

Bognár Eszter Katalin*

A magyar határkerítés korszerűsítése felügyelet nélküli szenzorhálózatok alkalmazásával

I. rész

A XXI. század nemzetállamai számára az egyik legnagyobb kihívást az országhatárok védelme jelenti, ami által biztosítható az ország lakosságának megóvása az illegális bevándorlás, a csempészet és a terrorizmus okozta károktól. Számos Európán kívüli nemzetállam – kiemelten Amerika és Izrael – a probléma megoldására hibrid határzárát alkalmaz, úgynevezett „virtuális falakat”, ahol a hagyományos kerítés kiegészítéseként vagy önálló alternatívaként az elektronikai felderítés eszköztárát alkalmazzák az illegális határátlépők, drog- és embercsempészek megfékezésére a határokon.

Egy ilyen fejlett infokommunikációs rendszernek meghatározó elemeit alkotják a felügyelet nélküli szenzorhálózatok, amelyek által pontosabb helyzetkép érhető el az adott területről, jelentős segítséget nyújtva a határvadász állomány munkájához. A különböző érzékelési tartományban működő, kis méretű szenzorok hálózatba kötve nagy területi lefedettséget eredményeznek, valamint az információ több forrásból történő gyűjtését teszik lehetővé, növelve az észlelések pontosságát a hamis riasztások számának minimalizálása mellett. A különböző termikus, akusztikus, szeizmikus állapotváltozásokat érzékelő szenzorok révén a detektálási pontosság nagy mértékben növelhető.

Az ilyen intelligens rádiófrekvenciás kommunikáció alapú érzékelőkből álló technológia alkalmazásával jelentősen javítható a határellenőrzési intézkedések megbízhatósága és hatékonysága, különösen a nehezen ellenőrizhető határszakaszokon.

Ezek a technológiák már számos esetben bizonyították hatékonyságukat, alapvető tartozékai a világ legjelentősebb határkerítés-rendszereinek és alkalmazásuk indokolt lehetne a magyar okoskerítés esetében is, a jelenleg működő magyar védelmi vonal kiegészítéseként.

A technológia kifejlesztésében és alkalmazásában ugyanakkor számos kihívás fellelhető, többek között a kis méretű szenzorok korlátozott erőforrásaiból fakadó hátrányok, amelyek között kiemelt az érzékelők akkumulátorainak élettartama, valamint a kommunikációs végpontok közötti biztonságos kapcsolat megvalósítása.

A jelen tanulmány a szenzortechnológia lényegét, valamint a határvédelemben történő alkalmazásában rejlő lehetőségeket mutatja be különböző nemzetközi példák tanulmányozása során leszűrt tapasztalatok alapján.

A SENZORTECHNOLÓGIA ALAPJAI

A szenzorhálózatok létrejöttéhez elengedhetetlenek voltak az elmúlt évek technológiai vívmányai. Az adatátvitel fejlődése révén egyre megbízhatóbb, és nagyobb sebességű kommunikációs kapcsolat alakítható ki a számítógépek között vezetékes vagy vezeték nélküli megoldásokkal. A mikroelektromechanikus (MEMS) rendszerek megjelenésének köszönhetően egyre kisebb méretű és költséghatékonyan előállítható érzékelőket gyártanak, az akkumulátor-technológia fejlődésének jóvoltából egyre nagyobb energia- és teljesítménysűrűségű megoldások láttak napvilágot.

A szenzorok kis méretük miatt szinte bárhova elhelyezhetők, ezért széles körben alkalmazzák őket. Telepíthetőek földön, vízben, levegőben, vagy akár katonák harci felszerelésének részeként is szolgálhatnak, integrálva az adatgyűjtő katonát a felderítő-hírszerző rendszerbe. A több szenzor hálózatba kötésével kialakított szenzorhálózatok révén pedig nagy területi lefedettség, több, akár eltérő forrásból származó fuzionált adatgyűjtés valósítható meg az élőerő megóvása mellett, ez által kiválóan alkalmasak határvédelmi feladatok ellátására is.

ÖSSZEFOGLALÁS: A zöldhatáron biztosított folyamatos határellenőrzés nagy emberigényű, költséges feladat. A megfelelő szintű határvédelem elérése érdekében nem elég csupán a mostani megoldásokra támaszkodni, az emberi erő, fizikai akadályok és az intelligens jelzőrendszer mellett előnyös lenne a technológia további vívmányainak adaptálása. A jelenlegi határvédelmi rendszer korszerűsítésének egy lehetséges módja a rendszer felügyelet nélküli szenzorhálózatokkal történő kiegészítése. A kétrészes cikk első része ismerteti a szenzortechnológia lényegét, a szenzoradatok tárolásában és feldolgozásában rejlő kihívásokat. A következő számunkban megjelenő második rész feltárja a szenzortechnológia határvédelemben történő alkalmazhatóságát a különböző nemzetközi példák tanulmányozása során leszűrt tapasztalatok mentén, majd vázolja a magyarországi alkalmazás lehetőségeit.

KULCSSZAVAK: felügyelet nélküli szenzorhálózatok, katonai szenzorok, adatkezelés, határvédelem, okoskerítés

ABSTRACT: A continuous border control is a costly task demanding a big human source. It is not enough to rely solely on current solutions to achieve the right level of border protection; in addition to human strength, physical barriers and intelligent signalling systems, it would be beneficial to adapt to further technological developments. A possible way to modernize the current border protection system is to supplement the system with unattended sensor networks. The first part of the two-part article describes the essence of sensor technology, the challenges of storing and processing sensor data. The second part reveals the applicability of sensor technology in border protection along the experiences of studying various international examples, and then outlines the possibilities of application in Hungary.

