

Nagy Tibor István
nagy.tibor@nik.uni-obuda.hu

SZENZORHÁLÓZATOKKAL SZEMBEN TÁMASZTOTT TEREPI KÖVETELMÉNYEK

Absztrakt

A felügyelet nélküli szenzorhálózatok a civil szférában és a szárazföldi harcászati felderítésben egyaránt fontos szerepet játszanak. A legtöbb informatikai eszközhöz hasonlóan a szenzorok működéséhez is szükségesek a hardverösszetevők, melyeknek jellemzői jelentős mértékben befolyásolják a felhasználás módját és helyét.

A szárazföldi harcászati felderítésben a terep meteorológiai, geológiai körülményei speciális követelményeket támasztanak a szenzorokkal, node-okkal és az ezekből felépülő hálózatokkal szemben.

Ez a publikáció áttekintést ad a felügyelet nélküli rendszereknél releváns terepi követelményekről, a létező implementációkról és ezek jellemzőiről.

Unattended ground sensor networks are important in civil society and in ground reconnaissance. Like most of the devices in information technology, sensors also need hardware components. The parameters of these components significantly modify the location and mode of usage.

In ground surveillance, the meteorological, geological characteristics of the target field implies special requirements for sensors, nodes and the networks made up by these components.

This paper gives a review of the relevant field requirements sensor networks need to fulfill, and of the implementations of these requirements and their characteristics.

Kulcsszavak: *szenzor, felügyelet nélküli szenzorhálózat, intelligens szenzorhálózat, terepi követelmények ~ sensor, unattended sensor network, intelligent sensor network, field requirements*

1. BEVEZETŐ

Az adatgyűjtést, jellemzők mérését szenzorok, érzékelők segítségével lehet elvégezni. Sokféle fizikai elven működő szenzor létezik, amelyek az általuk alkalmazott mechanizmus felhasználásával különféle fizikai paraméterek változásait képesek érzékelni. A szenzorok általában „egy csomagban” vannak az áramforrással, illetve vezérlő- és előfeldolgozó egységgel, amelyek a működésüket biztosítják. Ha nagy területet kell átfogni, figyelni, erre egyetlen ilyen csomag – más néven node – nem alkalmas az érzékelők korlátozott hatótávolsága, és energetikai paraméterei miatt, ezért legtöbbször ezekből többet kell a megfigyelt területen elhelyezni, amelyek egymással kapcsolatban állnak, és összehangoltan, egymás képességeit kiegészítve, a feladatokat egymás között megosztva működnek, azaz hálózatba szerveződnek.

A terepi követelmények meghatározzák, hogy a célterületen alkalmazandó eszközök milyen paraméterekkel kell, hogy rendelkezzenek annak érdekében, hogy a környezeti hatásoknak képesek legyenek ellenállni, és képesek legyenek megfelelő pontossággal, gyorsasággal végrehajtani a rájuk bízott feladatot. A szenzorhálózatoknál – és különösen harctéri alkalmazásuk esetén – a terepi követelményeknek való megfelelésnek korlátokat szabnak a méretek, az ellenség általi felfedezhetőség csökkentési igénye, a hardverelemek energetikai paraméterei, fogyasztása, és még sok más szempont ezen túlmenően is.

Ebben a cikkben a szenzorhálózatokkal kapcsolatos terepi követelményeket mutatom be. A szenzorhálózatok alapjaival kezdem, ezen belül a szenzorok fogalmát, típusait, működési jellemzőiket, paramétereiket foglalom össze, illetve csoportosítom a szenzorhálózatokat. Majd bemutatom az általános, és a szenzorhálózatokra vonatkozó terepi követelményeket és végül elemzem a terepi követelmények megvalósításait.

