

Hambalík Alexander

Institute of Computer Science and Mathematics, FEI
Slovak University of Technology Bratislava, Slovakia
alexander.hambalik @ stuba.sk

VISELHETŐ RENDSZEREK AZ OKTATÁSBAN

Bevezetés

A fenntartható fejlődés egyik legfontosabb elősegítői a populáció egészségének hosszú távú biztosítása és a minőségi oktatás. Az eddigi ismereteink a különböző területeken észlelt és összesített sokgenerációs tapasztalatok, valamint a kezdetek óta eltelt idő alatti technikai és technológiai fejlődés alapján alakultak ki. Ennek ellenére az oktatási folyamatnak nagyon sok fontos részét a mai napig nem sikerült kellőképpen megismerni, feltérképezni.

Sokszor a folyamatot csupán egy „fekete doboz” ábrával tudjuk a legjobban felvázolni, ahol a bemeneti rész tulajdonsága ismert és a kimeneti rész végállását szintén fel tudjuk mérni, de a közbenső folyamatok és feltételeik szinte alig ismertek. Az oktató által írásban vagy szóban feltett kérdésekre a hallgató valamilyen választ adhat, de azt, hogy az adott pillanatban pontosan milyen folyamatok alapján alkotja majd meg választát, nem igen ismerjük. Ebből az is következik, hogy az elsajátításhoz szükséges megfelelő módszer megválasztása is inkább a tapasztalaton és az intuíción múlik, mintsem egy részleteiben már ismert folyamat eredményes megoldásán. Az elsajátítási folyamatot jellemzők mérése nem egyszerű feladat, hiszen közvetlen mérésük csak ritkán adatik meg. Inkább más paraméterekkel alkotott összefüggéseik alapján következtethetünk pillanatnyi értékeikre.

Az új technológiák fejlesztésének eredményei ezért iránymutató hatásúak lehetnek az oktatási technológiákra, de nagyon sokszor a mindennapi életben, mint például a közlekedésben, gyógyászatban, tömegkommunikációban stb. tapasztalható fejlődésre is.

A hálózati kapcsolat ma már elengedhetetlen követelmény

Nem is olyan régen még az alkalmazott eszközök hálózati kapcsolatot nélkülözve készültek és működtek. Ma már ez gyakorlatilag megszűnt és szinte minden eszköz valamilyen formában használ hálózati kommunikációt. Legtöbbször LAN (Local Area Network) hálózatok részét alkotják jól körülírható architektúrával, metál vagy száloptikás kapcsolattal és a nagy hálózatokra (WAN, Wide Area Network), sok forrásban csak internetkapcsolatnak megjelölve, is csatlakozhatnak.

Az újabb fejlesztések kis hatótávolságú elektromágneses hullámok segítségével összekapcsolt, alacsony fogyasztású, elem táplálta eszközök. Hálózatuk akár több ezer ilyen egység vezeték nélküli M2M kapcsolatát használhatja, nagyon hosszú (esetenként több éves) üzemidővel. Kivitelezésük olyan, hogy aránylag könnyen beépíthetők akár a ruházatba is, viselhető formát adva nekik.

Jelenlétük az oktatásban, gyógyászatban ma még nem mindennapos, inkább ritkaság számba megy, holott sok feladatra, automatikus és célzott adatgyűjtésre, szociológia felmérésre, de sok más egyébre is alkalmazhatóak. Az új technológiák méretüket, árukat jelentősen csökkentik. Paramétereiket folyamatosan javítják, szabványosítják „intelligenciájukat”, működtetési területüket, üzemidejüket növelik, ezzel segítve elterjedésüket.