KEY WORDS: unattended sensor networks, military sensors, data management, border protection, smart fence

* NKE HHK Katonai Műszaki Doktori Iskola, PhD hallgató. ORCID: 0000-0002-3697-7871

A SZENZOROK ÉS SZENZORHÁLÓZATOK FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSE

A felügyelet nélküli szenzorhálózatokat csomópontok (szenzor node) alkotják, amelyek egymással legtöbbször vezeték nélküli (wireless) kapcsolattal kommunikálnak, a külvilág felé pedig egy speciális node, az átjáró (gateway) biztosítja a kapcsolatot.

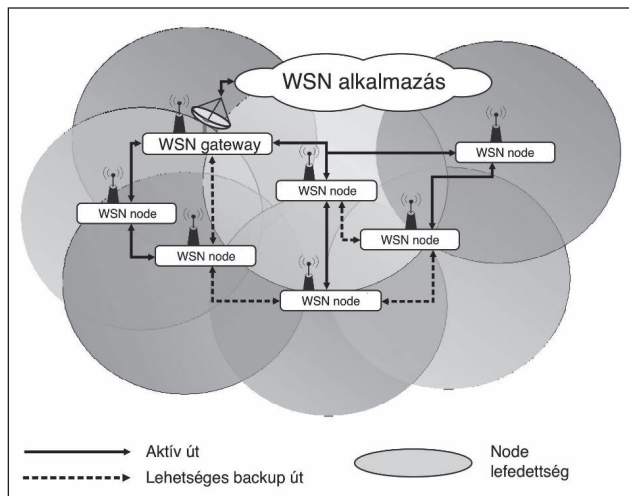
A szenzorok a következő alkotóelemekből épülnek fel: beépített feldolgozóegység, különböző fedélzeti érzékelő egységek (akusztikus, szeizmikus, infravörös, mágneses, optikai, nyomás, kémiai, biológiai, nukleáris, mechanikus, termikus), tárolókapacitás, vezeték nélküli hálózati adapter, amely biztosítja a kapcsolatot a többi node-dal, valamint beépített GPS vevő, amely a térinformatikai rendszerekben tárolt adatokhoz történő hozzáférést lehetővé téve pontos és friss helyinformációval látja el a szenzort. [1]

A hálózat felépítése, szerkezete, a benne található elemek tulajdonságai jelentős szerepet játszanak a biztonságos és megbízható kommunikáció kivitelezésében. A node-ok esetében a legfontosabb tulajdonságok közé az akkumulátor élettartama, aktuális energiaszintje, a szenzorok típusa és a kommunikációt biztosító vezeték nélküli adóvevő hatótávolsága tartozik. [2] A szárazföldi harcászati felderítés során az optimális működést ezen kívül nagymértékben befolyásolják az aktuális meteorológiai, geológiai viszonyok, főként a különböző hőmérséklet, csapadékmennyiség, köd, páratartalom, valamint a domborzati feltételek. [3]

A hardverelemek mellett jelentős feladat hárul az azokat működtető szoftverre is: vezérli a hálózat kiépítését, menedzseli a különböző útvonalválasztó protokollokat, az adatok gyűjtését, tárolását és továbbítását. [4] A szenzorokon futó operációs rendszer tekintetében fontos szempont az esemény alapú, moduláris programozás lehetősége, mindezt ráadásul a szenzorok nyújtotta korlátozott erőforrásokon megvalósítva. A fenti kritériumoknak eleget téve a vezeték nélküli hálózatok ajánlott operációs rendszere a TinyOS, valamint a hozzá tartozó NesC programozási nyelv¹, amely a C nyelv egy speciális változata. [4]

A hálózatban a szenzorok a környezet fizikai állapotváltozásait detektálják, amelyek lehetnek hőmérséklet, nyomás, hang, szeizmikus mozgás, különböző frekvenciatartományú és hullámhosszú rádió-mágneses hullámok. A mért értéken ezután a szenzor feldolgozó egysége előfeldolgozást végezhet vagy továbbítja az adatot a szomszédos csomópont (node) vagy az átjáró (gateway) felé.

1. ábra. Szenzorhálózatok tipikus felépítése és működése (a szerző fordítása [7] alapján)



A gateway feladata a különböző szenzorokból származó adatok fúziója és feldolgozása, valamint a felhasználás helyére történő eljuttatása. Ez megvalósulhat folyamatos, közel valós idejű, nagy hatótávolságú vezeték nélküli (wireless) vagy műholdas kapcsolat használatával, vagy aszinkron adatátvitellel a terület felett elhaladó pilóta nélküli repülőgépekre való feltöltéssel. Az átjáró ezen kívül általában nagyobb tárhellyel rendelkezve biztosítja az adatok hosszabb távú megőrzését, biztonsági mentését.[5][6]

Az 1. ábrán a vezeték nélküli szenzorhálózatok (WSN) általános felépítése és működése látható.

A SZENZORHÁLÓZATOKKAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

A felügyelet nélküli szenzorhálózatokkal szemben – különösen harctéri feltételek mellett –, számos követelmény megfogalmazódott, amelyek közül [5][8] alapján a legfontosabbak:

- passzív működés;
- önszerveződés, skálázhatóság, flexibilitás;
- alacsony költség, kis méret;
- könnyű telepíthetőség;
- nagy területi lefedettség;
- ellenállóság a környezeti feltételeknek;
- távoli felügyelet, közbeavatkozás, átprogramozhatóság;
- kielégítő élettartam;
- megbízható kommunikáció titkosított adatátvitellel;
- védelem az illetéktelen hozzáférés, adatmanipuláció ellen;
- hibatűrés, adatvesztés elleni védelem;
- adatok relevanciája, időszűrőse;
- rejtettség, nehezen észrevehetőség.

