



Viti i XV-të i Botimit, Nr.2
Dhjetor 2023

APLIKIMET E RRJETEVE ME SENSORE PA TELA (WIRELESS) NW KUJDESIN SHWNETESOR

Fatmir Basholli *, Erda Qorri **, Joana Minga ***

, *Departamenti i Inxhinierive, Albanian University, Tiranë.*

*** Departamenti i Shkencave Mjekësore, Albanian University, Tiranë.*

Përmbledhje

Rjetat e sensorëve trupor BSN (Body Sensor Networks) janë një lloj i veçantë i rrjetave të sensorëve wireless WSN. Ndryshe nga sensorët tradicionalë që duhet të punojnë në ambiente dhe kushte të ndryshme, sensorët trupor janë të destinuar të punojnë në trupin njerëzor ose brenda trupit duke i implantuar ata. Vetëm një monitorim i vazhdueshëm me anë të sensorëve wireless BSN mund të garantojë analizimin dhe diagnostikimin e saktë jo vetëm të problemit shëndetësor, por edhe të shkaqeve dhe kushteve në të cilat shfaqet, që më së shumti janë ato të jetës dhe zakoneve të përditëshme të pacientëve. Qëllimi i shkrimit është studimi i sensorëve BSN si një teknologji e re e cila ka qëllime dhe funksione tërësisht të ndryshme nga rrjetat e sensorëve tradicional (WSN), duke dhënë arsyet e kësaj zgjedhjeje të argumentuara me diferencat e ndryshme teknike mes tyre.

Fjalë çelës: *sensorët, komunikimi wireless, diagnostikimi, monitorimi, parametrat jetësorë*

APPLICATIONS OF WIRELESS SENSOR NETWORKS IN HEALTHCARE

Abstract

Body Sensor Networks BSN is a special kind of Wireless Sensory Networks. Differently from traditional sensors which have to work in various environments and circumstances, body sensors are designed to work in the human body or inside the body by implanting them. A continuous monitoring through BSN wireless sensors can guarantee the correct diagnostics and analyzing not only of the health problem, but that of the causes and conditions where it mostly appears which are those of patients' habitual everyday life. The purpose of this article is the study of BSN as a new technology which has completely different purposes and functions from the traditional sensory networks (WSN), by giving the logical reasons of this choice with the diverse technical differences between them.

Keywords: *sensors, wireless communication, diagnostics, monitoring, vital parameters*

Hyrje

Sensorët janë pajisje që mund të përdoren për zbulimin e fenomeneve të caktuara fizike, përmes përdorimit të transdutorëve që bëjnë konvertimin e sinjaleve të ndryshme në sinjale elektrike të cilat më pas mund të analizohen. Me evulimin e teknologjisë, sidomos përsa i përket minimizimit të përmasave të qarqeve të integruara elektronike që përbëjnë sensorët, jo vetëm që ofrohen sensorë më të saktë dhe të besueshëm, por edhe me shumë funksione të sofistikuara dhe mënyra të reja komunikimi, si aftësia për të komunikuar me anë të teknologjisë pa fije *wireless*. Komunikimi wireless i lejon sensorët për të krijuar rrjeta komunikimi shumë fleksibël, *rrjetat e sensorëve wireless* (WSN), të cilat gjejnë zbatime në shumë fusha si në industri, ushtri, sporte të ndryshme dhe mbi të gjitha vitet e fundit ato po marrin një rëndësi shumë të madhe në mjekësi sidomos në vëndet e zhvilluara. Mospërdorimi i telave ka bërë të mundur përdorimin e sensorëve edhe aty ku infrastruktura e vështirëson këtë gjë, por nga ana tjetër një dispozitiv i tillë duhet të funksionojë me burime ushqimi autonome si Invertera, UPS [1,2].

Materiali dhe metoda

Në një rrjet sensorësh wireless, mund të kemi me dhjetra apo qindra pajisje me madhësi shumë të reduktuar që ushqehen me bateri dhe mund të shpërndahen në mjedise të ndryshme. Çdo pajisje është në gjëndje të monitorojë ose të shfaqë informacionin. Monitorimi mund të përfshijë mbledhjen e të dhënave të tilla si temperaturë, lagështi, lëkundje apo të dhëna të tjera të përdorura në fushën e mjekësisë. Vizualizimi mund të bëhet me anë të sinjalizimit të një llampe LED ose me anë të shfaqjes së informacionit në formë teksti i cili mund të analizohet dhe të vlerësohet nga një personel i specializuar [3,4,5].

Rezultatet dhe diskutimi i tyre

WSN në 10-vjeçarin e fundit kanë filluar të përdoren shumë në aplikime dhe fusha të ndryshme, për të monitoruar dhe mbledhur të dhëna që mund të jenë të vështira për t'u analizuar apo të shtrenjta për t'u kapur me sensorët tradicionalë me kabëll. Një nyje e thjeshtë wireless përbëhet nga sensori, një mikroprocesor, antenë, si dhe bateria që ushqen gjithë qarkun. Aktualisht janë zhvilluar një numër i madh platformash harduere për sensorët wireless, megjithatë sfida kryesore duke qënë se autonomia e tyre varet nga jetëgjatësia e baterive, është zhvillimi i protokolleve të reja të komunikimit wireless që të jenë sa më eficientë në shfrytëzimin e energjisë [6,7]. Ndër platformat kryesore të sensorëve wireless përmendim:

- Mica Family (Mica Mica2 MicaZ) - Crossbow Technology Inc
- Telos Family (Telos, Telosa, Telosb, TmoteSky) - Moteiv Corporation
- BTnode – ETH Zurigo
- EyesIFX Family (EyesIFX EyesIFXv1 EyesIFXv2) - Ember Corporation
- Firefly - Carnegie Mellon University
- SquidBee – DiGI
- EZ430-RF2500 – Texas Instruments

Në figurën 1.1 a, b dhe c jepen disa nga platformat harduere të përdorura për ndërtimin e rrjetave të sensorëve WSN.



Figura 1.1: a) Nyje sensor MICA2, b) Nyje sensor TmoteSky, c) Nyje sensor SquidBee.