Az okos- telefonok, táblagépek, szemüvegek, karkötők, órák és egyéb különböző érzékelőkkel felszerelt készülékek korában sokan nem is sejtik, hogy a felvázolt problémák némelyikére ma már szinte szó szerint a kezükben tartják a megoldás lehetséges forrását. Az sem ritka, hogy bár jelenleg már birtokolnak egy-egy szükséges eszközt, de azt a ma divatos testépítő, életminőséget megőrző és javító (fitness, wellness) stb. alkalmazásokkal használják, pedig megfelelő alkalmazással az oktatásbeli használatuk is kézenfekvő lenne. Ez részben az ehhez szükséges szabványosítás hiányának és a gyártók konkurenciaharcának is köszönhető, mert a legtöbb esetben az alkalmazás még csak egy konkrét gyártó berendezésével működtethető. A jelek már itt is javuló tendenciát mutatnak. Az e célra létrehozandó hordozható vagy viselhető hálózatok és a használatukhoz nélkülözhetetlen programkörnyezet megtervezése és elkészítése egyáltalán nem tartozik a rutinfeladatok közé. Ezeket a hálózatokat a szakirodalomban a személyi hálózatok (PAN, Personal Area Network) és a viselhető hálózatok (BAN, vezeték nélküli változatuk a WBAN, Wireless Body Area Network vagy Wearable Body Area Network) témakörben taglalják. Tulajdonságaik sokban különböznek a helyi hálózatoktól (LAN), ezért nem árt közülük néhány fontosabbat összefoglalni.

A PAN és WBAN hálózatok néhány fontosabb tulajdonsága

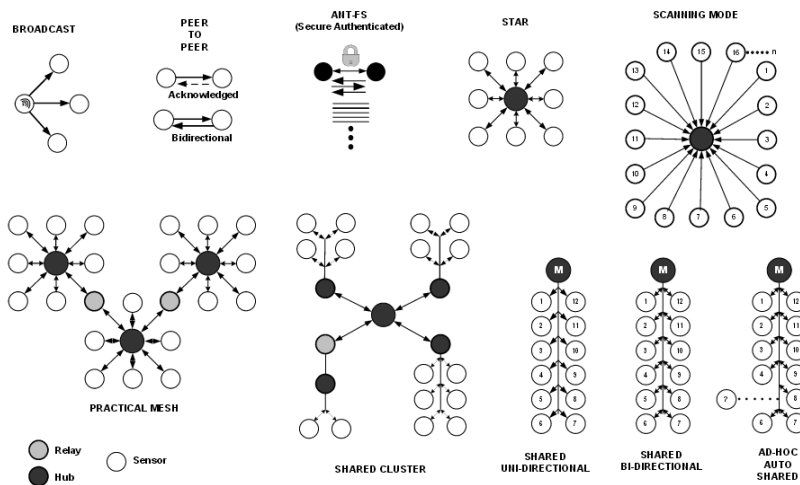
A WAN, LAN hálózatokat azon célból építjük, hogy az így csatolt gépek függetlenül a távolságoktól összekössék, kiszolgálhassák elsősorban az emberek (csoportok) igényeit, kívánságait. Legtöbbször csillag architektúrával és kliens-szerver kapcsolattal készülnek. Bár WAN szinten a gépek száma gyakorlatilag nincs korlátozva, LAN szinten már néhány száz gép is soknak számít. A hálózat egyes gépeinek nincs minden géppel egyenes kapcsolata, csak a központi gépeken keresztül közvetve kommunikálhatnak. A címeket ehhez a speciálisan erre a célra tervezett ún. IP címek biztosítják. A gépek (nodok) itt a felhasználó számára hasznosítható érzékelőkkel alig vannak ellátva.

A PAN hálózatok általában egyetlen személyre szabott és általa használt rendszerek, legtöbbször csupán néhány métert áthidaló kapcsolattal, melyeket LAN vagy WAN segítségével köthetünk össze. Nem ritka a csomópontok (érezékelők) mobilitása és a vezeték nélküli kapcsolat az egyes nodok között.

A BAN és WBAN hálózatok jelenleg a csúcstechnológiát képviselik.

- Szintén személyre szabottak.
- Hordozható, hosszú ideig is viselhető kivitelben készülhetnek (testfelület közeliként textíliában, a bőr felülettel érintkezve, de ha szükséges esetleg közvetlen alája a testbe is beépíthetők).
- Csillag vagy térbeli, úgynevezett mesh elrendeződésűek, önszerveződő (ad-hoc) hálózatként több száz intelligens szenzorral, noddal.