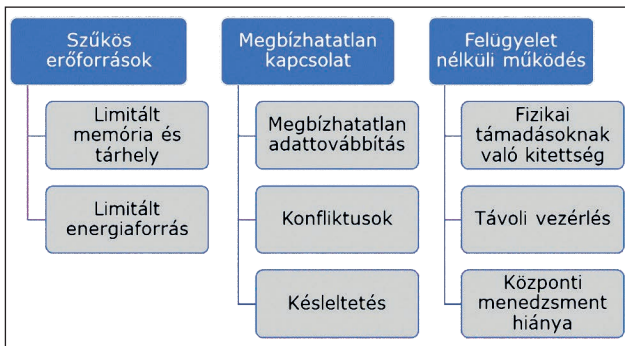
A fentiek alapján látható, hogy rendkívül fontos a hálózatok költséghatékony, gyors, automatikus telepítése és működése a monitorozandó környezetben, ugyanakkor lehetővé kell tenni azok távoli menedzselését. Nagy területi lefedettséget kell biztosítani nehezen észrevehető, kis méretű szenzorokkal, valamint megfelelő energiaforrással, energiahatékony protokollok alkalmazásával biztosítani a hálózatok hosszabb ideig történő felhasználását.

Mindemellett a rendszert és a benne tárolt adatokat védeni kell minden káros eseménytől, legyen az fizikai behatás (pl.: lopás, környezeti csapások, elektromágneses zavarok) vagy egyéb káros tevékenység (pl.: üzenetek illegális lehallgatása, módosítása).

MŰKÖDÉSI KORLÁTOK

A fent ismertetett optimális működés megvalósításának számos olyan korlátja van, amelyek a szenzorhálózatot alkotó elemek és az adatátvitelre használt vezeték nélküli kapcsolat karakterisztikájából erednek. A továbbiakban Walters et al. munkája [9] alapján a legjelentősebb működési korlátok kerülnek bemutatásra.

Az egyik legnagyobb korlátot az jelenti, hogy a szenzorok kis méretük és olcsóságuk miatt csak limitált erőforrásokkal rendelkeznek, amely memória-, tárhely-, számítási kapacitás- és energiaigényes műveletek esetén komoly problémát okoz. Az adatok feldolgozását, biztonsági szolgáltatásokat stb. megvalósító programokat ennek megfelelően, a megszorítások figyelembevételével, a lehető legjobban optimalizálva kell elkészíteni. Nagy előrelépést jelent a szenzorok energiaszükségletét napelemmel biztosító megoldások elterjedése.



2. ábra. Szenzorhálózatok működési korlátai (a folyamatára a szerző szerkesztése)

Egy újabb korlátot jelent a kommunikációra használt, vezeték nélküli hálózati kapcsolat természete. A hálózatban történő adattovábbításra a gyors adatátvitel prioritása miatt legtöbbször UDP (user-datagram) protokollt használnak, amely gyors, összeköttetés nélküli, csomag (datagram) alapú adattovábbítást tesz lehetővé a hálózatba kapcsolt node-ok között. A protokoll előnye a gyorsaság, ugyanakkor nem garantált a csomagok megérkezése, azok elveszhetnek, többszöröződhetnek, amely biztonsági problémákat vet fel, valamint nehezíti az észlelt adatok feldolgozását. A vezeték nélküli hálózatban emellett számolni kell a csomagtovábbítás során fellépő konfliktusokkal. Több node-on áthaladó (multihop) adatfolyam esetén akár jelentős késleltetés is lehet az adattovábbításban, amely szintén nehezíti az adatok összevetését és elemzését.

A megszorítások harmadik csoportját a felügyelet nélküli működés okozta korlátok jelentik. Idetartoznak a különböző környezeti hatások, fizikai támadások, amelyek a felügyelet nélküli, harctéri körülmények között elhelyezett szenzorokat fokozottan veszélyeztetik. Mivel a szenzorok a hálózatot vezérlő központtól távol helyezkednek el, nincs lehetőség a meghibásodott eszközök cseréjére, az akkumulátorok töltésére, az eszközökön végzett esetleges káros célú módosítások észlelésére. A problémára megoldást nyújthat a szenzorokba épített öntesztelési lehetőség (BIST), amellyel távolról is pontos képet kaphatunk a készülék állapotáról: az esetleges meghibásodások felismerhetőek, helyük azonosítható [10]. Hátrányként említhető még, hogy a vezeték nélküli hálózatok legtöbbször elosztott rendszerek. Bár a központi vezérlés hiánya növeli a hálózatok flexibilitását, egy hosszú időre magára hagyott hálózat működése során már problémát okozhat. A fent említett működési korlátok összefoglalása a 2. ábra látható.

A SZENZORHÁLÓZATBAN KELETKEZŐ ADATOK KEZELÉSE

Vezeték nélküli szenzorhálózatok tervezése és üzemeltetése esetén az egyik legnagyobb kihívást a fizikai környezet megfigyelése során gyűjtött adatok hatékony tárolása és lekérdezése, más szóval az adatkezelés jelenti. A szenzorhálózatok adatkezelésének a különböző alkalmazások specifikus igényeihez kell igazodnia. Az adatkezelés során három fő kérdés kerül középpontba:

- Melyek az adatokkal való műveletek során a szenzorhálózatokra jellemző sajátosságok és korlátok?
- Hol tároljuk az adatokat?
- Milyen optimalizálási lehetőségek használhatók az adattovábbítás során?

Mivel a szenzorok számos korláttal rendelkeznek tárolási és számítási kapacitás, kommunikáció és élettartam tekintetében, új eljárások kidolgozása válik szükségessé, ilyen

többek között az adatok hálózaton belül történő elosztott tárolása és feldolgozása.

Számos paramétert figyelembe véve optimalizálhatjuk a rendszer működését és kiválaszthatjuk a leghatékonyabb adatkezelési módszert. Többek között figyelembe kell venni a rendszer előirányzott élettartamát (rövid vagy hosszú távú telepítés), a csomópontok energia-, tárhely- és számítási kapacitását, az alkalmazás adatigényét, a szükséges lekérdezések természetét (egyszeri, folyamatos, eseményvezérelt stb.), a működés során keletkező adatok mennyiségét, a hálózat méretét, a lehetséges hálózaton belüli előfeldolgozási, párhuzamosítási lehetőségeket.