2. SENZORHÁLÓZATOK ALAPJAI

Szenzorhálózat definíciója: 1. „Szenzorhálózatnak nevezzük nagyszámú, független (autonóm) intelligens érzékelőkből alkotott kooperatív hálózatot, ahol az egyes érzékelők valamilyen közös feladat végrehajtását elosztott módon valósítják meg.” [1] Tehát a szenzorhálózatban autonóm működésű eszközök találhatók, vagyis telepítésük után külső beavatkozás nélkül képesek ellátni feladatukat. Ehhez nyilván szükséges, hogy az eszköz rendelkezzen valamilyen vezérlőegységgel, amely a részegységeket irányítja, és megbízható, hosszú élettartamú energiaforrásra, amely a lehető leghosszabb ideig képes a részegységek működéséhez szükséges energiát biztosítani. Ezen kívül szükség van huzalozott, vagy tárolt formában szoftverre is, amely képes a vezérlőegység és a részegységek működését módosítani a működési feltételek megváltozása esetén, illetve amely a mért adatok előfeldolgozását, átalakítását el tudja végezni. Ilyen autonóm eszközökből a szenzorhálózatban több is működik; ezek egymással kommunikálnak, adatot cserélnek, reagálnak a többi eszköz állapotváltozásaira. A számítógépes hálózatokban ismert elosztott működéssel ellentétben itt nem a számítási kapacitás növelése a cél, hanem nagyobb terület lefedése, azaz egy eszköz által biztosított korlátozott hatótávolság kiterjesztése. Az eszközök egymással való kommunikációja történhet vezetékes, illetve vezeték nélküli kapcsolaton keresztül is. Az olyan feladatokhoz, melyeknél nem akadályozó tényező a vezetékek elhelyezkedése, illetve ahol a vezeték nélküli kapcsolat nem használható (pl.: rádiófrekvenciás zavarok miatt), ott a vezetékes megoldást alkalmazzák: például ipari gyártási folyamatokban, épületek fűtésének, világításának vezérlésénél.

UGS (Unattended Ground Sensors) definíciója: Nyílt terepre telepítik, autonóm a működése, akkumulátorról működik, rádióhullámok segítségével teremt vezeték nélküli kapcsolatot. [2] A felügyelet nélküli Szenzorhálózat elnevezést általában a haditechnikában,

azon belül is a harcászati felderítésben használatos fogalom. Tulajdonképpen ugyanazok a jellemzői, mint a szenzorhálózatoknak általában, kivéve hogy felhasználási helyéből adódóan néhány speciális követelménynek kell eleget tennie. Ez is node-okból tevődik össze, amelyek egymással rádióhullámok segítségével kommunikálnak, speciális burkolattal rendelkeznek annak érdekében, hogy környezeti, vagy ellenséges rongálással szemben ellenállóak legyenek, vagyis speciális terepi követelményeknek kell eleget tenniük.

2.1. Szensorok

A Node-ok a szenzorhálózatok önálló működésre képes egységei, amelyek szenzorokat tartalmaznak a különböző környezeti jellemzők mérésére, kommunikációs részegységet a többi node-dal való kapcsolattartásra, illetve akkumulátort a működéshez szükséges energia biztosítására. Egy node általában egy-, vagy többfajta szenzort tartalmazhat. Ezek működési mechanizmusuktól függően más és más környezeti jellemző érzékelésére képesek.

A szenzorok működtetéséhez, a mérési folyamat levelezéséhez, a környezetből vett jelek átalakításához, a működéshez szükséges energia biztosításához természetesen szükség van valamilyen elektronikára, amelyet az ún. node-ok, vagy másnéven mote-ok tartalmaznak (az érzékelőkkel együtt).

2.1.2. Szensorok típusai: [2]

Jelérzékelési mechanizmus alapján:

- Passzív: a természetes energiamező célpont általi változásait érzékeli. Ezek az érzékelők tehát egy célpont által kibocsájtott jel érzékelésére alkalmasak, mint például egy jármű motorjának a hangja, a motor által felmelegedett burkolat hőkibocsájtása, stb.

- Aktív: valamilyen energiahullámot bocsájt ki, melynek célpontról történő visszaverődését képes érzékelni. Erre példa a radar, amely a kibocsájtott rádióhullámok visszaverődése alapján érzékeli a járműveket.

Mért jellemzők alapján:

- Akusztikus [3]: A hanghullámokat érzékeli. Passzív változatai a célpont által előidézett légnyomásváltozásokat, míg aktív változatai a kibocsájtott ultrahangok célpontról történő visszaverődését detektálják.

- Szeizmikus: mechanikai rezgések érzékelésére képes. Eltérő lehet az érzékelt rezgés frekvenciája, amplitúdója, és ez alapján többféle felhasználási területe is létezik a haladó járművek észlelésétől a vulkánok szeizmikus aktivitásának méréséig.

- Mágneses [4]: A mágneses tér változását méri.

- Elektro-optikai képi: az ilyen érzékelő a tárgyak, élőlények megjelenését, eltűnését képes érzékelni. Megfelelő szoftveres módosítással a képi információk továbbítására, azokon alakzatok felismerésére is felkészíthető.