I. Kalimi nga rrjetat e sensorëve wireless WSN tek rrjetat BSN

Në fushën e mjekësisë një rrjet sensorësh wireless mund të aplikohet duke i vendosur sensorët mbi trupin e njeriut ose duke i transplantuar ato direkt në indet e brëndshme të trupit. Megjithatë, pavarësisht zhvillimit të teknologjisë WSN dhe përdorimit të saj në fusha të ndryshme, ajo nuk ofron shërbime specifike për monitorimin e trupit njerëzor. Lind kështu nevoja e futjes së një koncepti të ri në fushën e rrjetave të sensorëve, atë të *Body Sensor Networks* (BSN) duke ju referuar platformave të projektuara në mënyrë specifike për lidhjen pa fije (wireless) të sensorëve sipërfaqësorë dhe të impiantueshëm në trupin e pacientit. Figura 1.2 tregon në mënyrë skematike një pacient me disa sensorë të vendosur në trup të cilët masin parametrat jetësorë, secili prej këtyre sensorëve përbëhet nga një procesor i vogël, një antenë dhe një bateri. Të gjithë këto elementë së bashku formojnë një rrjet kompleks BSN të aftë për tu integruar me ambientin e shtëpisë, punës apo spitalit. Nyja qendrore e quajtur ndryshe edhe nyje kordinatore siguron kapjen e saktë të të dhënave nga sensorët me të cilët është e lidhur, bën një përpunim paraprak të të dhënave dhe pastaj transmeton me anë të wireless-it informacionin një njësie lokale të përpunimit të të dhënave (LPU). Të dhënat nga të gjithë sensorët mblidhen më pas nga LPU, përpunohen, multipleksohen dhe transmetohen në një server qendror monitorimi nëpërmjet LAN wireless, Bluetooth, GPRS, 4 ose 5G. Sensorët që pozicionohen në pjesë të ndryshme të trupit të njeriut, formojnë atë që quhet *Body Sensor Networks* ose e thënë ndryshe *Wireless Body Area Network* (WBAN), ose thjeshtë BAN [8,9,10].

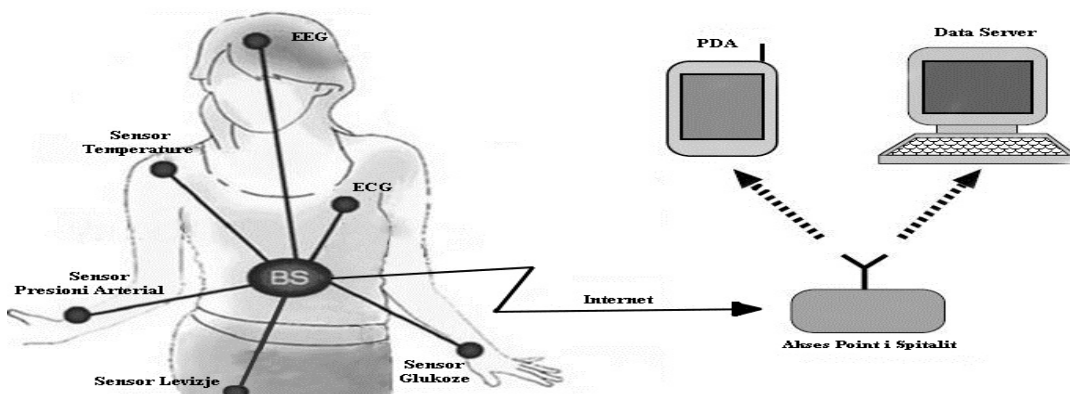


Figura 1.2: Paraqitja skematike e një rrjeti sensorësh BSN.

Zhvillimi i rrjetave BSN, ka përfituar shumë nga evulimi dhe përmirësimi i rrjetave WSN në 10-vjeçarin e fundit. Megjithatë një pjesë e platformave të zhvilluara për WSN mund të modifikohen për tu përdorur në rrjetat BSN, duhet të jetë e qartë se kërkesat e aplikacioneve BSN janë shumë të ndryshme nga ato të rrjetave WSN. Më poshtë do japim disa nga diferencat mes rrjetave BSN dhe atyre WSN duke u ndalur tek kërkesat e reja që parashatrojnë sensorët trupor BSN [11,12].

2. Ndryshimet e rrjetave BSN nga ato WSN

• *Numri dhe densiteti i sensorëve*

Ndryshimi në numrin e nyjeve/sensorëve të përdorur në rrjet varet nga shumë faktorë. Nyjet në një rrjet BSN pozicionohen në trupin e pacientëve ose futen brënda trupit të tyre. Ndërsa sensorët WSN përdoren në ambiente, dimensionet e të cilave mund të variojnë shumë, nga disa metra deri në kilometra. BSN janë të organizuara në një hapësirë shumë të vogël siç është trupi i njeriut, pra përmasat e këtij rrjeti variojnë nga disa cm në disa metra. Tek BSN të gjitha pajisjet kanë të njëjtën rëndësi dhe i shtohen rrjetit vetëm atëherë kur kërkohen në një aplikacion të caktuar. Pra rrjetat BSN nuk janë rrjeta me dendësi të lartë sensorësh siç janë rrjetat WSN [13].

• *Data-rate*

Shumica e rrjetave WSN përdoren për monitorimin e fenomeneve që mund të shfaqen në intervale të ç'rregullta. Ndryshe nga WSN rrjetat BSN përdoren për regjistrimin e veprimeve dhe të parametrave fiziologjike të trupit njerëzor, që shfaqin zakonisht një ndryshim më gradual dhe periodik, gjë e cila çon në një *data-rate* më të qëndrueshme për aplikacionet e ndryshme. Nga ana tjetër heterogjeniteti i madh i shumë prej pajisjeve të rrjetave BSN çon në kërkesa të ndryshme të burimeve të rrjetit për sa i takon data-rate në transmetim, konsumit energjetik dhe sigurisë. Sasia e informacionit të transmetuar varion shumë, ajo mund të ndryshojë nga disa kbit/sekondë në disa Mbit/sekondë të kërkuara për video *streaming*. Në tabelat 1.1 dhe 1.2 janë treguar shpejtësitë e ndryshme në transmetim të disa aplikacioneve [14,15].

Tabela 1.1: Kërkesat minimale dhe maksimale për polisonografinë dixhitale. Rezolucioni grafik zgjidhet në bazë të saktësisë së instrumentave të përdorur në matjen e parametrave.

