

SZENZORHÁLÓZATOK ADATAINAK INTEGRÁLÁSI LEHETŐSÉGEI A PERSPEKTIVIKUS ERŐKÖVETÉSI RENDSZEREKBE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ EGYÉNI EGÉSZSÉGÜGYI ADATOKRA

SENSOR NETWORK DATA INTEGRATIONS TO PERSPECTIVE BLUE FORCE TRACKING SYSTEMS, ESPECIALLY TO MEDICAL DATA

KÁROLY Krisztián

(ORCID: 0000-0002-5835-7980)

krisztian.karoly@mil.hu

Absztrakt

Napjainkban komoly igényként jelentkezik, hogy a nyomon követett személyek, gép- és harcjárművek, robotok geolokációs adatain túl harcképességüket, egészségügyi adataikat, a személy és a technikai eszközök készleteinek feltöltöttségét is közel valós időben nyomon lehessen követni. A jövő erőkövető hálózataiban várhatóan már megvalósulhatnak a szenzorhálózatokból kinyert adatok eszköz-egység közötti automatizált információcseréje. Kutatásomban vizsgálom az elsődlegesen egészségügyi adatok monitorozását végző szenzorhálózatokból érkező adatok becsatornázási lehetőségeit, kiemelt figyelmet fordítva az IEEE 802.15.4 szabványú Zigbee eljárásra.

A kutatás az emberi erőforrások minisztériuma únkp-18-3-IV-NKE-27 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült

Kulcsszavak: Zigbee, szenzorhálózat, erőkövetés, IoT

Abstract

There is a serious demand nowadays, that we can track geo-location of the warriors, (fighting) vehicle and robots, moreover it would be trackable near real time the combat capability and medical data of person, and the charge level of technical equipment. In the perspective blue force tracking systems would take place machine to machine (M2M) exchanging sensor network data. Primary I research for medical data monitoring sensor networks, paying special attention to IEEE 802.14.5 ZigBee.

Keywords: Zigbee, sensor network, blue force tracking, IoT

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2019.01.26.

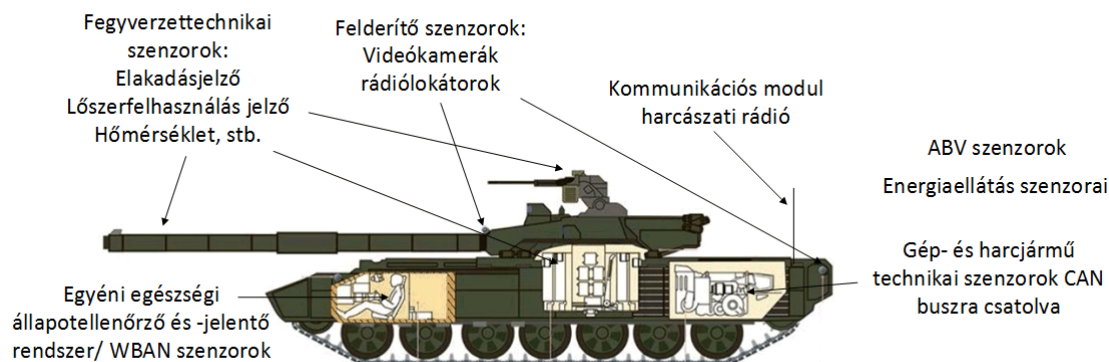
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2019.02.16.

BEVEZETÉS

Napjainkban komoly igényként jelentkezik, hogy a nyomon követett személyek, gép- és harcjárművek, robotok geolokációs adatain túl harcképességüket, egészségügyi adataikat, a személy és a technikai eszközök készleteinek feltöltöttségét is közel valós időben nyomon lehessen követni. A jövő erőkövető hálózataiban várhatóan már megvalósulhat a szenzorhálózatokból kinyert adatok eszköz-eszköz (M2M¹) közötti automatizált információcseréje. Ezen hálózatok kiterjedésük szerint széles skálán tagozódhatnak, egészen az emberi test kiterjedésű (BAN²) hálózatoktól, a személyes (PAN³) és lokális (pl.: egy menetoszlop) hálózatokig, melyek az adatok feldolgozását követően az információkat szintén automatizáltan továbbítják egy távoli állomásnak, hálózatnak, esetleg felhőbe, vagy a helyi hálózatban egy személy részére (pl.: egészségügyi szakszemélyzet – egészségügyi adatok, ellátó altiszt – lőszerfogyás). Korunk haladó információtechnológiai megoldásainak köszönhetően ezen rendszerek a tudományos-fantasztikus világból kiemelkedve egyre inkább valóságos formát öltenek. Egy korábbi tudományos kutatás keretében már vizsgálták a katonák harci képességeit növelő korszerű, hálózatba integrált egyéni felszerelések alkalmazási lehetőségeit [1], melyben behatárolásra kerültek a lehetséges monitorozandó képességek, úgy mint ABV⁴, idegen-barát azonosítás, fegyverzet, a felszerelés energiaellátása, egyéni egészségi állapotellenőrzés és –jelentés, stb. Ezen feltárt területeket, mint diszciplínákat kezeltem a szenzorhálózatok kiépülési területeinek tekintetében.

A témában jelentős tudományos munkák alapján [1] [2], a közeljövő menetoszlopaiban az oszlopparancsnok, vagy a távoli ellátási pont szakembere képes monitorozni a gép- és harcjárművekben kiépített, egymással automatizáltan kommunikáló szenzorhálózatok segítségével az üzemanyag- és lőszerfogyást, a katonák egyéni felszereléseinek feltöltöttségét. A BAN hálózatoknak köszönhetően a katona harcképességét, egyéni egészségügyi adatait, illetve sebesültellátás során a sérültek triázsolása⁵ közel valós idejű, objektív, mérési adatok támogatásával történhet.