A VEZETÉK NÉLKÜLI SZENZORHÁLÓZATOK ADATKEZELÉSI SAJÁTOSSÁGAI

Az adatkezelésre fókuszálva Zhao, F. [11] munkája alapján a következő sajátosságok és kihívások jelentkeznek:

- A rendszerek dinamikusan változnak, csomópontok merülhetnek le, két csomópont között megszűnhet a kapcsolat, az adatkezelésnél az adatbázis-kezelő rendszernek ugyanakkor ezt el kell rejtenie a végfelhasználó elől, egy stabil, robusztus rendszer érzetét kell keltenie.
- Nem csak statikus adattáblákról beszélhetünk, számos valós idejű rendszerben az adatok folyamatosan keletkeznek (adatfolyamok).
- Mivel az egyik legköltségesebb művelet az adattovábbítás, olyan megoldásokat kell találni, amelyek csökkentik az egyes csomópontok közötti kommunikáció mértékét, ilyen például a hálózaton belüli előfeldolgozás, adataggregáció.
- Hosszabb késleltetések lehetnek az adatok továbbítása során, nem elég egyszer optimalizálni egy lekérdezést, hanem folyamatosan kell monitorozni és felülvizsgálni, hogy a leghatékonyabb sebességgel és erőforrás-kihasználtsággal működhessen.
- Meg kell fontolni a régebbi adatok tárolásának szükségességét és lehetőségét, hiszen a csomópontok tárhelykapacitása korlátozott.

SZENZORADATOK TÁROLÁSA

A szenzorhálózatokban jelentkező korlátokat az adattárolás fizikai szintjén is figyelembe kell venni. A korlátozott tárhelyet és az adattovábbítás költségességét figyelembe véve kell mérlegelni az adatok tárolására vonatkozó lehetőségeket.

KÜLSŐ, CENTRALIZÁLT ADATTÁROLÁS

A szenzoradatok tárolásának legegyszerűbb módja a hagyományos hálózatoknál is megszokott külső, centralizált adattárolás. A szenzorhálózatok felépítésüket tekintve az adatgyűjtést végző berendezésekből, a külvilággal kapcsolatot tartó átjárókból és a külvilágban található bázisállomásokból állnak. A centralizált adattárolás lényege, hogy minden, a szenzorhálózatot alkotó érzékelőn összegyűjtött adat azonnal továbbításra kerül az átjárón keresztül a külső bázisállomásra, az adatok tárolása és további feldolgozása a bázisállomáson történik. A módszer előnye, hogy az adatok központosított tárolása és lekérdezése egyszerű és kényelmes. A kommunikációs költségek az adatok továbbításánál jelentkeznek, a felhasználóktól származó lekér-



dezek megválaszolásához ugyanakkor már nincs szükség további interakcióra az érzékelő rendszerrel.

A bázisállomás kettős funkciót tölt be, egyrészt ellátja az adattárolási funkciókat: fogadja, tárolja, feldolgozza a szenzorok által gyűjtött adatokat, másrészt kiszolgálja az adatigényeket: feldolgozza és megválaszolja a felhasználóktól vagy a szenzorhálózat csomópontjaitól érkező lekérdezéseket. A rendszer hátránya, hogy mivel a bázisállomás jelentős kommunikációt bonyolít le a külső felhasználókkal és az érzékelő csomópontokkal egyaránt, szűk keresztmetszetet jelent a rendszerben, túlterhelődése esetén jelentős késleltetések léphetnek fel. Ezzel párhuzamosan a bázisállomás környékén elhelyezkedő csomópontok is jelentősebb kommunikációt kénytelenek lebonyolítani, így hamarabb lemerülhetnek, amely befolyásolja a rendszer egészének élettartamát. Az adatbiztonság vonatkozásában leginkább a bázisállomás elleni támadásokkal kell számolni: a bázisállomás elárastása nem kívánatos adatokkal, kérésekkel, mert ezek a bázisállomáson tárolt adatok integritását veszélyeztető támadások. [12]

Ez a megoldás elsősorban akkor optimális, ha a szenzorhálózat mérete kicsi (kb. 100 szenzor), az adatgyűjtés nem folyamatos, például a rendszer csak egy esemény hatására továbbít adatokat. [13][15][14][16]

ELOSZTOTT ADATTÁROLÁS (DISTRIBUTED DATA STORE)

Több ezer csomópontot tartalmazó hálózatokban a központosított megközelítés nem praktikus; a nagy mennyiségű keletkezett adat és kommunikáció miatt a bázisállomás és a környező csomópontok túlterhelődnek, ami késleltetésekhez és a rendszer élettartamának csökkenéséhez vezethet. Az ilyen nagy mennyiségű adat energiahatékony módon történő kezeléséhez az egyik leginkább energiatakarékos adattárolási formát, a decentralizált ún. szenzor-adatbázis megközelítést használják. A szenzor-adatbázis modell az egész hálózatot egy elosztott adatbázisnak tekinti, ahol minden egyes érzékelő csomópont a tárolás egy alapegysége. A decentralizáció segít az energiamegtakarításban, ugyanakkor az egyes csomópontokon csak helyi információk érhetők el. A decentralizált algoritmusok kialakítása bonyolultabb, teljesítményük korlátozottabb. Összességében elmondható, a szenzorhálózatok adatkezelésének decentralizált módon történő tervezése energiahatékony, viszont az adatkezelő rend-

szer összetettsége jelentősen megnő. [16] A biztonság szempontjából leginkább a csomópontok kompromittációjával kell számolni. [12]

