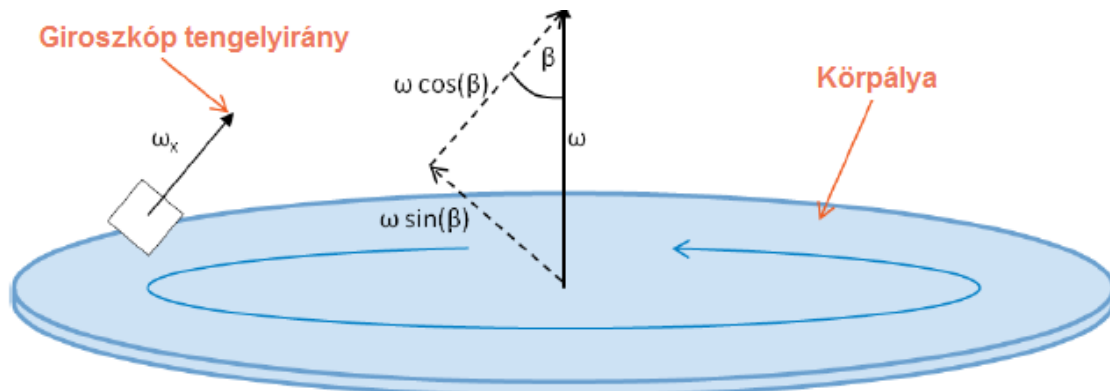
Itt az $\|x\|$ jelöli az x vektor nagyságát és a γ pedig a gyorsulásmérő tengelye és a teljes gyorsulás vektora között bezárt szöget, így kiküszöbölve azt a problémát, amely abból adódik, hogy az ember mozgásiránya nem minden esetben egyezik meg az egytengelyű gyorsulásmérő tengelyirányával.

Amikor az ember lába a 4. ábra jobb oldalán látható helyzetbe kerül (ezáltal az egytengelyes gyorsulásmérő is) és megáll, akkor az inerciális gyorsulása nulla lesz ($a_1 = 0$). Ebben a pillanatban a gravitáció lesz az egyetlen gyorsító komponens, amelyet az eszköz észlel és a lábszegmens mozgásának köszönhetően a gyorsulásmérő tengelye teljesen megegyezik a gravitációs vektorral ($a_x = g$).

3.1.4. Giroszkóp

Sebességmérő giroszkóppokkal akár az emberi test szögsebességét is mérni tudjuk. A shimmer készülékek triaxiális (háromtengelyű) giroszkóppal vannak ellátva, amelyek ezen három tengely irányú szöggyorsulást tudnak mérni.

Az 5. ábra egy olyan egysíkú (egytengelyű) giroszkóp működésének vázlatát mutatja, amely egy tányérszerű körpályán mozog és egy bizonyos szögsebességgel van megforgatva, valamint amelynek a nagysága és iránya merőleges erre a pályára (ω).



5. ábra a giroszkóp működése

Mivel a giroszkóp mérési tengelye (ω_x) nem párhuzamos a körpálya mérési tengelyével (ω), ezért a kettő tengely között egy β szög jelentkezik. Ebből az összefüggésből már igen könnyen kiszámítható az egy tengelyirányú giroszkóp szögsebessége.

$$\omega_x = \omega \cos(\beta)$$

(4)

3.2. A rendszer kiépítése

A hardverelemek beszerzése után a következő lépés a szenzorcsomópontok összekötése és meghatározott feladatokkal történő ellátása, hogy a szenzorhálózat el tudja látni funkcióit az egészségvédelemben. A szenzorcsomópontok rendszerbe történő implementálását követően elemezhető az egészségügyi rendszerben a vezeték nélküli szenzorhálózat működésének hatékonysága.

A szenzorhálózat legösszetettebb konfigurációja a mozgás és tevékenységek kombinációjának követésének alkalmazásával hozható létre. A páciens testén levő szenzorok mérhetik a végtagok mozgását és az izomtevékenységet az atlétikai teljesítményeket vagy a neuro-motorikus betegségek rehabilitációs eredményeinek megismerése céljából. A leggyakoribb esetekben a páciens akár nyolc szenzort is magán viselhet, egyet-egyét a végtagok minden szegmensén (alkar, felkar, lábszár, comb), amelyek MEMS gyorsulásmérőkkel és giroszkóppal vannak felszerelve. A bázisállomás, a személyi számítógép a páciens lakásában található, amely

begyűjti a mobil szenzorokról érkező adatokat, majd elemezi azokat. Az adatok elemzésének célja a páciens motorikus képességeinek javítása (a kezelés hatásának felmérése értelmében).

Ilyen alkalmazások esetén a szenzorok méreteit és súlyát minimalizálni kell, elkerülve így a páciens mozgásának terhelését és nehezítését. A SHIMMER platform szenzorai, amelyeket az elemzésre kiválasztottunk, és amelyeket a 2. ábrán bemutatunk, 51 x 34 x 14 milliméteresek, súlyuk pedig mindössze 23,6 gramm.