Funksioni	Sinjali	Frekuenca minimale	Frekuenca optimale	Rezolucioni Dixhital
Neurologji	Elektroencefalogram	100 Hz	200 Hz	0.5 μ V/Bit
	Elektro-okulogram	100 Hz	200 Hz	0.5 μ V/Bit
	Elektromiogram	100 Hz	200 Hz	0.2 μ V/Bit
Frymëmarrje	Lëvizjet e frymëmarrjes	16 Hz	25 Hz	n.a.
	Presioni i ezofagut	16 Hz	100 Hz	0.5 mmHg/Bit
	Saturimi me oksigjen	0.5 Hz	1 Hz	1 %/Bit
	pO ₂ , pCO ₂	0.5 Hz	1 Hz	0.1 mmHg/Bit
	Zhurma në frymëmarrje	1 Hz	5000 Hz	n.a.
Kardiologji	ECG	100 Hz	250 Hz	10 μ V/Bit
	Rrahjet e zemrës	1 Hz	4 Hz	1 bpm
	Presioni i gjakut	50 Hz	100 Hz	1 mmHg/Bit
Ndihmës	Temperaturë trupore	0.1 Hz	1 Hz	0.1° Celcius/Bit
	Pozicioni i trupit	0.1 Hz	1 Hz	n.a.

Vërehet se vlerat për aplikacione të veçanta nuk janë edhe aq shumë të larta, megjithatë nëse marrim parasysh numrin e pajisjeve që mund të perbejnë një BSN (psh. dhjetra përsheptues, ECG, EMG...)

atëherë arrijmë lehtësisht rëndin e Mbps, që rezulton shumë me i lartë se *bit-rate* i secilës pajisje të përdorur në aplikacione të ndryshme [16,17].

Tabela 1.2: Informacioni i marrë nga matja e parametrave jetësorë. (a) Brezi = $f_{\max} - f_{\min}$

(b) Frekuenca = $5 * f_{\max}$, (c) Frekuenca = Rezolucioni * Data-rate.

Parametra jetësorë	Ushqimi (V)	Numri i sensorëve	Brezi (Hz)	Frekuenca (Hz)	Rezolucioni (bit)	Data-rate (b/s)
ECG	0.5-4 m	5-9	0.01-250	1250	12	15.000
Rrahjet zemrës	0.5-4 m	2	0.4-5	25	24	600
EEG	2-200 μ	20	0.5-70	350	12	4200
EMG	0.1-5 m	2+	0-10.000	50.000	12	600.000
Frymëmarrja	Vogël	1	1.1-10	50	16	800
Temperatura	0-100 m	1+	0-1	5	16	80

Siguria në transmetim jepet në BER (Bit Error Ratio) që është raporti mes bitëve që nuk merren të saktë kundrejt atyre të transmetuar. Në tabelën 1.2 pajisjet që kanë një *data-rate* të ulët arrijnë një BER të lartë (psh. 10^{-4}), ndërsa pajisjet me *data-rate* të lartë lejojnë një BER të ulët (psh. 10^{-10}). BER-i i kërkuar varet sigurisht se sa kritike janë të dhënat që duhen transmetuar.

• **Zvogëlimi i konsumit energjistik dhe “Energy Scavenging”**

Konsumin energjistik i pajisjeve për rrjetat BSN mund ta ndajmë në 3 etapa: monitorimi, komunikimi wireless dhe procesimi i të dhënave. Transmetimi wireless është etapa që kërkon më shumë energji. Dimensionet e baterisë në pjesën më të madhe të sensorëve janë ato që ndikojnë më së shumti si në përmasën ashtu edhe në peshën e sensorëve, për këtë motiv ajo duhet zgjedhur sa më shumë e vogël. Kjo zgjidhje favorizon prodhimin e sensorëve shumë të vegjël por nga ana tjetër çon në uljen e pavarësisë së funksionimit të tyre. Në shumë aplikime, sensorët/aktuatorët brënda një rrjeti BSN duhet të operojnë me një bateri autonome që të mos këtë nevojë për ndërhyrje për muaj apo edhe vite. Ky aspekt është i një rëndësie vitale sidomos në pajisjet që futen brenda trupit të pacientit por zëvendësimi i baterisë duhet evituar sa më shumë edhe aty ku është e mundur. Autonomia e një nyje, të pajisur me një bateri, mund të përmirësohet përmes përdorimit të teknikave të “*energy scavenging*” dhe ka të bëjë me konvertimin e energjisë së çliruar nga proceset natyrore dhe artificiale në energji elektrike gjatë punës së pajisjeve të sistemit. Idealisht nëse energjia e akumuluar është më e madhe se ajo mesatare e konsumuar, sistemi mund të qëndrojë në ekzekutim në infinit. Gjithësesi në rrjetat BSN energjia në fjalë është shumë e vogël duke shkuar nga ca nano-wat në disa qindra mili-vat për centimetër kub. Prandaj një konsum i ulët dhe *energy scavenging* është zgjidhja më e mirë për zhvillimin e BSN autonome. Për një rrjet BSN energjia që duhet të shfrytëzohet është nxehtësia dhe vibrimet e trupit. Për shembull një gjenerator termoelektrik (TEG) përdoret për transformimin e diferencës së temperaturës mes ambientit dhe trupit njerëzor në energji elektrike, gjithashtu kemi edhe aplikacione të cilat përdorin ecjen si burim energjie. Gjatë transmetimeve radio, pajisjet prodhojnë nxehtësi që përthithet nga indet përreth duke ngritur temperaturën trupore. Për të zvogëluar rritjen e temperaturës, duke kursyer edhe baterinë, konsumi energjistik duhet të jetë minimal. Sasia e fuqisë së përthithur nga indet e trupit të ekspozuara ndaj një fushe elektromagnetike shprehet në SAR dhe ka për njësi (W/kg). Meqënëse pajisjet ndodhen në sipërfaqen e trupit ose në brendësi të tij, SAR-i lokal mund të jetë shumë i lartë. Ai duhet minimizuar, kjo edhe për respektimin e normave ndërkombëtare të vendosura në këtë fushë [18,19,20,21].

- ***Rrezatimi RF***

Transmetimet me fuqi të vogël duhet të përdoren për të zvogëluar interferencat dhe për të parandaluar dëme shëndetësore. Duhet gjithashtu pasur parasysh përhapja e valëve në trupin njerëzor për sa i përket ndikimit në dobësimin e sinjalit përpara se ky të arrijë marrësin.

- ***Mobiliteti***

Shpesh pajisjet BSN duhen vendosur në një pacient i cili është në lëvizje, për këtë arsye BSN duhet të jenë të afta për tu përshtatur ndryshimeve të shpeshta në rrjet.