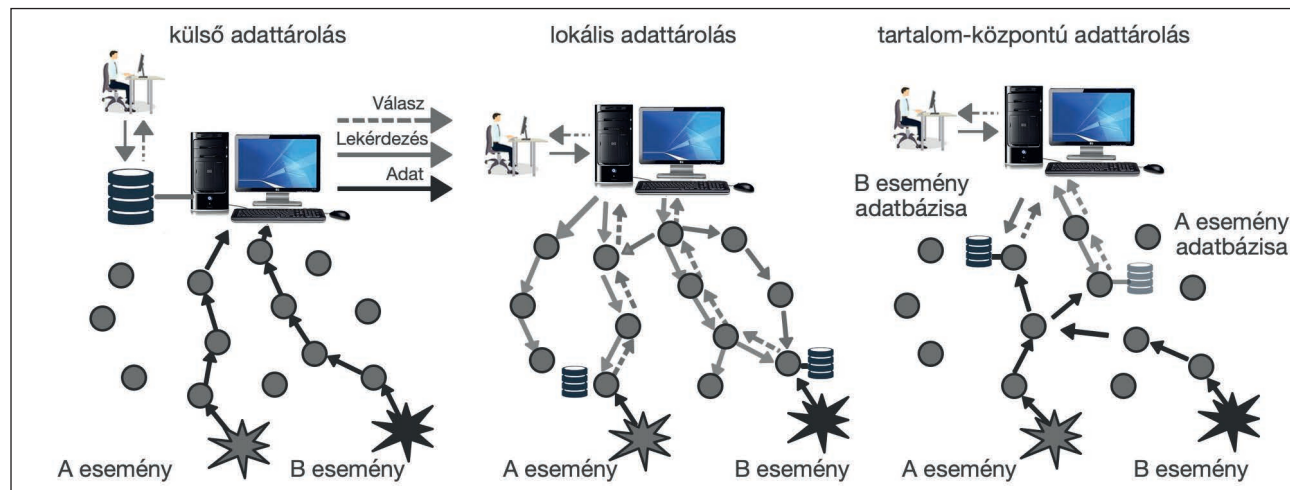
LOKÁLIS ADATTÁROLÁS (LOCAL STORAGE)

Minden keletkezett adatot a keletkezés helyén, azaz a szenzorok memóriájában tárolunk. A rendszer nagy előnye, hogy mivel az adatokat az egyes érzékelők tárolóhelyén tárolják, így az adatok tárolási helyre történő eljuttatásának nincs kommunikációs költsége, hátrányt jelent viszont az egyes lekérdezések feldolgozásának költsége. Mivel nincs egy globális adatelosztási központ, minden csomópontnak aktívan részt kell vennie a lekérdezési folyamatban: fel kell dolgoznia a kérélmeket és részt kell vennie az eredmények továbbításában, ami jelentős energiafelhasználást jelent az egyes csomópontokon. [13]

TARTALOM-KÖZPONTÚ ADATTÁROLÁS (DATA-CENTRIC STORAGE)

A központosított és a lokális tárolás közötti arany közepet megtalálva láttak napvilágot tartalomra fókuszáló, tárolásra vonatkozó elképzelések, amelyek szerint az adatokat a hálózaton belül, az adatok típusát, keletkezési helyét figyelembe véve előre definiált csomópontokon tárolják. A legfontosabb ötlet ugyanazon típusú adatok ugyanazon hálózati helyen történő tárolása. Ezek után minden olyan lekérdezés, ami az adott típusú adatokra vonatkozik, közvetlenül az ilyen adatokat tároló csomópontnak címezhető, elkerülve a jelentős kommunikációs költségekkel járó elárastásos lekérdezést. Így a lekéréseket hatékonyabban lehet feldolgozni, csökken az energiafelhasználás és a késleltetés. A fenti rendszerben tárolt adatok tárolása két lépésből áll: a szenzor által észlelt eseményhez hash függvény segítségével egy címke kerül, majd az adatokat a címke szerint egy csomópontra irányítják. Az adatfókuszú tárolás olyan elosztott tárolási struktúrát hoz létre, ami az eseményeket névvel ellátva térben csoportosítja. A nevek a hash függvény tetszőleges kulcsainak tekinthetők, és a kategorizálás alapegységei. A módszer nagy előnye emellett, hogy mivel azonos adatok azonos helyen tárolódnak, hatékony aggregáció valósítható meg. Az ilyen jellegű adattárolási stratégiánál természetesen fontos kérdés, hogyan válasszuk ki a tároló csomópontokat, ráadásul ezek-

3. ábra. Adattárolási stratégiák szenzorhálózatokban (A szerző fordítása a [18] alapján)



nek nagyobb tárhellyel és erőforrással is rendelkezniük kell. [17]

A 3. ábra bemutatja a három adattárolási stratégiát.

SZENZORHÁLÓZATOK ÉS A FELHŐ-TECHNOLÓGIA INTEGRÁCIÓJA: SZENZOR-FELHŐ

A legtöbb alkalmazás lehetőség szerint valós idejű adatokat használ. Ezt a hatalmas mennyiségű adatot általában valamilyen módon fel kell dolgozni. Mivel a szenzorhálózatok korlátozott kapacitásokkal rendelkeznek, a felhő-technológiák valódi lehetőséget kínálnak arra, hogy kielégítsék az érzékelők által összegyűjtött adatok tárolásából, feldolgozásából és elemzéséből fakadó jelentős tárhely- és számítási kapacitásigényeket.

A felhő-technológia az internetalapú szoftverrendszerek új feltörekvő paradigmája, a szenzorhálózatok és felhő-technológia integrációjával pedig megjelent a szenzor-felhő-technológia. A szenzor-felhő lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy különböző web alkalmazások segítségével a felhőben található számítási és tárolási kapacitás használatával könnyen összegyűjtsék, tárolják, elemezzék, megjelenítsék és megosszák a nagyszámú érzékelt adatot. [19]