A harci képességet növelő korszerű, hálózatba integrált szenzorrendszer kialakítási lehetőségei



1. ábra A harci képességet növelő korszerű, hálózatba integrált szenzorrendszer kialakítási lehetőségei (szerkesztette a szerző, grafika: [3])⁶

¹ Machine to Machine – eszköz- eszköz közötti autonóm átvitel

² Body Area Network

³ Personal Area Network

⁴ Atom, Biológiai, Vegyi

⁵ rangsorolás

⁶ CAN – Contoller Area Network

A szenzorosan monitorozható rendszerek, tulajdonságok (anyagi feltöltöttség, egészségi adatok) széles spektrumú kiterjedtsége folytán, a katona egyéni egészségi állapotellenőrzésének és –jelentésének lehetőségét vizsgálom mélyebben.

A BAN és PAN rendszerek kialakítására az esetek többségében ideálisan vezeték nélküli összeköttetési megoldásokat célszerű alkalmazni. Az IEEE⁷ szervezet a 802.15.4 alacsony adatrátájú vezeték nélküli személyi kiterjedésű hálózatok (WPAN⁸) szabványának egyes technológiáit jellemzően az egészségügyi adatok nyomon követésének biztosítására fejlesztették ki. Azonban, ahhoz hogy ezen szenzorhálózatokat kialakítsuk, szükséges behatárolni a monitorozni kívánt egészségügyi adatok körét.

Az adatok egészségügyi monitorozásának jogszabályi kérdéseit már egy korábbi publikációmban részletesen vizsgáltam [4].

AZ ERŐKÖVETÉS SZEMPONTJÁBÓL KIEMELT SENZOROSAN MONITOROZHATÓ EGÉSZSÉGÜGYI ADATOK

Az egyéni egészségi állapotellenőrzés és –jelentés rendszer kialakítása során olyan automatizált, szenzorosan mért élettani adatokat szükséges összegyűjteni, melyek kiértékelésével komplex képet kaphatunk a személy harcképességéről. Olyan non-invazív, azaz beavatkozás nélküli eljárásokat célszerű kiválasztani, amelyek alkalmazása során azok ergonomikusan illeszkednek a katona tevékenységéhez. Az invazív eljárással testbe beültetésre kerülő vezeték nélküli szenzorokat nem vizsgálom. Irodalomkutatásom és mélyinterjúim során [5], az alábbi eljárásokat határoltam be, mint az egyén egészségi állapotát komplexen megjelenítő mintavételezési módszerek. A személy elektrokardiográfiás (EKG) és elektroencefalográfiás (EEG), valamint plethysmográfiás vizsgálata, továbbá a pulzus, az oxigénszaturáció, a testhőmérséklet és a vérnyomás mérése, a légzés ellenőrzése mozgásszenzorok felhasználásával, illetve a fiziológiai adatok vizsgálata, melyek még egyelőre nehezebben kivitelezhetők (pl. verejték összetételének elemzése) [6] [7].

Az elektrokardiográfia egy olyan non-invazív diagnosztikai eljárás, amely a szív elektromos jelenségeit vizsgálja a szívizom összehúzódásakor keletkező elektromos feszültség regisztrálásával. A szív összehúzódása a szinuszcsonóból induló elektromos inger hatására jön létre. Ez az inger a szív ingerületvezető rostjain keresztül a szívizomsejtekhez jut. Mivel az emberi test elektrolit oldatai jól vezetnek a szívben lejátszódó folyamatokat, ezek az emberi test felszínén is jól érzékelhetők. A kirajzolódó EKG hullám egyedi sajátosságokkal rendelkező szabályos görbe, melynek elemzésével megállapítható, hogy a szív ritmusosan ver-e, illetve normálisan terjed-e az akciós potenciál. Az EKG hullám kirajzolása a testfelszín meghatározott pontjaira elhelyezett (mellkas, hát, és végtagok) elektromos érzékelők által gyűjtött adatok felhasználásával történik. Az így kinyert adatok alapján megállapítható az egyén halála (asystolia), a szív különböző szegmenseiben fellépő zavarokból (sinuatrisialis-, kamrai-, pitvari tachycardia, bradycardia, fibrillációk, stb.) láthatók a harcképesség csökkenés okai, az esetleges elszenvedett sokk hatásai [6] [7]. A szenzorok elhelyezhetők a katona közvetlenül testfelületét borító alsóöltözetében (felső testrészt, pl.: póló), illetve a csuklón elhelyezkedő karkötőn és bakancsba építve. Napjainkban, ismereteim szerint még nem rendelkezünk kész termékekkel, azonban intenzív K+F+I tevékenység zajlik ruhaneműnkbe épített, hordható szenzorok kialakítását illetően [8].

Az elektroencefalográfia az idegsejtek elektromos aktivitását vizsgálja valós időben. Esetünkben csak a non-invazív diagnosztikai eljárásokat tárgyalom, mivel azok akár harctéren is kivitelezhetők. A vizsgálatok során 31, 61 vagy 123 elektródát helyeznek el négy anatómiai referenciapont körül előre meghatározott elv alapján, a hajas fejbőrön, esetenként az arcon is.