- ***Besueshmëria***

Një çështje thelbësore për sa i përket transmetimit të të dhënave në mënyrë që të dhënat e monitoruara të merren nga marrësi në mënyrë korrekte. Ndër parametrat e besueshmërisë përmëndim dërgimin e sigurtë të të dhënave, dërgimin e tyre sipas rradhës. Gjithashtu mesazhet duhet të dërgohen brenda një kohe të pranueshme. Besueshmëria e rrjetit refle- ktohet direkt në cilësinë e monitorimit të pacientit dhe në rastin më të keq mund të jetë fatale për jetën e tij.

- ***Thjeshtësia në përdorim***

Në të shumtën e rasteve pajisjet BSN do të përdoren nga një staf mjekësh brënda një spitali, nga vetë pacienti por sidoqoftë jo nga inxhinierë ekspertë. Si pasojë vetë rrjeti duhet të jetë i aftë të vetëkonfigurohet dhe vetëmirembahet, si dhe të ekzistojë mundësia për të rikonfiguruar nyjet për shtimin e aplikacioneve të reja sipas nevojës. Kur një nyje vendoset në trupin e pacientit dhe ndizet, ajo duhet të jetë e aftë të lidhet automatikisht në rrjet pa pasur nevojën e ndërhyrjes së jashtme.

- ***Siguria dhe Privatësia***

Ndryshe nga rrjetat WSN të dhënat që transmetohen në rrjetat e sensorëve BSN janë teper të ndjeshme dhe konfidenciale. Ato përmbajnë informacione mjeksore mbi pacientë të caktuar të cilat duhen enkriptuar, kjo sidomos në rastet kur ato transmetohen në internet për të evituar që persona të tjerë të dëmtojnë integritetin dhe privatësinë e tyre.

3. Monitorimi i pacientit me anë të sensorëve BSN

Progreset e vazhdueshme për sa i përket zvogëlimit të përmasave dhe rritjes së jetëgjatësisë së baterive, zvogëlimi i konsumit energjetik janë themelore për sisteme të cilat shërbejnë për monitorimin e pacientëve, sidomos duke përdorur sensor të implantueshëm. Kështu përdorimi në shkallë të gjërë i teknologjisë BSN, do të sigurojë aksesin e informacioneve të sakta mjeksore në çdo vënd dhe çdo moment, duke përmirësuar kështu cilësinë e shërbimit mjekësor të ofruar [22,23].

4. Monitormi në ambientin spitalor

Në ambientin spitalor mundësia për të mbledhur vazhdimisht të dhëna si për shembull matja e parametrave jetësor si (presioni i gjakut, temperatura trupore, ECG) tek një pacient të cilit nuk i është diagnostikuar akoma sëmundja, krijon mundësinë e gjetjes së problemit akoma pa u shfaqur mirë duke bërë që pacienti t'i rikthehet sa më shpejt jetës dhe aktivitetit të tij pa qëndruar gjatë në strukturat spitalore. Gjithashtu matja e vazhdueshme e këtyre parametrave tek pacientët në fazën pas operacionit, eviton përdorimin e matjeve dhe dokumentimit manual të gjëndjes shëndetësore duke evituar gabimet njerëzore. Nga ana tjetër futja e një sistemi automatik të monitorimit lejon memorizimin e të gjitha të dhënave, që mund të humbisnin pjesërisht për një analizim të mëvonshëm of-line të tyre. Teknologjia MEMS (Mikro Electro-Mechanical System) është një tjetër fushë që përdor mikro platforma të sofistikuar për monitorimin e tyre [24,25,26].

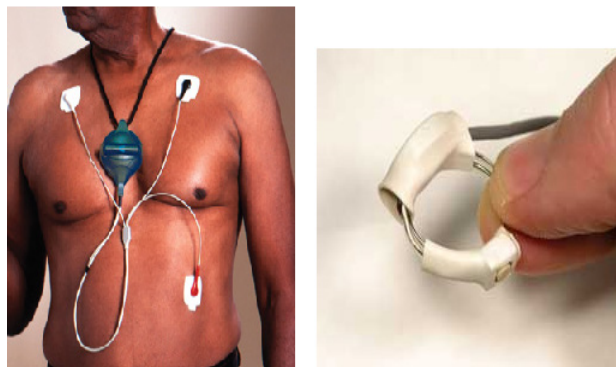


Figura 1.3: (Majtas) CardioNET (Djathtas) Sensor i futur brënda një unaze.

Në figurën 1.3 në të djathtë tregohet mundësia për të futur për shembull një sensor një përshpejtues MEMS brënda një unaze. Ndërsa në të majtë tregohet një CardioNET, të përbërë nga 3 sensorë ECG të lidhur me një PDA që proceson dhe shfaq të dhënat më me interes për zbulimin e shqetësimeve kardiake. Ndërsa në figurën 1.4 tregohet projekti “Code Blue” me të cilin është realizuar një rrjet sensorësh, duke përdorur platformat MicaZ dhe Telos, të formuar nga një matës pulsi dhe nga një sensor ECG.

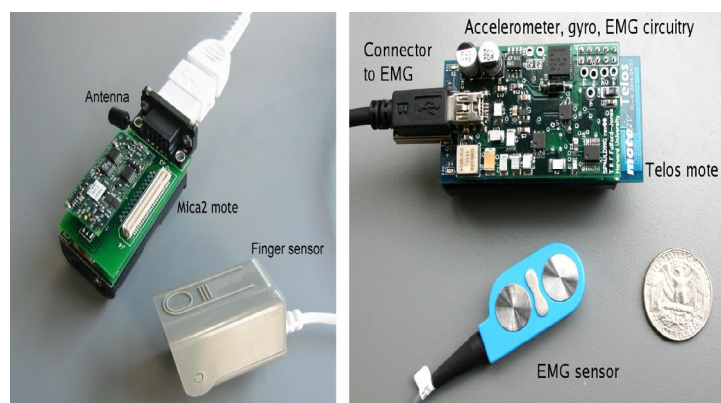


Figura 1.4: Code Blue (Universiteti i Harvard-it).

4.1 Monitorimi në shtëpi

Një tjetër skenar i përdorimit të rrjetave BSN është mundësia e përdorimit të tyre për monitorimin e personave “në rrezik”, siç janë për shembull personat e moshuar dhe me aftësi të kufizuara fizike ose persona të sapo dalë nga spitali pas një operacioni. Ky monitorim i vazhdueshëm mund të jetë shumë më efikas nëse përdoret në ambientin shtëpiak duke qënë se në këtë ambient këto kategori njerëzish kalojnë pjesën më të madhe të kohës. Monitorimi në ambientin shtëpiak përveç avantazheve ekonomike dhe sociale ka edhe shumë përparësi të tjera ku përmendim ndihmën ndaj mjekëve për të mbledhur të dhëna të sakta, të pa influencuara nga stresi në ambientet spitalore të cilit i nënshtrohen shpesh pacientët. Përdorimi i tyre jo vetëm që do lejojë zbulimin në kohë të ndryshimeve qoftë edhe shumë të vogla të parametrave vitalë, gjë e cila është e vështirë të dallohet nga një vizitë tradicionale mjekësore, por do bëjë të mundur monitorimin e shëndetit nga vetë pacienti. Kjo duke i bërë pajisjet që implementojnë sensorët BSN më të thjeshta në përdorim.