- Ezek kommunikálhatnak saját mikrohálózatukon belül, de ha kell, egymással közvetlenül is (elhelyezésében legközelebbi, de más mikrohálózatba tartozó érzékelővel) speciális címzéssel.
- Jellemző a nodok vezeték nélküli, néhány méterig terjedhető kapcsolattartása (2,4GHz).
- Hálózati protokollok közül leggyakrabban a ZigBee, IEEE11073, BlueTooth, ANT+, RFID stb. a használatos.
- A nodok alacsonyabb átviteli sebességgel, de több csatornán keresztül legtöbbször M2M (Machine to Machine, gép a géppel) módon kommunikálnak egymással automatikusan, emberi beavatkozás nélkül.
- A mikrohálózatnak sokszor csatlakozási pontja van a WAN (LAN) hálózatba.
- Védett, bizalmas vagy érzékeny adatokkal is dolgozhatnak (a vizsgált személy nagyon pontos pillanatnyi tartózkodási helye, a testi vagy lelki állapotot, szokásokat, tudatos vagy bizonyos ingerekre ösztönös reakcióit tükröző adatok stb.).
- Az előbbieket miatt elengedhetetlen az adatok kódolása, titkosítása a mások általi lehallgatás, illetőleg a rájuk gyakorolható külső hatások megelőzéseként.
- A csomópontok (szenzorok és hozzájuk tartozó teljes elektronika) telepes kivitelűek. Az egyébként is alacsony fogyasztás menedzselt változatával, valamint a hosszú élettartamú lítium elemekkel, akár néhány évet is üzemelhet a WBAN egyfolytában.
- A nodok kapcsolattartása lehet egyirányú vagy kétirányú.
- Teljes funkcionalitású és korlátolt üzemmódú (olcsóbb) nod alkothatja a WBAN hálózatot.



1. ábra: Lehetséges WBAN felépítési és kommunikációs megoldások (ANT+protokoll esetében, forrás <http://www.thisisant.com>)

A PAN és WBAN hálózatok alkalmazási lehetőségei az oktatásban

A tulajdonságok alapján világos, hogy az ilyen hálózatok kiválóan alkalmazhatók az egészségügy és az oktatás több területén és lehetőség van ott a szélesebb körű alkalmazásukra (esetenként akár mindkettőben egyszerre). Csak néhány olyan lehetőséget sorolnánk fel, melyeket hagyományos módszerekkel (kérdőív, tesztelés, megfigyelés élőben stb.) szinte lehetetlen volna rövid, vagy hosszútávon megvalósítani.

- Testi és lelkiállapotot jellemzők egyidejű vizsgálata oktatás, vizsgáztatás közben (tudásszint, motorika, terhelési állapot stb.).
- Az oktatásra való felkészülés feltételeinek vizsgálata.
- Az oktatás közbeni feltételek vizsgálata minden résztvevőnél egy időben.
- A környezeti hatások valamint a biológiai ritmus jelentőségének feltérképezése (évszak, napszak, fény, zaj, légtisztaság, légnyomás, páratartalom, a környezet és a testhőmérséklet, szívritmus változása stb.).
- A csoportok kialakulásának, kialakításának és az egyének bennük betöltött szerepének hatásai az oktatás eredményére csoportos munka, laboratóriumi gyakorlatok stb. esetében.
- A természetes csoportosulások feltérképezése az órák alatt, szünetben és szabadidőben.

Gondos tervezéssel és az eredmények aprólékos feldolgozásával ennél sokkal többet is megtudhatunk az éppen végbemenő folyamatokról, de a tervezésük nem egyszerű feladat. A hálózatot itt intelligens, szinte „önálló életet élő” szenzorok, okostelefonok, rendszerek alkotják a maguk által kialakított, de majdnem mindig változó szerkezettel. Ezért is nehezebben tervezhetők. A kiegészítő egységek és a programkörnyezet is fontos (alkalmazások, kiterjedt adatbázisok, a kapcsolatfelvétel és megszakítás feltételeinek meghatározása működő és működésképtelen nodok esetében stb.).