A mozgás elemzése több, a páciens testén elhelyezett érzékelő alkalmazását követeli meg, amelyek mindegyike magas rezolúcióval méri a mozgást, a szenzorok általában hat csatornásak, a mintavétel pedig 100Hz-en történik, azaz másodpercenként 100 alkalommal. Ilyen mennyiségű adat átvitele a reális időben lehetetlen, éppen ezért tartalmaz a SHIMMER platform szenzorcsomópontjait egy mikroSD memóriakártya számára megfelelő foglalattal látták el, amelyen 2GB mennyiségű adat rögzíthető és tárolható, ami viszont egy teljes hónapon át elegendő az adatok megszakítás nélküli tárolására.

4. Összegzés

A vezeték nélküli szenzorhálózatok alkalmasak a kórházakban elhelyezett betegek vitális funkciói paramétereinek folyamatos követésére, illetve akár az otthoni felügyeletre is, azzal a céllal, hogy az előírandó kezelés hatékonyabb legyen. A jelenlegi rendszer a betegek napi egyszeri ellenőrzését (az ún. vizit alkalmával) írja elő, ami teljesen egyértelműen bizonyítja az egészségvédelmi rendszer hatékonyságának növelését. A hatékonyság növelésének következő aspektusa az egészségügyi személyzet hatékonyabb igénybevétele, hiszen nem kell fizikailag is jelen lenni, elegendő csupán akár az online felügyelet, illetve az adatok online begyűjtése.

Abban az esetben ha a szenzorok használata kórházban történik akkor, a jelek megfelelő minőségű, azaz jó vétele érdekében a felszerelést a kórház épületében, vagy annak közvetlen közelében kell elhelyezni. Ha viszont otthoni körülmények között történik a páciensek megfigyelése, akkor mindenképp a páciens ingatlanába kell telepíteni a bázisállomást.

Mivel a készülék adatai vagy a készülékben vagy a bázisállomáson tárolódnak, így sokkal kisebb az esély arra, hogy illetéktelen személyek is hozzáférjenek ezekhez az adatokhoz és felhasználják vagy akár módosítani tudják őket, mint a klasszikus vizitek alatt gyűjtött adatokat. Ezen felül a szenzorok egy időintervallumon belül sokkal több és sokkal pontosabb adatot képesek gyűjteni, és tárolni mintha az orvos vizsgálja a páciens.

Ezek miatt vitathatatlanul előnyösebb a használatuk, valamint nagyobb adatbiztonságot nyújt a szenzorhálózat implementálása az egészségügyben.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely az EFOP-3.6.1-16-2016-00006 „A kutatási potenciál fejlesztése és bővítése a Neumann János Egyetemen” pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

Irodalomjegyzék

- [1] Callaway H.: *Wireless sensor networks: architectures and protocols*. Auerbach Publications, 2004.]
- [2] Verdone R., Dardari D., Mazzini G.: *Wireless Sensor and Actuator Networks: Technologies, Analysis and Design*, Academic Press, 2007
- [3] Mračević A.: *Prednosti dijagonalne dominacije u optimizaciji bežičnih senzor mreža*, Master rad, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2013.
- [4] O. Chipara, C. Lu, T. C. Bailey, and G.-C. Roman, *Reliable patient monitoring: A clinical study in a step-down hospital unit*, [Dept. Comput. Sci. Eng., Washington Univ. St. Louis, St. Louis, O, Tech. Rep. WUCSE-2009-82, Dec. 2009.

- [5] J. Ko, J. Lim, Y. Chen, R. Musaloiu-E., A. Terzis, G. Masson, T. Gao, W. Destler, L. Selavo, and R. Dutton, BMEDISN: Medical emergency detection in sensor networks, [ACM Trans. Embedded Comput. Syst., vol. 10, no. 1, pp. 11:1–11:29, 2010, article 11.
- [6] D. Malan, T. Fulford-Jones, M. Welsh, and S. Moulton, BCodeBlue: An ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care, [in Proc. MobiSys/ Workshop Appl. Mobile Embedded Syst., Jun. 2004, pp. 12–14.
- [7] T. Gao, C. Pesto, L. Selavo, Y. Chen, J. Ko, J. Lim, A. Terzis, A. Watt, J. Jeng, B. Chen, K. Lorincz, and M. Welsh, BWireless medical sensor networks in emergency response: Implementation and pilot results, [in IEEE Int. Conf. Technol. Homeland Security, 2008, pp. 187–192.
- [8] Virone, A. Wood, L. Selavo, Q. Cao, L. Fang, T. Doan, Z. He, and J. A. Stankovic, Ban advanced wireless sensor network for health monitoring, [in Proc. Transdisciplinary Conf. Distrib. Diagnosis Home Healthcare, Apr. 2006, pp. 95–100.
- [9] K. Patrick, "A tool for geospatial analysis of physical activity: Physical activity location measurement system (PALMS)," NIH GEI project at the University of California at San Diego, 2007.
- [10] S. Kumar, "Autosense," NIH GEI project at The University of Memphis, 2007.
- [11] <https://www.shimmersensing.com/products/shimmer3> [Megtekintés: 07-Június-2017].
- [12] <https://es.scribd.com/document/55750053/49CA4d01> [Megtekintés: 06-Június-2017].
- [13] <https://sr.wikipedia.org/wiki/> [Megtekintés: 25-Július-2017].
- [14] Alargić P, Kaurin T, "Digitalna forenzika mobilnih uređaja korišćenjem JTAG interfejsa", Infoteh-Jahorina Vol. 12, March 2013.