4.2 Monitorimi i pacientëve me sëmundje kronike

Vlerësimi i rëndësisë së monitorimit të pacientëve mund të kuptohet më mirë nëse merret parasysh numri i madh i sëmundjeve kronike që ekzistojnë dhe nevoja për të parashikuar sa më parë diagnostikimin dhe trajtimin e tyre. Mund të përmendim këtu hipertensionin dhe diabetin të cilat mund të bëhen shkak për sëmundje të ndryshme të zemrës deri në infarkt. Pasi pacientit i diagnostikohet hipertensioni, kërkohet një monitorim i rregullt i tensionit arterial për të siguruar një terapi korrekte të saj. Mjekët mund ti

shfrytëzojnë sensorët BSN për monitorimin e pacientëve që dyshohet se vuajnë nga hipertensioni gjatë jetës së tyre të përditëshme, duke i lidhur rezultatet me aktivitetin e tyre të zakonshëm, për të kuptuar më mirë cila terapi duhet filluar dhe monitorimin e rezultateve gjatë përdorimit të saj. Gjithashtu kontrolli i nivelit të glukozës në gjak si dhe marrja e insulinës mund të kryhet me anën e një “Glukometri” i cili jo vetëm analizon nivelin e glukozës, por pas procesimit të informacioneve të mbledhura dhe me anën e një platforme softuere dhe harduere të përshtatëshme bën injektimin e insulinës sipas nevojave të trupit duke realizuar kështu një lloj “mëlçie artificiale”. Të gjitha mënyrat e mësipërme të monitorimit me anë të sensorëve BSN kanë një qëllim të vetëm: monitorimin dhe kontrollin e shëndetit të njerëzve në mënyrë sa më eficiente pavarësisht nga ambienti në të cilin ata ndodhen. Futja e sensorëve në veshje ka avantazhin e krijimit të një sistemi sensorësh që përdoret lehtë por kësaj praktike i mungon fleksibiliteti pasi shpesh sensorët duhet ti përshtaten fizionomisë së pacientit. Nga ana tjetër zhvillimi i sensorëve të implantueshëm në trup të cilët janë biokompatibël dhe të degradueshëm shihet si e ardhmja e BSN-ve për të krijuar një rrjet sensorësh që lejon shtimin apo edhe heqjen e tyre sipas nevojës [27,28] .

II. Teknologjia e realizimit të rrjetave BSN

1. Hardueri

Një rrjet BSN përbëhet nga një numër i ndryshueshëm dhe heterogjen dispozitivësh. Sipas funksionit kryesor që ato kanë mund ti ndajmë në 3 grupe:

- a) *Nyje sensor marrëse*: dispozitiv që mbledh të dhënat e parametrave jetësor të pacientëve, i përpunon dhe nëse është e nevojshme i transmeton ato përmes wireless-it;
- b) *Nyje sensor zbatuese*: dispozitiv që vepron sipas të dhënave që merr nga sensorët e ndryshëm ose nga veprimi me përdoruesin. Pjesët përbërëse të tij janë shpesh të ngjashme me atë të një sensori marrës. Përbëhet nga “actuating-harduere” (psh. pjesa harduere që përdoret për të injektuar ilaçet duke përfshirë edhe rezervën që përmban ilaçin), baterinë, procesorin, memorien dhe një antenë;
- c) *Personal Device (PDA)*: dispozitiv që mbledh të dhënat nga të gjithë sensorët e rrjetit dhe mund ti transmetojë tek një sistem vizualizimi dhe analizimi të dhënash. Në të kundërt mund të bëjë vetë procesimin e të dhënave si dhe vizualizimin e tyre. Gjithashtu mund të komandojë sensorët ose tu transmetojë informacionet mjekësive. Pjesët përbërëse janë bateria, një procesor me i fuqishëm krahasuar me atë të sensorëve, memoria dhe antena. Ky dispozitiv njihet ndryshe edhe si *Body Control Unit (BCU)*, zakonisht ai mund të jetë një smartphone, PDA ose një PC local [29] .

Sensorët dhe ekzekutuesit janë pjesët përbërëse kryesore të një rrjeti BAN. Ato përbëjnë urën mes botës fizike dhe sistemeve elektronike. Kontakti i tyre direkt me trupin dhe përdorimi i tyre shpesh herë brenda trupit, përbën shpesh kufizime dhe sfida për sa i përket përmasave si dhe biokompatibilitetit të tyre me trupin njerëzor. Kjo gjë ka motivuar kërkimin si dhe prodhimin e materialeve të reja për realizimin e tyre. Në vitet e fundit interesi në biosensor dhe sensor kimik është rritur shumë duke sjellur zhvillimin e sensorëve shumë të përparuar. Në paragrafët në vijim do jepet një klasifikim i sensorëve të përdorur në BAN, si dhe do flasim për disa nga tipet e sensorëve trupor që aktualisht përdoren.

2. Sensorët truporë

Sensorët truporë të lidhur në një rrjet sensorësh wireless marrin dhe transmetojnë të dhënat që i duhet të mbledhë aplikacioni. Kërkesat specifike që kanë disa aplikacione mjekësore kërkojnë përdorimin e sensorëve që ndryshojnë nga ata normal wireless. Më poshtë do të përshkruajmë tre tipet kryesore të sensorëve duke pasur parasysh përdorimin e tyre në aplikacionet BAN, të cilat janë: transduktorët fizik, sensorët kimik, biosensorët.