⁷ Institute of Electrical and Electronics Engineers

⁸ Wireless Area Network

A szenzorok a katona egyéni védőeszközében, a sisakban, illetve maszkokban (hővédő, fizikai behatásoktól védő) célszerű elhelyezni. Sisakban történő elhelyezésnél a szenzorok vezetékkel is összeköthetők, így központilag megoldható az energiaellátás. Fontos kritérium, hogy az így kialakított sisak tömege lényegesen ne növekedjen, mert az a katona nyaki izmainak korai fáradását eredményezné. Az EEG vizsgálatok során mindig két elektróda közötti potenciálkülönbséget mérnek. Az EEG mérés a központi idegrendszer által generált nagy mennyiségű elektrofiziológiás aktivitást méri a koponyára kivetített állapotában.

A megfelelő helyzetkép kialakításához megszakítás nélküli, folytonos mérésekre van szükség, melynek komoly korlátja az akkumulátorok rendelkezésre álló kapacitása. Az EEG 20-30 perces mérési periódusa alapján megállapítható az agyhalál ténye, a kómába esés, az alvás mélysége, minősége, továbbá az éberségi állapotok elemezhetők a különböző kirajzolódó görbék alapján. Az éberségi állapotok, és alvási fázisok (REM⁹, NREM¹⁰) százalékos eloszlásának meghatározásával objektív mérések alapján hozzávetőleges képet kaphatunk az egyén kifáradásának státuszáról [6] [7]. Az EEG szenzorok harctéri alkalmazhatósága, és felszerelésbe integrálási lehetőségei, az EKG szenzorokhoz hasonlóan, még pre-kompetitív kutatások tárgyát képezi.

A katonák harcképességének plethysmográfias vizsgálatait, azaz a térfogatváltozás nyomon követéséből a következő csoportokat emelem ki. Egyrészt a légzés során a tüdő tágulásának és összehúzódásának monitorozása, giroszkópos-mozgásszenzoros kiegészítéssel. Másik oldalról a fotoplethysmográfia (PPG) révén az erek térfogatváltozása figyelhető meg. A PPG eljárás talán egyik legismertebb formája a pulzuszámolás.

Napjainkban már számtalan a pulzus mérésére alkalmas szenzor (pl.: sport órák, okoskarkötők) érhető el, amelyek por-, víz-, és rezgés ellenálló képességükkel megközelítik a katonai alkalmazásban használt színvonalat. A bemutatott mérési eljárások közül ez a terület áll a legközelebb, a mindennapokban a harctéren is alkalmazható kézzelfogható termék/ szenzor megalkotásához. A pulzus definíció szerint a periférián tapintható szívverések száma, ellentétben az EKG-s mérési eljárással, ahol a szív közvetlen környezetéből nyernek információkat. Gyakori mintavételezési pontok a testen: a csuklón, a nyak oldalán futó verőér kitapintásával, a térdartérián, a karizmon, a combverőeren, a lábfejen. A legelterjedtebb szenzoros megvalósulás jelenleg a csuklón elhelyezett LED¹¹ alapú, fotós mintavételezés. A vér elnyeli a zöld fényt, és visszaveri a vöröset, így a szenzorokba épített zöld színű LED-ek segítségével a fényérzékeny fotódiódák képesek megállapítani az elnyelt fény mennyiségét. A szív dobbanásakor a csukló artériájában átfolyó véráramlás fokozódik, ezzel együtt a zöld fény elnyelése is. A dobbanások között mérsékeltebb a véráramlás. A szenzorok percnként több száz mintavételezést hajtanak végre, melyből nyomon követhető a pulzus, jellemzően 30-210 szívverés/ perc mintavételezési korlátok között [6] [7].

Az oxigénszaturáció mérésére szolgáló, non-invazív fotó alapú pulzoximetria mérés hasonló mérőbázison alapul a PPG eljárással. A szöveteken áthaladó fénynyaláb intenzitását az artériás pulzáció modulálja. Ezt a nyalábot elektromos jellel alakítva egy meghatározott amplitúdójú pulzáló jelalakot kapunk. A vér oxigéntelítettségétől függ a vér fényelnyelési képessége, és ez az elnyelési képesség generálja a pulzáció amplitúdóját. Két hullámhosszon mérve két pulzáló jelet kapunk, melyeknek amplitúdóinak arányából megállapítható az oxigén telítettség mértéke. Ezen szenzorok segítségével pár százalék hibahatárral megmérhető az oxigenizált hemoglobin szaturációja. Az artériás oxigenizált hemoglobin szaturációjának mérésével diagnosztizálható az esetleges csökkent oxigén ellátottság, azaz hypoxemia. A csökkent oxigén ellátottság diagnosztizálásával következtetni lehet a katona harcképességének csökkenésére [9]. A pulzus- és pulzoximetria mérést célszerű integrált formában, egy komplex kialakítású szenzorral mérni.

⁹ Rapid Eye Movement

¹⁰ Non-Rapid Eye Movement

¹¹ Light Emitted Diode

A harcra testhőmérsékletének nyomon követésével megállapítható a túlhevülés (hyperthermia) és a kihűlés (hypothermia) ténye, mely alapvetően befolyásolja a katona komfortérzetét, harcképességét, végső soron ezen állapotok sokkot, a szervezet visszafordíthatatlan károsodását, esetleg halált is okozhatnak.