- Infravörös képi: a megfigyelt területen található tárgyak, élőlények által kibocsájtott hőt képes érzékelni, és ebből egy képet tud előállítani, amelyen a magasabb hőmérsékletű területek élénkebb, világosabb színnel, míg az alacsonyabb hőmérsékletűek sötétebb színnel jelennek meg.

- Nyomás: a környezet nyomásváltozását (légnyomás, víz alatti nyomásváltozás) képes érzékelni.

- Rádiófrekvenciás rezgés: rádióhullámokat képes érzékelni.

- Kémiai / biológiai / nukleáris: a megfigyelt célterületen egy bizonyos kémiai, biológiai anyag koncentrációját, illetve sugárzó anyag sugárzási értékeit képes érzékelni.

Mechanikai és infravörös: bizonyos mechanikai jellemzők (pl.: sűrűlódás), illetve a hőmérséklet megváltozását képes érzékelni.

Meteorológiai: légnyomás, relatív páratartalom, hőmérséklet érzékelésére képes.

Az 1. táblázatban egy összefoglalás található a szenzorok típusai különböző szempont szerinti csoportosításának összefüggéseiről.

	Aktív	Passzív
Akusztikus	✓	✓
Szeizmikus		✓
Mágneses		✓
Elektro-optikai képi		✓
Infravörös képi		✓
Nyomás		✓
Rádiófrekvenciás rezgés	✓	✓
Kémiai/biológiai/nukleáris		✓
Mechanikai és infravörös	✓	✓
Meteorológiai		✓

1. táblázat. Szenzortípusok jelérzékelési mechanizmusa

2.1.3. Szenzorok jellemzői:

A szenzorokat jellemzi hatótávolságuk, pontosságuk, működési élettartamuk, fogyasztásuk és áruk.

Különböző publikációkban különböző jellemzőket tulajdonítanak az egyes szenzorfajtáknak. Véleményem szerint általánosságban nehéz ezeket összehasonlítani egymással, mivel minden szenzortípuson belül vannak érzékenyebb és kevésbé érzékeny, pontosabb, kevésbé pontos változatok, stb. Ami objektíven elmondható minden szenzor esetén, az az egyes jellemzők közti összefüggés, amelyet a 2. táblázat ábrázol. Természetesen ezek az összefüggések sem mindig teljesen egyértelműek (például az ár egy olyan jellemző, amelyet egyéb tényezők is befolyásolnak, mint például az, hogy ki gyártja a szenzort, mennyiért tudja beszerezni az alapanyagot, milyen a gyártó ország gazdasági környezete, stb).

	Hatótávolság	Pontosság	Élettartam	Fogyasztás	Ár
Hatótávolság		fordított	fordított	egyenes	egyenes
Pontosság			fordított	egyenes	egyenes
Élettartam				fordított	egyenes
Fogyasztás					fordított
Ár					

2. táblázat. Szenzorjellemzők viszonya

2.2. Szenzorhálózatok

A szenzorhálózatok különböző szenzorok és az őket működtető egységek hálózatba szervezett működését biztosító infrastruktúrát jelentik, melyben az egyes csomópontok (node-ok, mote-ok) egymással kapcsolatot tudnak teremteni és megosztottan adatfeldolgozási, illetve adattovábbítási feladatokat tudnak végrehajtani. A hálózatba szerveződés előnye az önálló feladatvégzéshez képest a feladatok szétosztásának, egy adott feladat elosztott megvalósításának, illetve a nagyobb hatótávolság elérésének lehetősége.

Nagyobb hatótávolság:

Az érzékelés hatótávolsága egy szenzor esetén korlátozott. A hatótávolságot a szenzor jelérzékelési mechanizmusa, a mérési mechanizmus és a szenzor fogyasztása is befolyásolja. Több szenzor telepítése nagyobb területre képes kiterjeszteni az érzékelési mezőt.

Az érzékelt adatok továbbításának is megvannak a távolsági korlátai. Elvárás a node-októl, hogy minél kisebb legyen az energia-felvételük a minél hosszabb élettartam, és – katonai alkalmazások esetén – a minél nehezebb ellenség általi felderíthetőség miatt. Az alacsony fogyasztású rádióadó azonban kisebb hatótávolságot képes csak biztosítani, ezért a mért adatok továbbításához több node közbeiktatására van szükség.

Szenzorhálózat elemei:

Adatgyűjtő állomás: ez lehet egy épületben, vagy járművön elhelyezett adatgyűjtő központ, amely a csomópontok által mért jellemzőket tudja összegyűjteni.