Nem szabad megfeledkeznünk a rendszer által automatikusan mért adatok biztonságos és megfelelően titkosított begyűjtéséről. Az egész folyamatnak olyannak kell lennie, hogy közben a hasznos információk értékelhetők legyenek (lehetőleg valós időben) és egyikük se veszessen el. Mindamellet egy eddig alig kutatott problémakör is megoldásra vár még. Ki, mikor, milyen módon és milyen eszközökkel mérheti, gyűjtheti az adatokat, de ami még fontosabb elemezheti, kutathatja tartalmukat. Általában a méréseket végző (végeztető) nem tud minden folyamatot saját jogkörében, felszerelésével elvégezni. Gondolni kell arra is, hogy esetleg az adott pillanatban (pl. a tervezéskor) fel sem merült összefüggések kutathatósága megmaradjon a későbbiekben. Szinte biztos, hogy ez már egy harmadik személy bevonásával fog megtörténni. Ezért az adatokat úgy kell anonimizálni, hogy közben továbbra is kutathatóak maradjanak, de a mért személy kiléte akár matematikai vagy más speciális módszerek segítségével se válhasson ismertté az erre nem jogosultak számára. Ez egy nagyon komoly feladatot jelent, amelyikre sok esetben még csak keressük a lehetséges megoldásokat (Megjegyzés: Hasonló feladat a GPS rendszerrel ellátott autók mozgásának vizsgálata forgalomirányítási, szervizelési okokból – lefutott km száma stb. Mindez konkrét autóra vonatkoztatva, de a benne utazó személy helyi szokásainak, mozgásciklusának, kilétének ismerete nélkül. A szociális hálók szolgáltatásai között is akadnak ilyenekre példák).

Milyen paramétereket mérhetünk ma segítségükkel az oktatásban

A jelenlegi hozzáférhető komponensekkel aránylag könnyen kiegészíthetjük teszteléskor vagy más alkalomkor az eredményeket a hozzájuk szorosan tartozó további információkkal. Ilyen a hőmérséklet (környezet- és testhőmérséklet), gyorsulás, sebesség, pontos tartózkodási hely. Ezek méréséhez az indikatív vagy mindennapos használatra elegendő pontosságot elérő érzékelők egy mai közép vagy felsőkategóriás okostelefon és táblagép elengedhetetlen tartozékai. Vezérlőegységként használva őket a mérések kiegészítéseként még hasznosak lehetnek a tőlük nyert kiegészítő információk (hely, mozgásirány, gyorsulás stb.).

Az első tapasztalatokat segítségükkel is megszerezhetjük, de az ilyen beépített érzékelők elsődleges használatát az oktatásban nem javasoljuk. Kisebb csoportok mérésére beszerzésük önálló, intelligens érzékelő formájában megbízhatóbb eredményeket ad és a beszerzésük sem túl költséges.

Kevésbé szokványosak a légnyomás, páratartalom, vérnyomás, és szívritmus érzékelők, de még ezek is aránylag jól hozzáférhetők megfizethető áron.

Sokkal költségesebbek és nehezebben hozzáférhetők a vércukor-, véroxigén szintjét mérő érzékelők, bőrfelület impedanciáját mérők, elektrokardiogramm egységek (ECG), izomállapot mérők (EMG), háttérsugárzás mérők és egyéb más speciális érzékelők. Szerencsére ezek használata az oktatásban nem sokszor indokolt, inkább az egészségügyi alkalmazásokra jellemzőek.

Az érzékelők kiválasztásakor sajnos nem elégséges csak a megfelelő paraméter mérésére alkalmas típust keresni. A rendszerbeállításhoz a támogatott protokoll is nagyon fontos.