Transduktorët fizik monitorojnë fenomene fizike si drita, lëvizja, temperatura...etj. Për shembull sensorët e presionit, përshpejtuesit, sensorët e dritës, ata të tingujve. Janë sensor jo specifik në ambientin biomjeksor

por në një BAN janë të një rëndësie të veçantë për të mbledhur informacion mbi ambjentin e jashtëm. Janë kategoria tipike që përdoren brënda një rrjeti WSN tradicional dhe zakonisht janë me kosto të ulët dhe konsumojnë pak energji. Sensorët kimik lejojnë kthimin e madhësive kimike në madhësi elektrike. Një sensor kimik është i përbërë zakonisht nga një membranë e ndjeshme ndaj substancave kimike që duam të dallojmë dhe të masim, nga një strukturë mbështetëse elektronike për kontrollin. Karakteristike për këta sensor janë përmasat shumë të vogla, që janë duke shkuar drejt rëndit të nanometrit. Përdorime të zakonshme të këtyre sensorëve janë analizimi i pështymës, djersës, përqëndrimi i disa gazeve në frymëmarrje (ketone, aldeide) që janë tregues të disa sëmundjeve si diabeti, ulçëra.

Biosensorët janë sensorë të veçantë që përbëhen nga një element aktiv biologjik (enzima, qeliza, antitropa etj.) dhe nga një pjesë elektronike. Principi i funksionimit është shumë i thjeshtë: elementi biologjik vepron me substratin që duhet të analizohet dhe një sistem konvertimi (sensor) që konverton përgjigjen biokimike në sinjal elektrik. Disa nga biosensorët më të rëndësishëm që përdoren më së shumti sot në mjeksinë moderne janë: përshpejtuesat, glukometri, sensor për matjen e presionit të gjakut, sensorë EEG, sensorë ECG, sensorë të CO_2 , sensorë EMG, Pulsometëri.

Tek përshpejtuesat (Figura 2.1) principi i funksionimit është llogaritja e inercisë së një trupi kur ky i fundit i nënshtrohet një përshpejtimi. Trupi varet në një element elastik, ndërsa me anë të një sensori shumë të ndjeshëm vlerësohet spostimi i tij lidhur me strukturën fikse të pajisjes. Si pasojë e përshpejtimit, trupi i cili ka një inerci të veten spostohet nga pozicioni i tij në proporcion me përshpejtimin e shkaktuar. Sensori transformon këtë spostim në një sinjal elektrik që mund të vlerësohet me tej. Spostimi mund të përcaktohet në disa mënyra.

Një *përshpejtues kapacitiv* basohet kryesisht në ndryshimin e kapacitetit duke përdorur teknologjinë MEMS mund të arrihet që të kapen variacione shumë të vogla të kapacitetit, të rëndit 10^{-18} – 10^{-21} F. Ndërsa në përshpejtuesit piezorezistiv përdoren sensor piezorezistiv në një element të deformueshëm për të matur shkallën e deformimit.



Figura 2.1: (Majtas) Sensor të futur në në bluzë. (Djathtas) Madhësia e përshpejtuar MEMS, krahasuar kjo me majën e një shkrepseje.

Sensori i presionit të gjakut është një sensor joinvaziv i cili lejon matjen e presionit arterial duke përdorur teknika të përshpejtuesve. Në figurën 2.2 tregohet një zgjidhje e disponueshme në treg e cila integron brenda saj një sensor të tillë, i cili mund të përdoret si një orë dore duke lejuar gjithmonë monitorimin dhe mbajtjen në kontroll të presionit të gjakut.

Sensorët EEG masin aktivitetin cerebral të trurit duke vendosur disa elektroda të vogla në sipërfaqen e kokës. Sinjalet që vijnë nga elektrodën amplifikohen pastaj për të marrë një sinjal të mjaftueshëm për ta shfaqur në monitor. Në figurën 2.2 tregohet një pacient që përdor një fasho elastike brenda së cilës ndodhen sensorë EEG, duke thjeshtësuar përdorimin e tyre qofte për mjekët ashtu edhe për pacientët.



Figura 2.2: (Majtas) Sensor i pulsit. (Djathtas) Fasho elastike që përmban sensor EEG.

Glukometri i paraqitur në figurën 2.3 është një biosensor që mat sasinë e glukozës në gjak duke analizuar një pikë gjaku nga një shpim i vogël i gishtit.

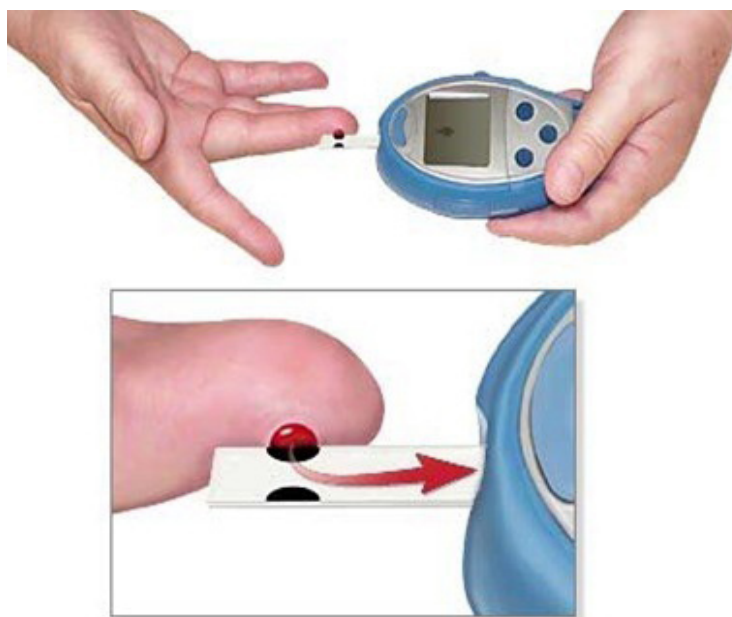


Figura 2.3: Glukometer për matjen e sasisë së glukozës në gjak.

Sensorët EMG matin sinjalet elektrike të prodhuara nga muskujt kur ata tkurren ose lëshohen. Shpesh kryhen studime mbi aktivitetin nervor gjatë monitorimit të muskujve pasi nervat kontrollojnë muskujt e trupit me anë të impulseve elektrike, që komandojnë muskujt për të reaguar në një mënyrë të caktuar. Probleme të caktuara në mbaresat nervore dhe në muskuj mund të shkaktojnë veprime anormale në lëvizje të cilat mund të studiohen përmes kësaj analize.

Sensorët e ECG regjistrojnë aktivitetin elektrik të zemrës. Për të marrë një ECG vendosen disa elektroda në pozicione të caktuara në gjoks dhe matet pastaj diferenca e potencialit mes tyre. Në figurën 2.4 tregohet një sensor ECG brenda një qarku të përkulshëm fale assemblimit në një substrat poliamidesh; elektroda standarde janë përdorur për ti kapur me trupin e njeriut. Ky fleksibilitet në materialin që e përbën, lejon futjen dhe integrimin e qarkut në veshje duke krijuar një sistem joinvaziv të aftë për monitorimin e zemrës gjatë aktivitetit të përditshëm.