Node:

- csak érzékelő: egy olyan csomópont, amelynek mindössze a környezeti jellemzők mérése, és a mért adatok továbbítása a feladata;
- adatelosztó- vagy kommunikációs központ: kialakítástól függően a hálózatban lehetnek olyan csomópontok, amelyeknek elsődleges feladata az adatforgalom irányítása, adatok továbbítása, vett jelek felerősítése.

Ad hoc hálózatok

Adhoc hálózatok definíciója Buttyán, Holczer, Schaffer szerint: „ad hoc hálózat az, melyben a résztvevők előre telepített hálózati infrastruktúra igénybevétele nélkül, önszervező módon hozzák létre és működtetik a hálózatot. Infrastruktúra hiányában az alapvető hálózati funkciókat maguk a résztvevők látják el.” [5]

A definíció legfontosabb eleme, hogy nincs hálózati infrastruktúra, vagyis nincsen előre meghatározva az egyes csomópontok helye, funkciója és kapcsolatai a többi csomóponttal. Emiatt a csomópontoknak kell maguktól megkeresni a többi csomópontot és kialakítani a kapcsolatot egymás között. A harctéri szenzorok esetében a node-ok telepítési módjából adódhat az ad hoc hálózati kialakítás. A telepítés történhet tűzérővegek segítségével, vagy repülőgépről kiszórással. Egyik változatnál sem biztosítható a pontos elhelyezés, illetve a biztonságos, sérülésmentes megérkezés sem, így aztán a telepítés után lehet csak a hálózat kialakítását elvégezni, a csomópontok pontos funkcióit kiosztani, amihez emberi erőforrás nem áll rendelkezésre, tehát a csomópontoknak maguknak kell ezt a feladatot is ellátni.

3. TEREPI KÖVETELMÉNYEK RENDSZERE

3.1. Általános terepi követelmények [6]

„A speciális terepi kivitelű informatikai eszközök az általánosan használatos informatikai eszközökkel szemben nem irodai, hanem keményebb környezeti feltételek közötti – üzemi, szabadtéri (terepi), vagy járművön történő (menet közbeni) – alkalmazás céljára tervezett készülékek.” [6]

Speciális követelmények a következők lehetnek:

- emberi tényezők elleni védelem: védelmet kell biztosítani a leejtés, kiömlő folyadék, és hasonló, emberi figyelmetlenségből, ügyetlenségből adódó problémák kiküszöbölésére;
- környezeti hatások elleni védelem: az eszköz működési környezetében előforduló külső – általában meteorológiai – hatások által okozható károk kiküszöbölése. Ide tartozik a magas páratartalom, túl magas, vagy túl alacsony hőmérséklet, a levegő magas porkoncentrációja, köd, eső, szél, stb;

- elektromágneses zavarok elleni védelem: ide sorolhatók a környezeti zavarok (léggöri instabilitásból adódó zavarok, vihar, villámlás, stb.) nem szándékos emberi tevékenységből adódó zavarok (polgári rádióadások, mobiltávközlési zavarok, stb.), és a szándékos zavarok is (elektronikai ellentevékenység). A szándékos zavarok kiküszöbölésének vannak hardveres és szoftveres megoldási lehetőségei, illetve egyszerűbb, az eszköz kialakításával megoldható módszerei. Véleményem szerint a speciális terepi kivitel megvalósításába csak az utóbbi módszer értendő, az első kettő az elektronikai védelem témakörébe tartozik inkább.

Speciális terepi követelmények megvalósítása:

Az eszközök robusztusságának, külső hatásokkal szembeni ellenálló képességének biztosítása általában valamilyen speciális borítás alkalmazásával történhet (rázkódás ellen valamilyen zselés anyag használata, elektromágneses zavarok ellen megfelelő fémborítás alkalmazása, ütészállóságra megfelelő keménységű, vagy éppen megfelelő rugalmasságú bevonat használata, leejtés ellen csúszásgátló bevonat – például gumi – alkalmazása, stb.). A környezeti hatások közül néhány esetében nem a külső bevonat, hanem a megfelelő illesztések, tömítések, szigetelés használata jelent védelmet, míg a magas, vagy alacsony hőmérséklet ellen hűtő-, fűtőberendezésekkel, vagy megfelelő hőszigeteléssel lehet védekezni.