Néhány szóban a protokollokról

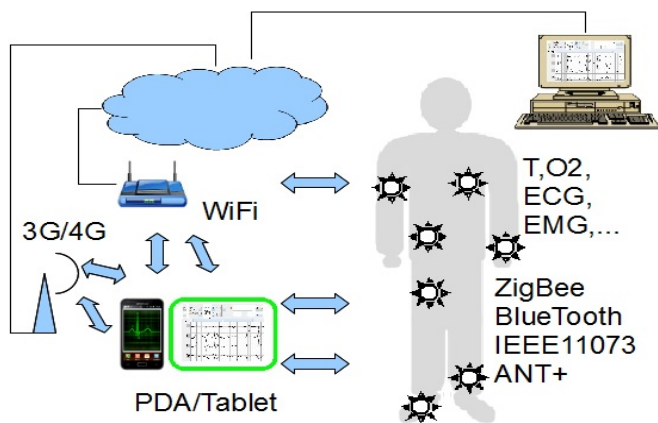
A PAN és WBAN hálózatok még nem tartoznak a hosszú ideje használtak közé. Ez az oka annak, hogy nincsen olyan megállapodott protokollkészletük, mint az IP címzésű LAN és WAN hálózatoknak. Fejlesztésük ma is nagy anyagi ráfordítások mellett erőteljesen folyik. Miért is szükségesek az új protokollok? Röviden összefoglalva azért, mert a WBAN kis térfogatban sok érzékelőt tartalmaz (akár több ezret is) és köztük egyáltalán nem szükséges a nagy adatátviteli sebesség. Fontosabb az alacsony sebességű processzorok alkalmazásával elérhető adatbiztonság, megbízhatóság, és az önszervező rendszer jó működése minimális fogyasztás mellett, valamint az egymás közötti kommunikáció, interoperabilitás. A WAN, LAN hálózatok ma használatos protokolljai ezeket nem tudják biztosítani.

Bár szinte mindegyiknél a fizikai réteget a külön engedélyt nem kívánó 2,4GHz tartomány körüli összeköttetés adja, mégis nem kompatibilisek. Az ok egyszerű. Más sávzélességet és protokollt használnak. Ott ahol a WiFi (ISO 802.11, ~300 m) csak egy-két gyors kapcsolatot képes teremteni, más protokollok száznál is többet, igaz lassabb adatátvitellel. Eredetileg a BlueTooth protokollt (IEEE 802.15, ~10/200 m kapcsolattal, 1998) sem erre tervezték, de már jobban megfelel a célnak.

Sokkal jobb a pozíciója a 2004-ből származó ZigBee protokollnak. Intelligens házakban és sok más helyen ez az egyik leggyakrabban használt protokoll a vezeték nélküli kishatótávolságú hálózatokban. A fizikai kapcsolattal nem foglalkozik (ez az ISO

802.15.4 szabvány szerint történik, kb. 75 m-ig), csak a magasabb rétegekkel. Az, amit nemigen tud, az az utóbbi időszak jelensége, az interoperabilitás (egyfajta „keresztkommunikáció”). Ez biztosítja azt, hogy gyártótól, berendezéstől függetlenül az intelligens szenzorok egymás között felvehetik a kapcsolatot, segíthetik egymást.

Ebből a szempontból legjobban van megtervezve az előzőhöz hasonló időben keletkezett IEEE 11073 (x73) protokoll család 2007-ből származó változata (kiegészítve az IEEE által egy évvel később kiadott 20601 protokollal; IEEE Std 11073-20601-2008 – Informatika az egészségügyben). Ebben a rendszerben (1,2,3,4) minden készüléknek (intelligens szenzoroknak) a kommunikációját külön szabvány írja le. A pulzus és a véroxigén szint mérőkre vonatkozó protokoll megjelölése például ISO/IEEE 11073-10404:2010(E), Health informatics – Personal health device communication – Part 10404: Device specialization – Pulse oximeter. Magát a családot az IEEE 104xx jelöléssel jelölhetjük, ahol xx 1-99 terjedelemben változva különböző berendezésekre vonatkozik. A leírások a két lehetséges üzemmódra (ágens és menedzser) fókuszálva készültek. A legújabb verziója a fizikai réteggel szintén nem foglalkozik (az IEEE-ISO 802.15, 802.11 szabvány szerint is történhet). Ezen kívül viszont az interoperabilitáshoz szükséges szinte minden benne foglaltatik, de az adatbiztonságot nem oldja meg. A vele kiépítendő rendszer tervezése, használata elég sok tapasztalatot igényel. Az új maggal rendelkező Linux rendszerek valamilyen szinten már kezelni tudják a protokollt, de android alkalmazások alig találhatók hozzá. Jelenleg a pontosságra és megbízhatóságra igényes egészségügyben alkalmazzák legtöbbször.