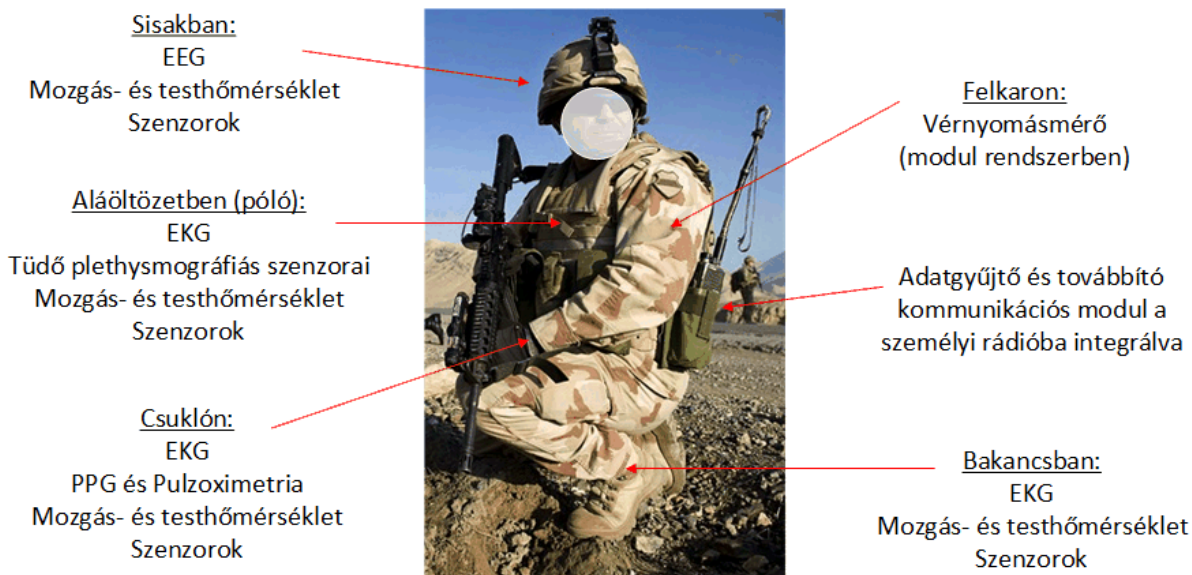
A vérnyomás a keringési rendszerben a vérnek az erek falára kifejtett nyomása [8], továbbá a vérpálya központi és környéki része közötti nyomáskülönbség hozzájárul a vérkeringés fenntartásához. A vér felelős a tápanyagok, oxigén, szabályozó anyagok szállításáért a test különböző szerveihez, illetve az anyagcsere termékek elszállításáért. A normális vérnyomás értékek függnek az egyén életkorától, testsúlyától, egy egészséges felnőtt ember kívánatos szisztolés (szív összehúzódása által kifejtett nyomás) vérnyomás értékei 90-119 Hgmm, és diasztolés (szív elernyedése során bekövetkező nyomásérték) vérnyomás értékei 60-79 Hgmm. Az alacsony vérnyomás (hypotenzió) jellemzően 90/60 Hgmm (szisztolés/diasztolés) alatti értékek, melyek alapesetben nem okoznak problémát, azonban vezethetnek ájuláshoz, levertséghez, aluszékonysághoz, fáradtsághoz, szédüléshez, tehát a katona harcképtelenségét okozhatják. A magas vérnyomást az alábbiak szerint skálázzuk, a 1. fokozatú hipertónia (140-159/90-99 Hgmm – szisztolés/diasztolés), 2. fokozatú hipertónia (160-179/100-109 Hgmm - szisztolés/diasztolés), illetve a hipertóniás krízis (180/110 Hgmm - szisztolés/diasztolés nyomásértékek felett). A magas vérnyomás, kiemelten a hipertóniás krízis komolyan befolyásolhatja a katona harcképességét. Okozhat többek között fejfájást, émelygést, zavartságot, a szemfenék bevézését, rosszabb esetben infarktust, tüdőödémát, heveny vesekárosodást, a vesejtek pusztulását. A vérnyomás mérése az orvosi praxisban széles körben alkalmazott diagnosztikai eljárás [10] [11] [12].

A vérnyomás mérése non-invazív eljárással a vérnyomásmérő műszerrel történik. A mintavételezési pont tekintetében lehet a felkaron, a csuklón elhelyezett vérnyomásmérővel, esetleg a kisujjon a vérvolumen – és áramlásváltozás alapján mérhető meg a vérnyomás. A csuklón történő vérnyomásmérés problematikája, hogy helyes mérési eredmény érdekében a csuklót a szívvel megegyező magasságba kell emelni, különben a hidrosztatikai nyomás 20-30 Hgmm-rel is meghamisíthatja a mérést, azonban ez a napi feladat végrehajtás során rendkívül körülményes. A vérnyomásmérő öt fő részből áll, az érszakaszt körülölelő szövetzsák, az úgynevezett mandzsetta, melynek feladata a pumpa által létrehozott nyomással, az izmok és kötőszövetek nyomásvezetésével az éret a csonthoz szorítja, ezzel elzárva a vér útját. A nyomás megszűnésével a szisztolés vérnyomás során megjelenik a pulzus, majd ismételtén eltűnik (diasztolés nyomás). Az ér ismét feltelik vérrel, ezt a nyomásváltozást mérjük meg [10] [11] [12]. A nyomásváltozás sebességének beállítása, a műszer kalibrációját mikroprocesszor vezérli a WBAN¹² hálózatokban alkalmazott modern elektronikus szenzorokban. A diagnosztikai eljárás hátránya, hogy a periodikus időközönként elvégzett mérések diszkomfort érzetet válthatnak ki a katonákból, a fokozott fizikai megterhelés során tovább növelhetjük perifériás vérnyomásukat, esetlegesen a sérülteknél, kifejezetten a roncsolásos, végtagvesztéses, mellkasi sérüléssel esetekben az automatizált vérnyomásmérés irreverzibilis problémákat okozhat. Ezért célszerűbb egy ideiglenes, eltávolítható WBAN szenzorként alkalmazni a vérnyomásmérőt, a korábban bemutatott, akár rendszeresen viselhető, hordható szenzorokkal ellentétben.