3.2. Szenzorhálózatoknál releváns terepi követelmények

A szenzorokat tartalmazó node-ok esetében a fent felsorolt hatások közül a környezeti hatásokkal és az elektromágneses zavarokkal kell számolni. A felsorolt hatások közül szenzortípusonként, telepítési helyenként más és más tekinthető relevánsnak, azonban a környezeti- és szándékos elektromágneses zavarokkal szemben mindegyiknek kell tartalmaznia valamilyen védelmet. Az emberi tényezőkkel itt nem kell számolni, illetve annak egy speciális értelmezését kell alkalmazni. Itt a leejtés, rázkódás, folyadékkal való leöntés nem fordulhat elő, viszont a célterületre történő kijuttatás jellemző módjaiból (tűzérési löveg, repülőgépről kiszórás) fakadóan extrém ütész- és rázkódás elleni védelemmel kell ellátni a node-okat, hogy a célterületre érkezéskor a lehető legkisebb sérülés – vagy inkább semmilyen sérülés se – érje őket. A 3. táblázatban a fentiekben túlmenően az egyes szenzortípusok helyes működéséhez szükséges jellemzők vannak sötét háttérrel jelölve.

	Hőmérséklet	Köd	Por	Páratartalom	Domborzat
Akusztikus					
Szeizmikus					
Mágneses					
Elektro-optikai képi					
Infravörös képi					
Nyomás					
Rádiófrekvenciás rezgés					
Kémiai/biológiai/nukleáris					
Mechanikai és infravörös					
Meteorológiai					

3. táblázat. Releváns terepi környezeti hatások szenzortípusonként

A releváns terepi követelmények ezek alapján:

- Hőmérséklet-tűrés: fontos jellemző az a hőmérsékleti tartomány, amelyben a szenzorok képesek működni. Ezt a működési hőmérsékletet a levegő és a felszín hőmérséklete együttesen befolyásolja. A hőmérséklet-tűrés meghatározásakor figyelembe kell venni a technológiai korlátokat és a gyártási költségeket egyaránt,

ezért csak olyan hőmérsékletekre kell felkészíteni az eszközöket, amelyek a célterületen előfordulhatnak. A Földön a legalacsonyabb hőmérsékletet az Antarktiszon mérték (-89,2°C), a legmagasabb hőmérsékletet Líbiában (58°C), a legmagasabb felszínhőmérsékletet pedig Kaliforniában (93,9°C). Ezek a kiugró értékek leginkább olyan helyeken fordulnak elő, amelyek geológiai, állattani, vagy egyéb tudományos kutatások célpontjai lehetnek. Lakott területeken is előfordulnak hasonló hőmérsékletek (-71°C, Ojmjakon; 58°C, El Aziziya, Líbia), ami viszont a katonai felderítés esetén figyelembe veendő tényező. [7]

- Vízállóság: olyan területeken kell ezzel számolni, ahol eső is előfordul. Ez gyakorlatilag az állandóan fagypont alatt lévő területek kivételével a Föld egészére igaz. Van, ahol extrém esőzések fordulnak elő – például az esőerdőkben, ahol minden nap esik – és van, ahol csak az év bizonyos szakában fordul elő csapadék – például a sivatagokban, ahol a nyári esős évszakban esik jelentős mennyiségű eső. A vízállóság segíthet a magas páratartalom okozta problémák kiküszöbölésében is.
- Porállóság: fontos az eszközök elektronikájának védelme a portól, hogy az eszközt felépítő áramkörök hibátlanul tudjanak működni.
- Elektromos zavarokkal szembeni ellenálló-képesség: civilizált lakott területeken és azok környezetében nem szándékos zavarok a rádió- tv adások, mobiltávközlési eszközök miatt biztosan előfordulnak, lakott területeken kívül a nagyfeszültségű elektromos vezetékek okozhatnak hasonló zavart, és katonai alkalmazás esetén a szándékos zavarással is számolni kell.
- Nem kiküszöbölhető zavarok: a köd, por, és domborzat által okozott problémák bizonyos szenzortípusok esetén a működést teljesen lehetetlenné teszik. Ilyenek az elektro-optikai eszközök. A domborzati viszonyok az egyes node-ok hálózatba kapcsolódását és egymással való kommunikációját is megghiúsíthatják. Ezek olyan zavarok, amelyek ellen semmilyen előre beépíthető védelem nem alkalmazható.