2. ábra: Egy WBAN hálózat többutas kommunikációval

A legújabbak közé sorolhatjuk az ANT protokollt, melynek vezeték nélküli változata (~10/30 m távolságig) ANT+ jelöléssel ismert. Egy 2010-ben létrehozott társulás fejleszti. Az előzőektől eltérően ez egy úgynevezett proprietáris protokoll. A hálózati rétegig a felhasználónak már nincs gondja vele. Nagy előnye a csiptámogatott, nagyfokú energiatakarékosság, 64b kódolás, valamint az, hogy 2^{32} berendezést tud címezni és az újabb, magasabb árkategóriájú okostelefonok Android alatt már ismerik. Leggyakrabban az adóvevő rész USB csatlakozással készül. Jelenleg főleg fitness és wellness

alkalmazásokhoz használják, de közülük néhány interoperabilitást nem használó berendezés az egészségügyben is előfordul.

Az elért eredményekről

Ahogy már említettük, a PAN és WBAN hálózatok tervezése nem egy egyszerű folyamat. Ha WBAN hálózatokban gondolkodunk és az igencsak hasznos interoperabilitást is szeretnénk használni, akkor az IEEE 11073 protokollcsaládon kívül nem túl sok van még a kínálatban. Ebben az esetben már a több száz oldalas, az RFC protokolloktól eltérően szabadon nem hozzáférhető protokollokkal való megismerkedés is tetemes időt kíván. Természetesen a hosszabb ideig történő fejlesztésben résztvevők között időnként személyi változás is történhet. Ezért első lépésként belső használatra a protokollokból áttekinthető formában tanulmányt készítettünk. A legszükségesebb ismeretek, melyek semmi esetre sem arra készültek, hogy az eredeti leírásokat helyettesítsék, két kötetben együtt közel 500 oldalt tesznek ki és majdnem egy év munkát igényeltek. Ennek ellenére, ha azt vesszük figyelembe, hogy a fejlesztésben résztvevők munkája lényegesen lerövidül éppen a témakör elsődleges megismerésénél, már jó befektetésként tekinthetünk rá.

A továbbiakban gyári (egy esetben saját fejlesztésű – ECG) intelligens szenzorokat próbálunk a lehető legkedvezőbb módon hálózatba csatolni. Az elsődleges cél az egészségügy e-Health szív és érrendszeri kívánalmainak megfelelni, de az oktatásban (beleértve az egészségügyi alkalmazottakat is) alkalmazható megoldásokkal is foglalkozunk. Ezért a szenzorok kapcsolatát egy olcsón és mindenütt hozzáférhető géphez fejlesztjük. Manapság ennek a kívánalomnak a minket mindenütt körülvevő okostelefonok és táblagépek közepes vagy magasabb kategóriájú változatai mindenképpen megfelelnek. A fejlesztés első fázisában a fő problémát az operációs rendszer jelentette. Túlnyomó többségük Android, nagy ritkán Windows, esetenként más operációs rendszert használ. Bár az Android a Linux magját használva lett kifejlesztve, mégis már annyira különbözik, hogy másik alkalmazást kell hozzá írni, speciálisan erre a célra kiegészített fejlesztőkörnyezetben. A második fázisban sikerült összeköttetést teremteni a kiválasztott szenzorokkal (vérnyomás és pulzusmérő, ECG stb.).

Jelenleg az adatok okos gépeken történő elsődleges, indikatív megjelenítésén (a páciens vagy az oktatásban résztvevő számára) és azok WAN (internet) hálózatba való további feldolgozásra szánt kiküldésén dolgozunk. Mindezt az orvos vagy az oktató számára, de a gépi analízis is a célkeresztben van.