A bemutatott élettani tulajdonságokat mérő szenzorokat célszerű rendszerbe integráltan WBAN hálózatba kötve alkalmazni. Egyes szenzorok esetében lehetőség van vezetékkel összekötni azokat (pl.: sisakon belüli EEG elektródák, alöltözetbe helyezett EKG szenzorok) egyazon felszerelési tárgyon belül, amelyek így közös energiaellátásban részesülhetnek. Azonban ezeket az egységeket is vezeték nélküli módon célszerű magasabb szintű hálózatba szervezni.

¹² Wireless Body Area Network

Egyéni egészségi állapotellenőrző és -jelentő rendszert támogató WBAN szenzorok



2. ábra Egyéni egészségi állapotellenőrző és -jelentő rendszert támogató WBAN szenzorok (szerkesztett a szerző – fotó: Koszticsák Szilárd – MTI¹³ [13])

Megítélésem szerint célszerű a katona személyi felszerelésében egy a szenzorhálózatok által biztosított adatok fogadására, rendszerezésére, első lépcsős feldolgozására, a különböző adatok egymással történő fuzionálására alkalmas személyi egészségügyi szerver elhelyezése. A szerver kialakításra kerülhet komplex módon az egyéni kommunikációs eszközben is a mai okostelefonok analógiájára, ahol a mobilhálózatokhoz történő hozzáférés mellett, az eszköz képes a WPAN hálózatból kinyert adatok feldolgozására, esetleg továbbküldésére távoli rendszerekbe. Egy lehetséges ilyen eszköz lehet egy TETRA¹⁴-LTE¹⁵ terminál a megfelelő vezeték nélküli kommunikációs eljárással, és a hozzá tartozó applikációval/ szoftverrel. Vagy a személyi harcászati rádió ellátása megfelelő interfészekkel, és az adatok feldolgozásához, tárolásához és továbbítására alkalmas technológiákkal.

ZIGBEE

Elvégzett irodalomkutatásaim alapján az IEEE 802.15.4 szabványú kommunikációs eljárások kiváltképp alkalmasak WBAN hálózatok kialakítására. A szabványban felsorolt protokollok közül a ZigBee technológiát vizsgáltam [14] [15] az egyéni egészségi állapotellenőrzés és – jelentés rendszer kialakítása szempontjából.

A Zigbee kommunikációs eljárást a Zigbee Alliance fejlesztette ki, melyet 2006-ban szabványosítottak. Elsődleges felhasználási területe az alacsony adatforgalmat bonyolító, azonban energiaellátás szempontjából kritikus (ritkán feltölthető, alacsony fogyasztású) rendszerek.

Zigbee Alliance az OSI¹⁶ modell fizikai rétegétől az alkalmazási rétegig fogalmaz meg ajánlásokat, illetve az IEEE szervezet az 802.15.4 szabványában dolgozta ki a Zigbee fizikai és

¹³ Magyar Távirati Iroda

¹⁴ Terrestrial Trunked Radio

¹⁵ Long Term Evolution – 4. Generációs mobilkommunikációs adatátvitel

¹⁶ Open System Interconnection Reference Model

közeghozzáférés vezérlő (MAC¹⁷) rétegeinek működését. A Zigbee rádiós interfésze három különböző frekvenciatartományban működik, a 2,4 GHz-es ISM¹⁸ sávban, az amerikai 915 MHz-es ISM sávban, és a Európában 868 MHz-es ISM sávban. A 2,4 GHz-es ISM sávban 2,405 GHz-től 2,480 GHz-ig 5MHz-enként került felosztásra a 16 csatorna. A fizikai csatorna elméleti átviteli sebessége 20 – 250 kbps-ig terjed, amely maximum 128 kbps valós adatátviteli sebességet jelent. A rendszer direkt szekvenciális spektrumszórást alkalmaz az interferenciák kivédése érdekében. A fizikai réteg elméleti 250 kbps-os átviteli sebességéhez 62,5 ezer szimbólum/ másodperc tartozik. A DSSS¹⁹ 1 bitet 4 chip segítségével határoz meg. Az alkalmazott frekvenciák mikrohullámú terjedési tulajdonságot mutatnak. A gyakorlati tapasztalatok alapján maximum 10-20 m hatótávolsággal érdemes számolni, amely WBAN hálózatok esetén kielégítő. A Zigbee frekvenciatartományai a következő ábrán láthatók [15].

Frekvencia	Sáv	Lefedettség	Adatsebesség (kbps)	Csatornák száma	Chip sebesség	Szimbólum sebesség (ksym/sec)	Moduláció
2,4 GHz	ISM	Világ	250	16	2000	62,5	O-QPSK
868 MHz	ISM	Európa	20	1	300	20	BPSK
915 MHz	ISM	Amerika	40	10	600	40	BPSK

1. táblázat IEEE 802.15.4 Zigbee frekvenciatartományai [15]

A Zigbee eszközök ütközés elkerülő, vivő érzékeléses, többszörös hozzáférést kezelő eljárást alkalmaznak (CSMA-CA²⁰). A Zigbee képes kezelni egyedi 64 bites címet, illetve 16 bites hálózati címet, amely révén megközelítőleg 65 ezer cím osztható ki 256 alhálózatban. A 6LoWPAN²¹ címkompressziós eljárásnak köszönhetően képes IPv6 címek kezelésére is a rendszer [16] [17].