Az elektronikai eszközök borításának vízállóságra és porállóságra vonatkozó szabványt dolgozott ki az International Electrotechnical Commition, IEC 60529-es szám alatt. Ebben definiáltak egy kódrendszert, amelyben a porállóság 0-6, a vízállóság pedig 0-8 közötti skálán értelmezettek. A kód „IP xy” formájú, ahol x a porállósági, y pedig a vízállósági érték. A 4. táblázat tartalmazza az egyes kódok jelentését.

IP xy		Vízállóság (y)								
Porállóság (x)	Idegen tárgy elleni védelem (tárgy átmérője)	Nincs	Függőlegesen cseppenő víz	Függőleges ±15°	Függőleges ±60°	Fröccsenő víz minden irányból	Kisnyomású vízszugár	Erős vízszugár	Vízbe merítés	Víz alatti működés
	0 Nincs	IP 00								
	1 >50 mm Ø	IP 10	IP 11	IP 12						
	2 >12,5 mm Ø	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
	3 >2,5 mm Ø	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
	4 >1 mm Ø	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44				
	5 por (részleges)	IP 50				IP 54	IP 55			
	6 por (teljes)	IP 60					IP 65	IP 66	IP 67	IP 68

4. táblázat. IP kódok az IEC 60529 szabvány szerint [8]

A porállóságnak és vízállóságnak általánosságban a műanyagok, illetve bizonyos fémek tesznek leginkább eleget. Az Altech cég az általa gyártott eszközök hőállóságáról és kémiai anyagokkal szembeni ellenálló-képességéről is közölt táblázatokat a technikai leírásban, amelyből készítettem egy összefoglalót a szenzorhálózatoknál releváns paramétereket felhasználva (5. táblázat). A kémiai anyagok közül azokat vettem figyelembe, amelyek egy terepen elhelyezett szenzor esetén relevánsak lehetnek. Gyenge sav a savas esőkből, benzin, gázolaj az esetlegesen elhaladó járművek üzemanyagaként, ásványi olaj a járművek motorjának kenőolajaként, ammónia pedig állati vizeletben, vagy növényi részek bomlásakor keletkezhet. A táblázatban megadott hőmérséklet-tartományban az anyagok megőrzik vízállóságukat és porállóságukat.

Az itt felsorolt anyagok közül az alumínium a legellenállóbb a kémiai anyagokkal szemben, és hőmérséklet-tűrése is a legjobb közé tartozik, azonban elektromos szigetelő- és hőszigetelő képessége csekély, illetve nem rendelkezik ilyen tulajdonságokkal. A táblázatban található műanyagok közül mindegyik a hőre lágyuló műanyagok közé tartozik. Ezek közül az elasztomer, a polietilén, poliuretán és polipropilén minden kémiai anyaggal szemben részlegesen, vagy teljesen ellenállóak, és elektromos, illetve hőszigetelő képességük is jó.

Anyag	Hőmérséklet-tartomány (°C)	Víz	Gyenge sav	Benzin	Ásványi olaj	Gázolaj	Ammónia	Elektromos szigetelő	Hőszigetelő
Polisztirol	[-25;+40]	●	●	○	●	○	●	●	●
ABS	[-25;+40]	●	●	○	●	●	○	●	●
Üvegszál-as polikarbonát	[-35;+80]	●	●	●	●	●	○	●	●
Polikarbonát	-	●	●	●	●	●	○	●	●
Átlátszó polikarbonát	[-35;+80]	●	●	●	●	●	○	●	●
Hőre lágyuló elasztomer	-	●	●	●	●	●	●	●	●
Polietilén	-	●	●	●	●	●	●	●	●
Poliuretán	-	●	●	●	●	●	●	●	●
Alumínium	[-35;+75]	●	●	●	●	●	●	○	○
Polipropilén	[-25;+40]	●	●	●	●	●	●	●	●
● - ellenálló / szigetelő	● - részben ellenálló / szigetelő	○ - nem ellenálló / szigetelő							

5. táblázat. Hőállóság és kémiai anyagokkal szembeni ellenálló-képesség [8]

4. TEREPI KÖVETELMÉNYEK MEGVALÓSÍTÁSA

4.1. Terepi követelmények megvalósítása szenzorhálózatokban

Kutatásaim alapján azt a következtetést vontam le, hogy a manapság gyártott szenzor node-ok többsége fel van készítve extrém, vagy a normálisnál zordabb környezeti hatások elviselésére még a nem katonai célú szenzorok esetén is. Két gyártó termékeit emelem most ki: az egyik a Dust Networks, a másik pedig a MicroStrain.