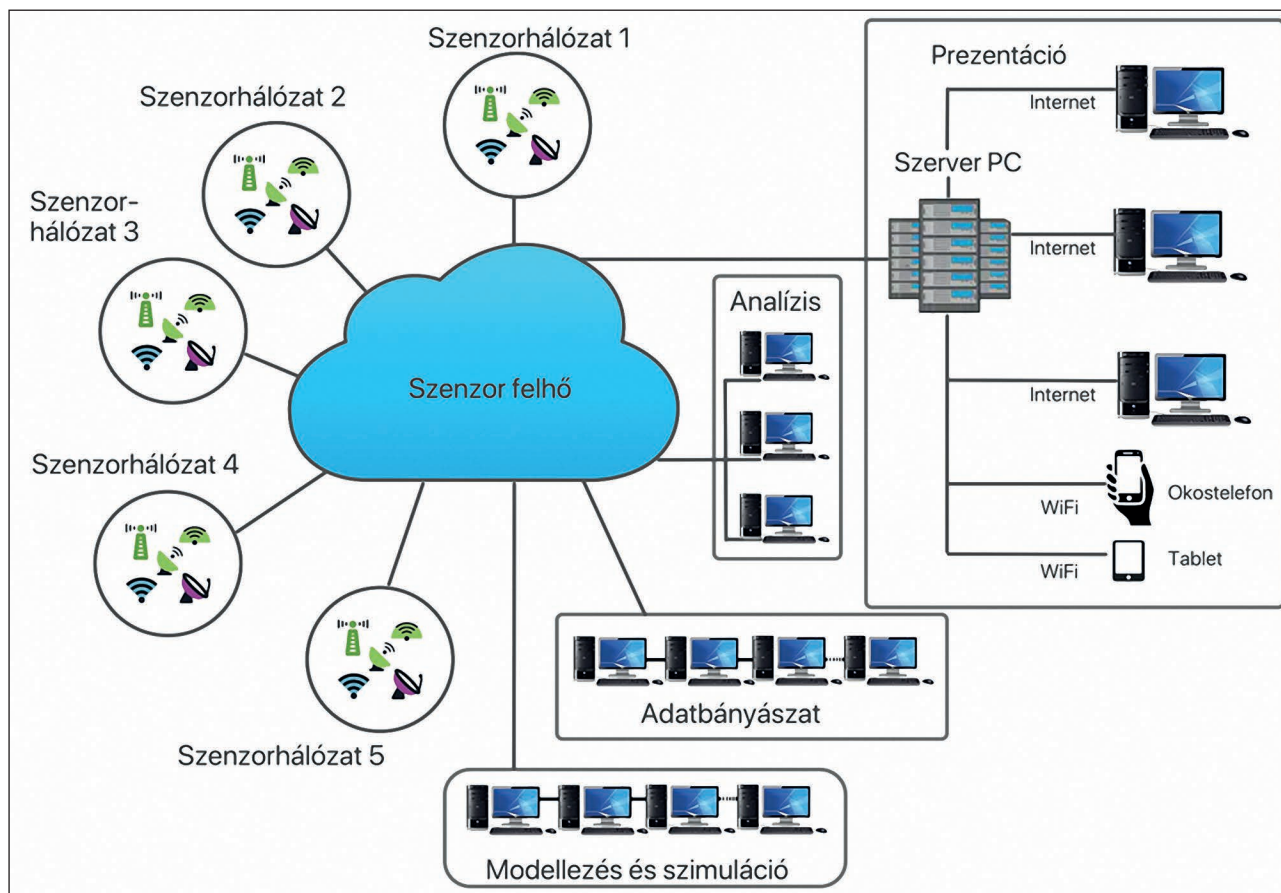
A 4. ábra szemlélteti egy szenzor-felhő felépítését.

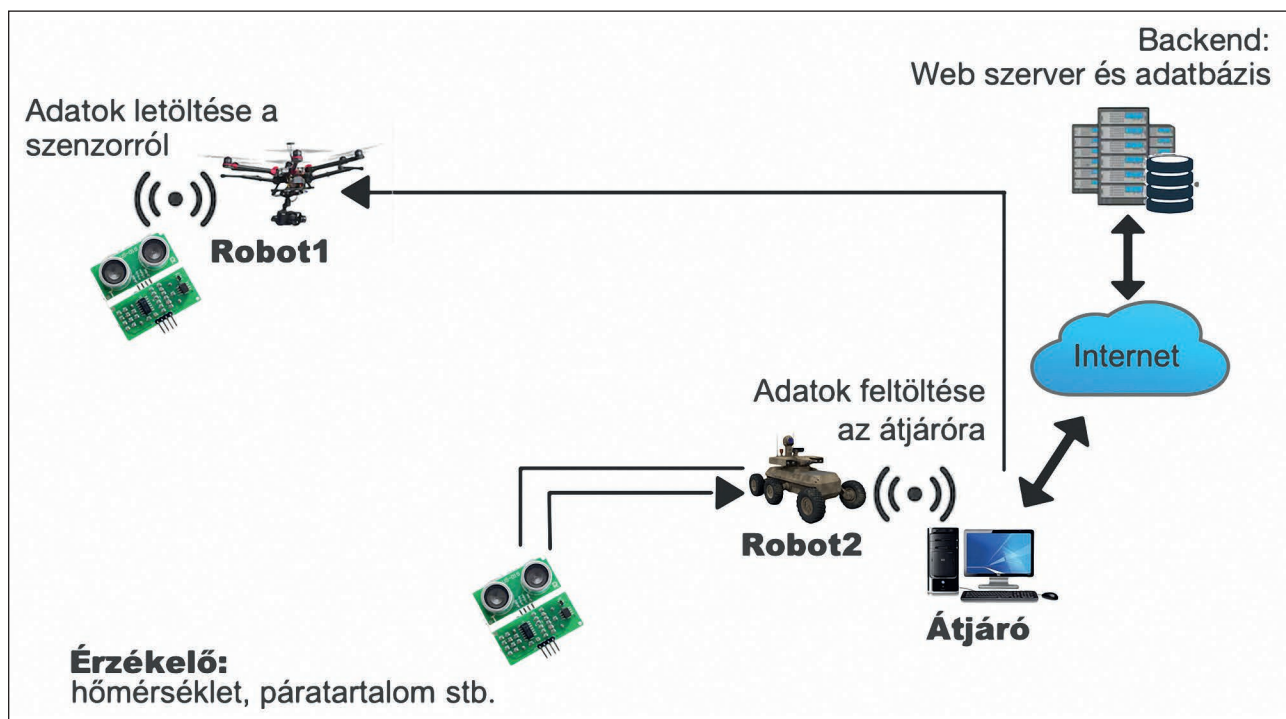
ADATGYŰJTÉS MOBIL ROBOTOKKAL

A fenti adatkezelést optimalizáló megoldások egy bizonyos fokig hatékonyan alkalmazhatók, ugyanakkor nagyon nagy