Energiamentesség szempontjából úgy alakították ki a protokollvermet és az alkalmazott protokollokat, hogy a technológia kis energiafelhasználást képes biztosítani, mindezt alacsony gyártási költségek mellett. Az eszközök működését tekintve két állapotot különböztetünk meg az alvó és aktív állapotot. A szenzorok kommunikációs egységei idejük nagy részét alvó állapotban töltik, és alkalmazásuk mindössze 0,1%-át töltik aktív állapotban.

Hálózatszerzés szempontjából a Zigbee technológia képes mesh hálózatok kialakítására, melyben a kommunikációs egységek három különböző szerepet tölthetnek be. Vannak a végpontok, melyeket a szenzorokhoz érdemes illeszteni. Itt alacsony energia felvétel mellett képes az egység az adatait megosztani a hálózattal. A végpontok routerekhez kapcsolódnak csillag topológiát kialakítva. A routerek szerepe kettős. Egyrésztől végzik az alhálózatuk lekérdezését, mely során beacon jelekkel megszólítják a végpontokat, melyek egyenként egy 30 ms-os időrésben válaszolnak. A routerek energiafelhasználása már lényegesen nagyobb a végpontokhoz képest, az eltérő aktivitási idő miatt. A routerek másik feladatköre, csomóponti adatbázis, tranzakciós adatbázis, párosítási tábla kezelése, a hálózat többi forgalomirányítójához való kapcsolódás, és ezáltal a mesh topológia kialakítása, továbbá ezen hálózatoknak van még egy további kitüntetett szereplője a „koordinátor”, amely a mesh topológiába összekapcsolt hálózat koordinálását végzi. A koordinátorok és routerek is csatlakozhatnak szenzorokhoz. Valamint a Zigbee technológia lehetőséget nyújt logikai

¹⁷ Media access Control

¹⁸ Industrial, Scientific and Medical

¹⁹ Direct Sequence Spread Spectrum

²⁰ Carrier-sense multiple access with collision avoidance

²¹ IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network

egyenrangú pont-pont (peer to peer) kapcsolatok létrehozására. Ez a WBAN hálózatokban, akkor hasznos például, ha két szenzort (szenzorokat) „ÉS” kapcsolatba kötünk egymással.

Biztonsági szempontból a fizikai rétegnél megemlített DSSS révén zavarállóságot, és alacsony felderíthetőséget biztosít [18] [19]. A Zigbee hálózat MAC szintű AES titkosítást alkalmaz. A MAC végzi a biztonsági feldolgozást, amelyhez a biztonsági kulcsot és a kapcsolódó szolgáltatásokat a felsőbb rétegek végzik.

Napjainkban már a Zigbee gyakorlati alkalmazásaival találkozhatunk WBAN hálózatokban, elsődlegesen EKG, pulzoximéter, és vérnyomás szenzorok hálózatba szervezése tekintetében [20] [21].

WBAN HÁLÓZATOK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

Megítélésem szerint a WBAN hálózatok a katonai alkalmazás szempontjából két nagy csoportba oszthatók. Egyfelől a műveletekben résztvevő katonák harcképességének nyomon követésére, melynek célja a fittség, a fiziológiai tulajdonságok alapján objektíven mérhető jó közérzet és a normálistól eltérő egészségi állapot monitorozása (health, wellness, fitness), továbbá a sérülések, harcképtelenné válás diagnosztizálása, és információk szolgáltatása az elsősegélynyújtáshoz. Ez egyedi, a mindennapos felhasználás során alkalmazható, hordható, ergonómikus kialakítású szenzorhálózatot jelent. A WBAN rendszerek másik felhasználási lehetősége a sérültek, harcképtelen személyek nyomon követése az első szakszerű segítségnyújtástól az egészségi kiürítésen (MEDEVAC²², CASEVAC²³) keresztül a magasabb szintű egészségügyi ellátásig, rehabilitációig. Ezen célfelhasználás technikai eszközei kiegészíthetők az állandóan használt szenzorhálózatot (pl.: az egészségügyi kiürítés során), vagy fel is válthatják azokat (pl.: rehabilitáció). A magasabb szintű ellátás és rehabilitáció során a szenzorhálózat kiegészülhet invazív és non-invazív technikákat alkalmazó mintavételezési eljárásokkal.

Egy általam elgondolt Zigbee-t használó WBAN hálózat sematikus rajza a következő ábrán látható. Az ábrán a bal oldali hasábjában található pontok a testfelületen elhelyezkedő szenzorok kommunikációs egységei.