A Microstrain két termékcsaládot gyárt: az egyik a Wireless Thermocouple Sensors, a másik a Wireless Sensors. Mindkét család node-jaiban található hőmérséklet-érzékelő, rádió a kommunikációhoz, a Wireless Thermocouple családnál extrém hőmérsékletek mérése is

lehetséges, ezen kívül relatív páratartalmat is képes mérni. A Wireless Sensors család csak normál hőmérsékleti tartományú hőmérséklet-méréseket tud végezni, és felszerelhetők opcionálisan gyorsulásérzékelővel is.

Wireless Thermocouple Sensors jellemzők:

- 3 különböző node-típust foglal magába;
- Működési hőmérséklet: [-20°C; +60°C] normál akkumulátorral és borítással, [-40°C; +85°C] speciális akkumulátorral és borítással;
- Energiaforrás: Li-ion akkumulátor 550-650 mAh;
- Élettartam: a mintavételi sűrűségtől függően 23 nap – 10 hónap;
- Borítás: ABS műanyag (Akrilnitril Butadién Sztírol);

Wireless Sensors jellemzők:

- 4 különböző node-típust foglal magába;
- Működési hőmérséklet: [-20°C; +60°C] normál akkumulátorral és borítással, [-40°C; +85°C] speciális akkumulátorral és borítással;
- Energiaforrás: Li-ion akkumulátor 250 mAh, 600 mAh;
- Borítás: ABS műanyag (Akrilnitril Butadién Sztírol);

Láthatóan itt az extrém körülmények közül a hőmérsékletre készítették fel a szenzorokat. Már az alapfelszereltség is tekintélyes hőmérsékleti tartományban képes működni az afrikai sivatagi körülményektől az európai kemény telekig. Ezt a manapság a híradástechnikai eszközöknél, illetve a hangszerkészítésben is széles körben elterjedt ABS műanyaggal valósították meg. Az extrém borításról nem található információ a leírásokban, de valószínűleg valamilyen plusz hőszigetelő réteget használnak az ABS mellett. [9]

A Dust Networks cég SmartMesh termékcsaládjának tagjai is hasonló paraméterekkel rendelkeznek, itt azonban az áramköri panelek nincsenek külső borítással ellátva, ennek ellenére ugyanolyan hőmérsékleti tartományban képesek ellátni feladatukat. Az egyes termékcsaládok egymástól leginkább az ajánlott felhasználási területben és a felhasznált vezeték nélküli technológiában térnek el. Kiemelendő ezek közül a SmartMesh WirelessHART M2510 típusjelzésű node, amelyet gyári extrém körülményekre terveztek, alkalmazva az IEC 60770-1 magasvibrációs-tesztet és ellenőrizve ezzel a node ellenálló-képességét nagy vibrációs terhelés esetén. [10]

5. KATONAI FELHASZNÁLÁSRA GYÁRTOTT SENZOROK TEREPI JELLEMZŐI

MCQ iScout Low Cost Remote Sensor [11]

A gyártó határvédelemre, épületeken belüli behatolás elleni védelemre ajánlja ezt a több szenzort, és hordozható monitorozó egységet tartalmazó rendszert.

- GPS vevő
- Szeizmikus, akusztikus, mágneses, passzív infra szenzorok
- Rádiófrekvenciás kommunikáció
- 14 napos akkumulátor-élettartam, külső energiaforrással 3 hónap-3 év élettartam
- Vízálló borítás
- Működési hőmérséklet: [-40°C; +60°C]



1. ábra. MCQ iScout Low Cost Remote Sensor [11]

MSQ OmniSense Imaging Sensor Unit [12]

- Automatikus jármű- és személyzet-detektálás és térképes megjelenítés
- Szeizmikus, akusztikus, mágneses és passzív infra érzékelők
- Rádiófrekvenciás, és műholdas kommunikáció
- Alacsony fogyasztás és hosszú élettartam
- A borításról és működési hőmérsékletről nincsen adat a gyártó honlapján és az adatlapon.