területre telepített, rengeteg adatot gyűjtő és továbbító rendszerek esetén még mindig túl sok ugrásra (kommunikációra) van szükség, amíg a szenzoroktól a bázisállomásra jutnak az adatok. Az adattovábbításra használt útvonal hosszával arányosan nőnek a kommunikációs költségek, az energiafelhasználás, valamint az adattovábbítás megbízhatatlansága, a valószínűség adatvesztésre. Emellett szintén költséges a nagyméretű útválasztási táblák fenntartása. A fenti problémák megoldására alkalmazhatóak a mobil robotok. [19][21] Egy olyan rendszert kell elképzelni, ahol a mobil robotok vagy pilóta nélküli repülőgépek adathordozóként (data mule) részt vesznek a szenzorokon keletkező adatok összegyűjtésében. A rendszer nagy előnye, hogy a robotok az adatgyűjtés helyéhez, a csomópontokhoz közel kerülhetnek, ezáltal a csomópontok viszonylag kis kommunikációs költséggel feltölthetők rá adataikat, megkímélve a rendszert a több ugrásos útvonalon való adattovábbítás nehézségeitől, emellett a kis hatótávolságú kommunikáció miatt kisebb az esély az adatvesztésre is. Miután minden csomóponttól begyűjtötték az adatokat, visszatérnek és feltöltik azt a bázisállomáson található adatbázisba. Ezzel a megközelítéssel a csomópontok jelentős energiát takaríthatnak meg, amelyet egyébként az adatok továbbítására használnának, ezáltal meghosszabbítva a hálózat életét. Végül, de nem utolsósorban könnyebb a robotok akkumulátorainak feltöltése, mint a csomópontokon az elemek cseréje. Az ilyen integrált robot- és szenzorhálózat sikeres telepítéséhez azonban új kihívásokat kell elhárítani, mint például a robotok pályájának megtervezése az adatgyűjtés igényeinek megfelelően. Az 5. ábra szemlélteti egy mobil robotokat tartalmazó rendszer felépítését. [19]

4. ábra. Szenzor-felhő architektúra (a [20] alapján szerkesztette a szerző)





5. ábra. Mobil robotok használata az adatgyűjtésben (a szerző fordítása a [19] alapján)

A szenzorhálózatok jelentősebb adatkezelési megoldásait megismerve látható, hogy a lehetőségek tárháza meglehetősen széles. Napjainkban is előszeretettel használják még a tradicionális centralizált adattárolást, ugyanakkor a szenzorhálózatok és az érzékelők által gyűjtött adatok mérete és komplexitása már új megoldásokat igényel. A témában folyó kutatások napjainkban leginkább a hálózaton belüli elosztott adatkezelés területén folynak, olyan megoldások kidolgozásán dolgoznak, amelyek minél nagyobb mértékű optimalizációt biztosítanak a csomópontok energiatárolására. Ahogy egyre inkább a Big Data és a hálózatba kötött „intelligens” eszközök, az ún. „dolgok internete” felé haladunk, a túloptimalizált, lokális erőforrásokra támaszkodó megoldások helyét valószínűleg a közeljövőben átveszik az igény szerinti, ez által szinte korlátlan tárhely és számítási kapacitást nyújtó felhő-technológiák és az általuk nyújtott korszerű adatelemzési megoldások. Fontos megjegyezni, hogy az alkalmazott technológia megválasztásánál elengedhetetlen az alkalmazás igényeinek figyelembevétele. Azt is mérlegelni kell, hogy milyen típusú adatokat, milyen módon kívánunk tárolni, lekérdezni, elemezni, és az adott célnak megfelelő tárolási és lekérdezés-feldolgozási eljárások implementálását választani.

(Folytatjuk)

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Nagy Dániel: Possible uses of geographical information systems in wireless network systems of future. Hadmérnök, X 1. sz. (2015), 234–243;
- [2] Nagy Tibor István: Hálózati réteg a szenzorhálózatokban. Hadmérnök, VII. 3. sz. (2012), 123–130;
- [3] Nagy Tibor István: Szenzorhálózatokkal szemben támasztott terepi követelmények. Hadmérnök, VII. 1. sz. (2012), 202–213;
- [4] Nagy Tibor István: A felügyelet nélküli szenzorhálózatok és a programozási nyelvek kapcsolata. Hadmérnök, IV. 4. sz. (2009), 303–311;
- [5] Winkler, M., Tuchs, K. D., Hughes, K., Barclay, G.: Theoretical and Practical aspects of military wireless sensor networks. Journal of Telecommunications and Information Technology, 2 1. (2008), 37–45;
- [6] Arora, A., Dutta, P., Bapat, S., Kulathumani, V., Zhang, H., Naik, V., Mittal, V., Cao, H., Demirbas, M., Gouda, M., Choi, Y., Herman, T., Kulkarni, S., Arumungam, U., Nesterenko, M., Vora, A., Miyashita, M.: A Line in the Sand: A Wireless Sensor Network for Target Detection, Classification, and Tracking. Journal Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunication Networking, Special issue: Military communications systems and technologies, 46 5. (2004), 605–634. DOI: 10.1016/j.comnet.2004.06.007;
- [7] Karl, H., Willig, A.: Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. West Sussex: John Wiley & Sons, 2005. DOI: 10.1002/0470095121;
- [8] Haig Zs.: Networked unattended ground sensors for battlefield visualization. AARMS, 3 3. (2004), 387–399;
- [9] Walters, J. P., Liang, Z., Shi, W., Chaudhari, V.: Wireless sensor network security: A survey. In: XIAO, Y., Security in Distributed, Grid, Mobile, and Pervasive Computing. 466–508. Boston: Auerbach Publications, 2007. DOI: 10.1201/9780849379253.ch16;
- [10] Molnár Zs.: A terepi elektronikai rendszerek beépített öntesztelési lehetőségei, Hadmérnök, III 4. sz. (2008), 154–164;
- [11] Zhao, F., Guibas, J. L.: Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach; Morgan Kaufmann 2004;
- [12] Langson, J.: Security Implications of Data Dissemination Methods in Wireless Sensor Networks, Online: <https://pdfs.semanticscholar.org/9734/15286a>