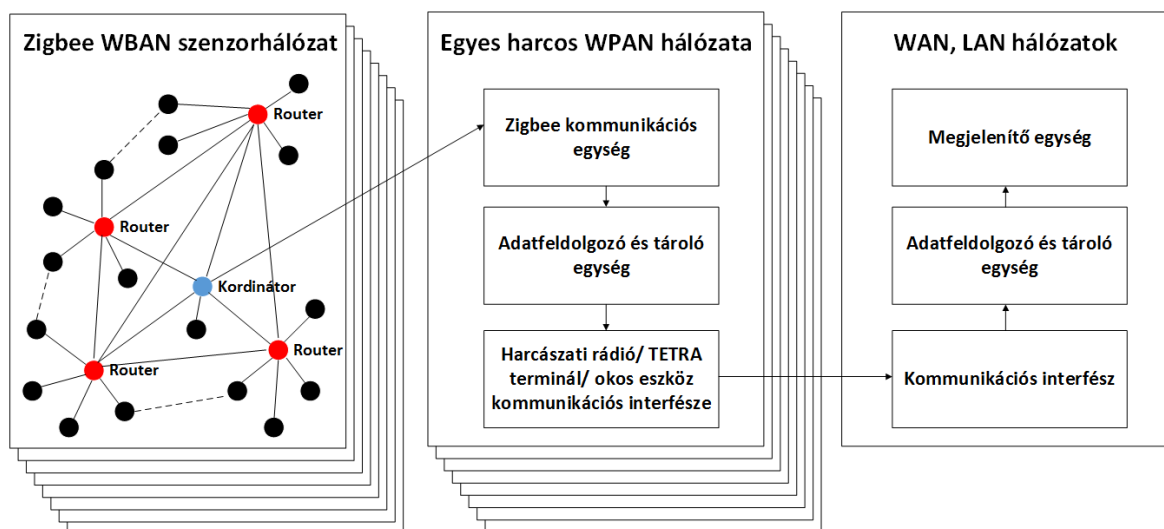
A lenti ábrán egy harcászati kisalegység (raj) egyéni egészségi állapotellenőrzés és –jelentés rendszere hálózatának logikai kapcsolódási vázlatát látható. Az egyes harcosok testfelületén kialakított Zigbee WBAN hálózaton keresztül összegyűjti az egészségi adatokat. Az ábrán a routerek csillagtopológiában fűzik fel a végpontokat, melyet folyamatos vonallal jelöltem. A logikai topológiában az egyes végpontokat lehetséges összekötni egymással, ezzel akár logikai „ÉS” kapcsolatot alakíthatunk ki a szenzorhálózatunkban (szaggatott vonal). A Zigbee koordinátor az adatokat továbbítja az egyes harcos WPAN hálózatának részét képező adatfeldolgozó és tároló egység Zigbee interfészéhez. Ezt a kommunikációs egységet, mint már említettem célszerű a katona magasabb rendű hálózatokba csatlakozó kommunikációs termináljába integrálni (pl.: harcászati rádió, TETRA terminál, kilépési pont az MH KCEHH²⁴ felé [22] stb.).

²² Medical Evacuation – Egészségügyi kiürítés

²³ Casualty Evacuation – Sérültek kiürítése

²⁴ Magyar Honvédség Kormányzati Célú Elkülönült Hírközlő Hálózata

Szenzorhálózatok adatainak áramlása a különböző hálózati szinteken keresztül



3. ábra Szenzorhálózatok adatainak áramlása a különböző hálózati szinteken keresztül (szerző)

Ebben a kommunikációs egységben kerülne elhelyezésre a Zigbee interfész, a szenzorhálózatból érkező személyi egészségügyi adatok feldolgozását végző és tároló egység, illetve a magasabb rendű hálózatok elérését biztosító kommunikációs interfész. Ez a rendszer kiegészülhet a személyi egészségügyi adatok megjelenítésére szolgáló modullal (pl.: aktuális pulzus, vérnyomás, stb.). Az egyéni egészségi állapotellenőrzés és –jelentés információkat a WPAN hálózatból lehetőség lenne lokális (pl.: raj-szakasz harcjárművekben elhelyezett szerverek) illetve távoli hálózatokba (pl.: zászlóalj harcvezetési központban elhelyezett szerverek) továbbítani. Ezekben a szinteken több személyre kiterjedően lehet elvégezni az adatok feldolgozását, tárolását, nyomon követését, megjelenítését, szoftverek és esetlegesen mesterséges intelligencia támogatásával az adatokból az egészségügyi szakszemélyzetet, valamint a parancsnokok és törzseiket támogató információkat lehet képezni. Ezen szerverek, kommunikációs és megjelenítő egységek elhelyezésre kerülhetnek szakasz-, század szinten gép- és harcjárművekben, ahol a szakasz-, századparancsnokok és felcserek juthatnak fontos információkhoz a személyi állományról. A távoli hálózatokban, például egy zászlóalj-, dandár vezetési pontokon, esetlegesen a magasabb egészségügyi ellátást végző kórházakban (ROLE-2, -3), szintén kiértékelhető az állomány egészségi helyzete. A megszerzett közel valós idejű információk jól támogatják az egészségi kiürítés megszervezését, a pihentetéshez, rehabilitációhoz nyújtanak tervezési adatokat, végső soron a saját állományról rendelkezésre álló objektív mérési eredményeken alapuló szenzorhálózatból nyert információk, elősegítik a saját információk fölényünk kialakítását.

KÖVETKEZTETÉSEK

Eddigi kutatómunkám során már az erőkövetés (BFT²⁵) számos kihívását feltártam, és tettem rá megoldási javaslatokat. Részben ezen eredményeim indukálták szenzorhálózati kutatásaim megkezdését. A sokak által predesztinált „IoT²⁶ BUMM” és vele a minden az interneten (IoE²⁷) előretörésével, a nem túl távoli jövőben már kézzel foghatók lesznek a minket körülvevő, hálózatba integrált, tömegesen jelenlévő szenzor rendszerek. Ezek alól természetesen nem

²⁵ blue force tracking

²⁶ Internet of Things

²⁷ Internet of Everething

lesznek kivételek a WPAN-WBAN méretű hálózatok, és az egészségügyi adatok közel valós időben történő nyomon követhetősége sem.