Pulsometëri paraqitur në figurën 2.4 është një instrument i aftë të kapë saturimin e hemoglobinës së gjakut me oksigjen. Me fjalë të tjera mat nëse në gjak qarkullon një sasi e mjaftueshme oksigjeni. Prandaj është shumë e dobishme për të vlerësuar cilësinë e aparateve që ndihmojnë në frymëmarrjen artificiale, gjithashtu ai tregon edhe frekuencën kardiake. Konsiston në një sensor që mund të kapet në gisht, sensori

lëshon një dritë që është e aftë të përshkojë lëkurën. Në bazë të përthithjes së dritës nga hemoglobina e oksigjenuar në raport me sasinë totale të hemoglobinës në gjakun arterial përcaktohet edhe shkalla e oksigjenimit të pacientit. Sensorët e CO₂ shërbejnë për matjen e nivelin e dioksidit të karbonit si dhe nivelin e përqendrimit të oksigjenit gjatë frymëmarrjes (Figura 2.4 lart në të djathtë).

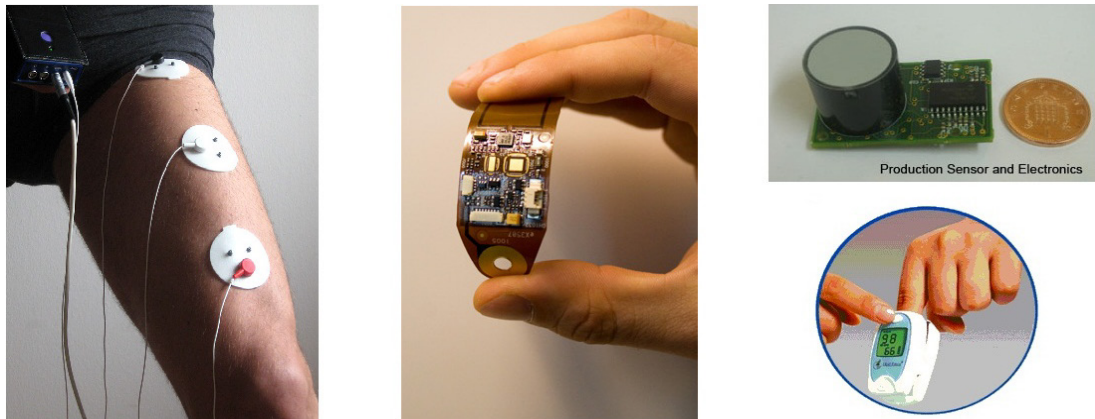


Figura 2.4: (Majtas) Sensorë EMG. (Qëndër) Sensor ECG fleksibël. (Djathtas-Lart) Sensor CO₂ dimensionet e të cilit krahasohen me një eurocent. (Djathtas-Poshtë) Pulsometër.

Progreset në teknologjinë MEMS, në minimizimin e përmasave të burimeve të energjisë dhe përdorimin e teknikave të energy scavenging, në zhvillimin e biosensorëve kimik është duke sjellë zhvillimin e një klase të re të sensorëve që vishen dhe impiantohen të cilët përfaqësojnë të ardhmen e monitorimit efektiv të pacientëve. Megjithatë biosensorët dhe sensorët e impiantueshëm janë ende në faza eksperimentale në ndryshim nga sensorët që vishen të cilët po gjejnë zbatim gjithnjë e më të madh në monitorimin e pacientëve [30,31,32] .

Përfundime

Një nga pengesat kryesore në zhvillimin e aplikacioneve mjeksore në rrjetat BSN mbetet kostoja dhe konsumi energjetik i pajisjeve ku shpeshherë zëvendësimi periodik i baterive është i vështirë apo i pamundur, si në rastin e sensorëve dhe pajisjeve mjeksorë të cilat implementohen brënda trupit të njeriut. Zgjidhja e këtij problemi mund të arrihet vetëm duke përdorur protokolle komunikimi eficiente me kompleksitet të vogël të cilat jo vetëm që mund të ulin konsumin e energjisë gjatë komunikimit por edhe koston e prodhimit pasi kërkojnë memorie më të vogla duke lejuar kështu edhe minimizimin e përmasave të tyre.

Ndër protokollat e komunikimit ekzistuese wireless të përdorura në rrjetat e sensorëve, përdorimi i protokollit ZigBee përbën një avantazh pasi është një protokoll i studiuar për të ofruar një konsum të vogël energjetik të nyjave, thjeshtësia e tij ofron mundësinë e implementimit në nyje wireless me burime të kufizuara harduere dhe softuere.

Ndryshe nga sensorët tradicional të rrjetave WSN, sensorët që implementojnë protokollin ZigBee janë në gjendje të fjetur pjesën më të madhe të kohës, për të rritur eficiencën e komunikimit në rastet kur të dhënat e transmetuara kërkojnë siguri të lartë, duhet të përdoret komunikimi me beacon mes kordinatorit dhe pajisjes.

Nga studimi i topologjive të ndryshme të lidhjes në një rrjet BSN të sensorëve ZigBee del qartë se topologjia yll është shumë herë me eficiente për sa i përket konsumit të energjisë se sa topologjia Mesh pasi ata mund të përdorin sensorë RFD me funksione të kufizuara të cilët konsumojnë më pak energji. Ndërsa problemi i sinkronizimit të të dhënave që merren në terminalin e kontrollit nga pajisje dhe kordinatorë të ndryshëm mund të zgjidhet duke përdorur një topologji mikse cluster-tree e cila bën që të krijohet një kohë vonësë pak a shumë konstante në transmetim.