2. ábra. MSQ OmniSense Imaging Sensor Unit [12]

MCQ OmniWatch [13]

- Éjszakai és nappali kamera
- Vezeték nélküli kommunikáció
- Automatikus célpont-felismerés
- Kicsi, könnyű és környezeti hatásokkal szemben ellenálló. Ennek megvalósításáról a gyártó honlapján és az adatlapon nem található információ



3. ábra. MCQ OmniWatch [13]

Az MCQ és más gyártók által készített szenzorok és szenzorhálózatok esetében sajnos nem található részletes leírás az eszközök technikai paramétereiről, működési környezetükről. A terepi követelményeknek való megfelelésről legtöbbször csak a „rugged” jelző olvasható, az ennek megvalósításához felhasznált anyagokról nincs információ. Valószínűsíthetően a szenzor node-ok borításaként alumíniumot, vagy hőre lágyuló műanyagot használnak. Mivel a hőre lágyuló műanyagoknak nagyon hasonlóak a tulajdonságai, sőt az optikai paramétereik is, ezért az eszközök adatlapján megadott működési hőmérséklet-tartományokból és a fotók alapján sem lehet megállapítani, milyen anyagot használtak a gyártáshoz.

6. KONKLÚZIÓ

A szenzorhálózatokat egyre szélesebb körben használják az ipari gyártásban, katasztrófavédelemben, határvédelemben és a harcászati felderítésben egyaránt, mivel emberi erőforrás használata nélkül teszi lehetővé egy meghatározott célterület megfigyelését

A cikkben bemutatam a szenzorhálózatokkal kapcsolatos terepi követelményeket. A szenzorhálózatokkal kapcsolatos alapismeretek (szenzorok fogalma, típusai, jellemzői, szenzorhálózat fogalma, elemei, ad hoc hálózat fogalma) után csoportosítottam a szenzorhálózatokat. Majd bemutatam az általános, és a szenzorhálózatokra vonatkozó terepi követelményeket és végül elemzem a terepi követelmények megvalósításait.

Felhasznált irodalom

- [1] Völgyesi Péter: Szenzorhálózatok,
http://www.volgy.com/pubs/BIR_SensorNetworks.pdf; (letöltés: 2011. 11. 04.)
- [2] Zsolt Haig: Networked unattended ground sensors for battlefield visualization, AARMS Vol. 3, No. 3, 2004, pp. 387-399
- [3] R.C. Turner, P.A. Furierer, R.E. Newnham, T.R. Shrout: Materials for high temperature acoustic and vibration sensors: A review, Applied Acoustics Volume 41, Issue 4, 1994, pp. 299-324
- [4] T. Bratland, M.J. Caruso, R.W Schneider, C.H. Smith: A New Perspective in Magnetic Field Sensing, 1998.
<http://www.sensormag.com/sensors/electric-magnetic/a-new-perspective-magnetic-field-sensing-855>; (letöltés: 2011. 12. 20.)

- [5] Buttyán L., Holczer T., Schaffer Péter: Kooperációra ösztönző mechanizmusok többugrásos vezetékek nélküli hálózatokban, Híradástechnika LIX. évfolyam, 2004/3.
<http://crysyst.hu/publications/files/ButtyanHS06ht.pdf>; (letöltés: 2011. 12. 20.)
- [6] Munk Sándor: Katonai Informatika III., A katonai informatika eszközrendszere. Egyetemi jegyzet, ZMNE, Budapest, 2003
- [7] Meteorológiai világ- és kontinens rekordok, OMSZ,
http://www.met.hu/omsz.php?almenu_id=misc&pid=met_rekordok&pri=1&mpx=1&stt=vilagrekordok; (letöltés: 2011. 12. 27.)
- [8] Altech Technical Innex
<http://www.altechcorp.com/PDFS/TECHsp.PDF>; (letöltés: 2011. 12. 27.)
- [9] MicroStrain Wireless Sensor Networks, Sensors,
<http://www.microstrain.com/wireless/sensors>; (letöltés: 2011. 12. 21.)
- [10] Dust Networks,
<http://www.dustnetworks.com/products>; (letöltés: 2011. 12. 21.)
- [11] iScout Low Cost Remote Sensor, Datasheet,
http://www.mcqinc.com/pdf/iScout_Datasheet-12-Jul2011.pdf; (letöltés: 2011. 12. 26.)
- [12] OmniSense Imaging Sensor Unit, Datasheet,
http://www.mcqinc.com/pdf/OmniSense-Datasheet-July_2010.pdf;
(letöltés: 2011.12.26.)
- [13] OmniWatch Datasheet,
http://www.mcqinc.com/pdf/OmniWatchOnePageDatasheet_11-Aug2011.pdf;
(letöltés: 2011.12.26.)
- [14] ThermalScene Thermal Imagery 24/7, Datasheet,
http://www.mcqinc.com/pdf/ThermalScene_datasheet.pdf; (letöltés: 2011. 12. 26.)