Jelen tanulmányomban feltártam az egyéni egészségi és állapotellenőrző és –jelentő rendszert támogatni képes egészségügyi eljárások, szenzorok körét, továbbá ezen szenzorokat hálózatba integrálva, bemutattam a WBAN hálózatok perspektivikus alkalmazási lehetőségeit az erőkövetési adatok megosztását illetően. Ezen vezeték nélküli rádiófrekvenciás eljárással összekapcsolt hálózatnak egyik lehetséges protokollja lehet a ZigBee.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] GÁCSER Zoltán mk. őrnagy: *A katona harci képességeit növelő korszerű, hálózatba integrált egyéni felszerelésrendszerének kialakítási lehetőségei a Magyar Honvédségben*, PhD értekezés, Budapest, 2008. p. 130. URL: http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2008/gacser_zoltan.pdf (Letöltés ideje: 2017. október. 28.)
- [2] HAIG Zsolt- VÁRHEGYI István: *Információs műveletek II. kötet*, egyetemi jegyzet, ZMNE 2004. p.
- [3] ATHERTON Kelsey: *Take A Look At Russia's New Armata Tank* [Infographic], 2015. április 1. url: <https://www.popsci.com/look-russias-new-tank-infographic> (Letöltés ideje: 2019.02.20.)
- [4] KÁROLY K.: A Magyar Honvédség helymeghatározó és jelentő rendszer kialakításának jogszabályi kérdései, In: *Társadalom és Honvédelem*, XIX. évf. 2. szám, 2015. pp. 249-260. ISSN 1417-7293
- [5] dr. Joó Péter őrnaggyal végzett mélyinterjú, 2015.06.10. Koszovó, Pristina
- [6] KHAN Y Jamil, YUCE R Mehmet: *Wireless Body Area Network (WBAN) for Medical Application*, In.: *New Development in Biomedical Engineering*, 31. fejezet Szerk.: CAMPOLO Domenico, New York, USA, 2010. ISBN 978-953-7619-57-2 DOI 10.5772/7598 pp. 591-628. URL: http://cdn.intechopen.com/pdfs/9103/InTech-Wireless_body_area_network_wban_for_medical_applications.pdf (Letöltés ideje: 2017. október 28.)
- [7] MCGRATH Michael, NÍ SCANAIL Cliodhna: *Sensor Technologies, Health Care, Wellness, and Enviromental Applications*, Apress Open Kiadó, New York, USA 2014. ISBN-13 978-1-4302-6014-1 p. 321. URL: <http://www.realtechsupport.org/UB/CM/presentations/SensorTechnologies.pdf> (Letöltés ideje: 2017. október 28.)
- [8] MÉSZÁROS Csaba: *Milyen lesz az okosruha divat?* In: *COMPUTERWORLD*, 2015.10.08. URL: <https://computerworld.hu/uzlet/milyen-lesz-az-okosruha-divat-168378.html> (Letöltés ideje: 2019.01.09.)
- [9] STUBÁN Norbert: *Vezeték nélküli magzati pulzioximéter megvalósítása*, PhD értekezés, BME, VIK, BMEETT, 2009. p. 91. URL: <https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/865/ertekezes.pdf?sequence=1> (Letöltés ideje: 2017. október 28.)
- [10] WENT István: *Élettan*, Medicina Kiadó 1962. pp. 112-147.
- [11] KESZTYŰS Lóránd: *Kórélettan*, Medicina Kiadó, 1975. ISBN 963240016X
- [12] GANONG William F.: *Az orvosi élettan alapjai*, Medicina Kiadó, 1990. ISBN 9632417836

- [13] BALLAI Vince: *Nem a csórók menedéke a magyar sereg* (2013.01.31. 16:53), In: Origo url: <http://www.origo.hu/itthon/20130130-sorkatonasag-es-hivatasos-katonasag.html> (Letöltés ideje: 2019.02.20.) - fotó: Koszticsák Szilárd - MTI
- [14] *IEEE Std. 802.15.4, 2003 Edition*, <http://standards.ieee.org/catalog/olis/lanman.html> (Letöltés ideje: 2017. október 31.)
- [15] KOVÁCS Balázs – VIDA Rolland: *A Zigbee technológia*, In.: Híradástechnika, 2003. november, pp. 9-12. ISSN 0018-2028 URL: <http://web.tmit.bme.hu/~vida/cv/zigbee.pdf> (Letöltés ideje: 2017.11.01.)
- [16] TURI Gábor: *Rádióhálózatok Zigbee- adatátvitel alapján*, In.: Magyar Elektronika, 2008/1-2, pp. 34-35.
- [17] *Zigbee Alliance*, URL: <http://www.zigbee.org> (Letöltés ideje: 2017. október 31.)
- [18] NÉMETH A, HORVÁTH A, GULYÁS A: Ultra wideband data channels for special operations forces, In: *Hadmérnök*, VIII (1) pp. 154-165. (2013), ISSN 1788-1919
- [19] GULYÁS Attila: Gondolatok az adatátviteli rendszerek fejlődéséről, In: *Seregszemle*, 2017/2. pp. 162-188. ISSN 2060-3924
- [20] JAIN Anupam – HALDER Minakshi: *An Overview of Wireless Body Area Network (WBAN) using Zigbee Technology*, In.: *International Journal of Scientific Development and Research (IJSDR)* Vol. 1. Issue 5, 2016. május ISSN 2455-2631 pp. 888-895.
- [21] *Zigbee Wireless Sensor Application for Health, Wellness and Fitness*, Zigbee Alliance, 2009. március p. 15. URL: <http://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/applicationstandards/zigbee-health-care/> (Letöltés ideje: 2017.11.20.)
- [22] JOBBÁGY Szabolcs: *A Magyar Honvédség Kormányzati Célú Elkülönült Hírközlő Hálózata*, In: *Hadmérnök* XII. évf. 3. szám 2017. szeptember pp. 223-236. ISSN 1788-1919