Referenca

1. J. Adams, (2005). “Building Low Power Wireless Sensor Networks Using ZigBee Technology”, Embedded Healthcare Systems Resource Guide, Networking: Technology. 2005.
2. Fatmir Basholli, Bexhet Kamo, (2023), Regenerative energy management algorithm-reuse in systems supplied with UPS. ICITEE23, ISBN:978-9928-805-28-7, pages 159-162
3. Ko, J. G., Cho, Y. H. and Kim, H., (2009). Performance Evaluation of IEEE 802.15.4 MAC with Different Backoff Ranges in Wireless Sensor Networks, In:IEEE International Conference on Communication Systems, Oct 2009 Singapore.
4. JIOT.2014.2325071 Allegretti, M. (2014). Concept for floating and submersible wireless sensor network for water basin monitoring. Wireless Sensor Network, 06(06), 104–108. doi:10.4236/wsn.2014.66011
5. Fatmir Basholli, (2018). Aplikime te elektronikes ne telemjekesi. Optime, Reviste shkencore e “Albanian University”, ISSN:2220-461X, Viti i IX, Nr 2, Dhjetor 2018, faqe 129-143
6. Brinis, N., & Saidane, L. (2016). Context-aware wireless sensor network suitable for precision agriculture. Wireless Sensor Network, 8(1), 1–12. doi:10.4236/wsn.2016.81001
7. Chachin, P. (2017). IoT is making its way into housing and utility infrastructure. Electronics: Science, Technology, Business, (6), 138–142. doi: 10.22184/1992-4178.2017.166.6.138.142
8. Chao, C., & Hsiao, T. (2014). Design of unstructured and energy-balanced data collection in wireless sensor networks. Journal of Network and Computer Applications, 37, 229–239. doi:10.1016/j.jnca.2013.02.013
9. Chen, C. (2016). A fuzzy indoor positioning system with ZigBee Wireless sensors. Journal of Electrical and Electronics Engineering (Oradea), 4(5), 97. doi:10.11648/j.jee.20160405.12
10. Mema, B., Basholli, F., & Hyka, D. (2023). ChatGPT in Albanian higher education: Transforming learning and virtual interaction. Advanced Engineering Days, 8, 23-27
11. Condon, S. (2018). IoT will account for nearly half of connected devices by 2020, Cisco says. ZDNet. Retrieved from <http://www.zdnet.com/article/iot-will-account-for-nearly-half-of-connected-devices-by-2020-cisco-says>
12. Harizaj, M., Bisha, I., & Basholli, F. (2023). IOT integration of electric vehicle charging infrastructure. Advanced Engineering Days (AED), 6, 152-155.
13. Dogan, G. (2016). ProTru: An Origin-Based Trust Architecture for Wireless Sensor Networks. International Journal of Network Management, 26(2), 131–151. doi:10.1002/nem.1925
14. Kashyap, R., & Gautam, P. (2017). Fast medical image segmentation using energy-based method. Biometric. Concepts, Methodologies, Tools and Applications, 3(1), 1017–1042. doi: 10.4018/978-1-5225-0983-7.ch040
15. Basholli, F., Daberdin, A., & Basholli, A. (2023). Detection and prevention of intrusions into computer systems. Advanced Engineering Days (AED), 6, 138-141.
16. Kashyap, R., Gautam, P., & Tiwari, V. (2018). Management and Monitoring Models and Future Field. In Handbook of Research on Model Engineering System Development for Big Data Analytics. IGI Global. doi: 10.4018/9781-5225-3870-7.ch014
17. Kashyap, R., & Piersson, A. (2018a). Big data challenges and solutions in medical industries. In

Handbook of Research on Model Engineering System Development for Big Data Analytics. IGI Global. doi: 10.4018/9781-5225-3870-7.ch001

18. Basholli, F., Mezini, R., & Basholli, A. (2023). Security in information systems components. *Advanced Engineering Days (AED)*, 7, 185-187.
19. Daberdini, A., Basholli, F., Metaj, N., & Skenderaj, E. (2022). Cybersecurity by mail with Fortiweb and Fortinet for companies and institutions. *Advanced Engineering Days (AED)*, 5, 81-83.
20. Kashyap, R., & Piersson, A. (2018b). The Impact of Big Data on Security. In *Manual of Research on Network Forensics and Analysis Techniques* (pp. 283–299). IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-4100-4.ch015
21. Kashyap, R., & Tiwari, V. (2018). Active contours using global models for medical image segmentation. *International Journal of Computational Systems Engineering*, 4(2/3), 195. doi:10.1504/IJCSYSE.2018.091404
22. Hyka, D., Hyra, A., Basholli, F., Mema, B., & Basholli, A. (2023). Data security in public and private administration: Challenges, trends and effective protection in the age of digitization. *Advanced Engineering Days (AED)*, 7, 125-127.
23. Kuang, J., Niu, X., & Chen, X. (2018). MEMS-IMU based robust pedestrian dead reckoning for smartphones. *Sensors (Basel)*, 18(5), 1391. doi:10.3390/18051391 PMID:29724003
24. Li, J., Jin, J., Yuan, D., & Zhang, H. (2018). Virtual Fog: A virtualization-enabled fog computing framework for the Internet of Things. *IEEE Internet Of Things Journal*, 5(1), 121–131. doi:10.1109/JIOT.2017.2774286
25. Mema, B., Basholli, F., Xhafaj, D., Basholli, A., & Hyka, D. (2023). Internet of things in the development of future businesses in Albania. *Advanced Engineering Days*, 7, 139-141.
26. Morain, S., Kass, N., & Grossmann, C. (2016). What enables a health care system to become a learning health care system: Findings from interviews with health system leaders. *Learning Health Systems*, 1(1), e10015. doi: 10.1002/lrh2.10015
27. Works, W. (2018). Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016–2021. Retrieved from <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-whitepaper-c11-481360.html>
28. Hyka, D., & Basholli, F. (2023). How secure are our medical records? Is Albania ready for the digitization of the health care system?. *Engineering Applications*, 2 (3), 235-242.
29. Snyder, T., & Byrd, G. (2017). The Internet of Everything. *Computer*, 50(6), 8–9. doi:10.1109/MC.2017.179 Wang, X., & Zhang, Z. (2015). Data sharing scheme based on homomorphic encryption in healthcare WSNs. *Journal of Medical Systems*, 39 (12), 188. doi:10.1007/10916-015-0340-1
30. Xu, L., Collier, R., & O'Hare, G. (2017). A survey of clustering techniques in WSNs and examination of the challenges of applying such in 5G IoT scenarios. *IEEE Internet Of Things Journal*, 4 (5), 1229–1249. doi:10.1109/JIOT.2017.2726014
31. Basholli, A., Mema, B., Basholli, F., Hyka, D., & Salillari, D. (2023). The role of education in cyber hygiene. *Advanced Engineering Days (AED)*, 7, 178-181.
32. Zhang, P., Nagarajan, S., & Nevat, I. (2017). Secure Location of Things (SLOT): Mitigating Location Spoofing Attacks in the Internet of Things. *IEEE Internet Of Things Journal*, 4 (6), 2199–2206. doi:10.1109/JIOT.2017.275357