- 035d2a541d7599e7faf06512229324.pdf [Letöltve: 2018. 05. 29.];
- [13] Fan, W., Hao, Z., Guo, Z.: Wireless Sensor Network Data Storage Optimization Strategy In: WANG, X. et al.: Advanced Technologies in Ad Hoc and Sensor Networks, Proceedings of the 7th China Conference on Wireless Sensor Networks; Springer 2014. pp. 345–351. DOI: 10.1007/978-3-642-54174-2_31;
- [14] Wei-Peng, C., Jennifer C. H.: Data Gathering and Fusion in Sensor Networks In: Ivan, S.: Handbook of Sensor Networks: Algorithms and Architectures; John Wiley & Sons 2005. pp. 493–526. DOI: 10.1002/047174414x.ch15;
- [15] Trigoni, N. et al.: Querying of Sensor Data In: Gama, J., Gaber, M. M. (Eds.): Learning from Data Streams, Processing Techniques in Sensor Networks; Springer 2007. pp. 73–84. DOI: 10.1007/3-540-73679-4_6;
- [16] Diallo, O. et al.: Distributed Database Management Techniques for Wireless Sensor Networks; IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems 26. 2. (2015) pp. 604–620. DOI: 10.1109/tpds.2013.207;
- [17] Govindan, R.: Data-Centric Routing and Storage in Sensor Networks In: Raghavendra, C. S. et al.: Wireless Sensor Networks; Springer 2004. pp. 185–205. DOI: 10.1007/1-4020-7884-6_9;
- [18] Jallad, A-H., Vladimirova, T.: Data-Centricity in Wireless Sensor Networks In: Misra, C., S., Woungang, I., Misra, S.: Guide to Wireless Sensor Networks. Computer Communications and Networks; Springer 2009. pp. 183–204. DOI: 10.1007/978-1-84882-218-4;
- [19] Rawat, P. et al.: Wireless sensor networks: a survey on recent developments and potential synergies; The Journal of Supercomputing 68. 1. (2014) pp. 1–48. DOI: 10.1007/s11227-013-1021-9;
- [20] Mistral Solutions: The Sensor Cloud and Homeland Security; Online: <https://www.mistralsolutions.com/sensor-cloud-homeland-security/> [Letöltve: 2018. 05. 29.];
- [21] Cao, H. et al.: Cloud-Assisted UAV Data Collection for Multiple Emerging Events in Distributed WSNs; Sensors, 17. 8. (2017), Online: <http://www.mdpi.com/1424-8220/17/8/1818/htm> [Letöltve: 2018. 05. 29.]. DOI: 10.3390/s17081818.

JEGYZETEK

1 TinyOS és NesC: <https://github.com/tinyos>

(Illusztrációk a szerző gyűjteményéből.)

Amaczi Viktor nyá. alezredes

1939 – 2019

2019. január 11-én, életének 80. évében, hosszan tartó, súlyos betegség következtében elhunyt Amaczi Viktor nyá. alezredes.

1939. február 11-én Karádon született, iskolai elvégzését követően, édesapja példáját követve a katonai pályát választotta. Budapesten, a mátyásföldi II. Rákóczi Ferenc Katonai Középiskolában érettségizett, majd az Egyesített Tiszti Iskola elvégzését követően 1960-ban avatták hadnaggyá. 1963-ban főhadnagy, 1967-ben százados, 1973-ban őrnagy, végül 1980-ban alezredesi rendfokozatba léptették elő.

Katonai beosztást – híradó tisztként – először Kaposváron kapott. 1962-ben Vácra helyezték, 1965–70 között a Budapesti Műszaki Egyetemen mérnöki tanulmányait végezte. Előjárói a szolgálat érdekében küldték a BME Villamosmérnöki Karára, ahol híradástechnikai szakon 1971-ben szerzett diplomát. Ezzel párhuzamosan végezte a mérnök-tanári szakot is, amelyet egy évvel később, 1972-ben végzett el sikeresen.

Ezt követően mérnök-közgazdász végzettséget szerzett, külkereskedelmi tanulmányokat folytatott. Az iparjogvédelmet is felsőfokú oktatás keretében sajátította el.

Miután megszerezte a diplomát, a Haditechnikai Intézetbe került, ahol 1994-ig, nyugdíjazásáig dolgozott.

1984-től 1994-ig a Haditechnika folyóirat főszerkesztője volt. Pályafutása alatt többszáz cikket írt különböző lapokba, a Haditechnikában 108 cikket publikált. Olyan hiánypótló szakkönyvek szerzője volt, mint a Bombay Lászlóval és Héjja Istvánnal közösen jegyzett A világ hadseregei című kötet, vagy az Ács Tiborral szerkesztett nagyszabású kézikönyv, a Hadtudományi lexikon.



1983-ban Kiváló Feltaláló kitüntetést kapott. Ezen kívül még tizenegy kitüntetéssel ismerték el munkásságát.

Tagja volt a Tudományos Újságírók Klubjának és nyugdíjba vonulását követően, a Haditechnika szerkesztőbizottságának, ahol aktív közéleti tevékenységet folytatott. Személyében a magyar katonai-műszaki szaknyelv egyik meghatározó gondozóját és egy nagyszerű bajtársat veszítettünk.

Emlékét kegyelettel megőrizzük.

(S. GY.)