A WBAN pikohálózatba kapcsolásuk még további munkát igényel. A processzor teljesítményre igényes, RSA alapú aszimmetrikus adatátviteli biztonságot és a hozzáférési jogokat sem lesz egyszerű biztosítani, főleg a szenzorok alacsonyabb teljesítményű processzorai miatt. A fényképezőgépek SD kártyájának nagyságában kifejlesztett pentium kategóriájú Edison miniszámítógép BlueTooth modullal, beépített Linux operációs rendszerrel erre a problémára is aránylag olcsó megoldást kínál. Ezt bizonyítja a vele egy időben bemutatott Mimo Baby rugdalózóba épített testhelyzet és légzésfigyelő gyári megoldás is

(forrás: <http://www.intel.com/content/www/us/en/do-it-yourself/edison.html>).

Ezzel párhuzamosan megtettük az első lépéseket az ANT+ protokoll használatában is. Ez inkább a fitness/wellness alkalmazásokhoz alkalmas. A telefonos és táblagépes

támogatottság valamint a beépített kódolás miatt az egyszerűbb alkalmazásoknál mostani formájában is sokszor hasznos lehet az egészségügyben és oktatásban is.

Az oktatásbeli alkalmazása ezeknek a hálózatoknak jelenleg felmérhetetlenül bővítheti és meglehet, hogy gyökeresen megváltoztathatja az oktatásról szerzett eddigi ismereteinket azzal, hogy „testi-lelki” összefüggéseiben lesz lehetőség megfigyelni, felmérni és kutatni a folyamatot. Ehhez nem lesz elég a rendszerek kifejlesztése, de az oktatókat is fel kell majd készíteni a kutatási lehetőségekre, módszerekre egy ilyen környezetben. A sokszor használt klasszikus tesztelés előkészítése manapság is munkaigényes folyamat. A WBAN hálózatok esetében ez már inkább egy forgatókönyv elkészítéséhez lesz hasonló. Mindent, amit kutatni szeretnék korrektül a lehetőségeket maximálisan kihasználva, a folyamatba feleslegesen nem beavatkozva, az új technológia alapos ismeretével, aprólékosan előkészítve tehetjük csak meg.

Befejezés

A felszólalás anyagában megpróbáltuk felvázolni a PAN és WBAN hálózatok kialakításának lehetőségeit, valamint műszaki és más tulajdonságai határolta felhasználási lehetőségeit az oktatásban, gyógyászatban, de más területen is. Mivel a kutatómunkával összekötött fejlesztések és a szabványosítás velük kapcsolatban csak aránylag rövid ideje folyik, a munkahelyen eddig szerzett tapasztalatokon kívül a szakirodalomban megjelentekkel együtt próbáltunk valós képet kialakítani róluk. Mindezt azért, hogy felhívjuk a figyelmet azokra az új lehetőségekre, amelyek a technológiákban rejlenek és utat nyithatnak a kutatások azon területeire is, amelyek a viselhető rendszerek nélkül szinte kutathatatlanok lennének. Valószínűleg még egy ideig eltart, amíg a műszaki megvalósításon kívül az oktatásban való alkalmazásukról is elég tapasztalat gyűlik majd össze. Ez megnyitja az utat az oktatás folyamatainak komplexebb megértéséhez. Segítségével várhatóan olyan módszerek kidolgozása válik lehetségessé, melyek csökkentik a résztvevők felesleges terhelését az egészségügyi ellátás és oktatás folyamatai alatt.

A kutatómunka az APVV-0513-pályaterv keretében és támogatásával folyt.

Irodalomjegyzék

1. ISO/IEEE 11073-10404:2010 (E), Health informatics — Personal health device communication — Part 10404: Device specialization — Pulse oximeter IEEE
2. Std 11073-20601™-2008, Health informatics—Personal health device communication – Part 20601: Application profile—Optimized Exchange Protocol
3. TRIGO, D. at al. An Integrated Healthcare Information System for End-to-End Standardized Exchange and Homogeneous Management of Digital ECG Formats. In. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. 2012, vol. 16. No. 4. p. 518–529.
4. FALCK, T., WARTENA, F., SIMONS, D. Novel ISO/IEEE 11073 Standards for Personal Telehealth Systems Interoperability. Joint Workshop on High Confidence Medical Devices, 2007.