

Az AgroDat.hu szenzorhálózat kommunikációs/távközlési rendszerének tervezési tapasztalatai

PALLER GÁBOR, SZÁRMES PÉTER, ÉLŐ GÁBOR

Információs Társadalom Oktató-és Kutatócsoport (ITOK), Széchenyi István Egyetem, Győr
{paller.gabor, peter.szarmes, elo}@sze.hu

Kulcsszavak: mezőgazdasági szenzorhálózat, dolgok internete, energiahatékonyság

Az AgroDat.hu K+F projekt egy nagy, országos méretű mezőgazdasági információs rendszer felépítését tűzte ki célul, melynek egyik fontos eleme a mezőgazdaságban használható szenzorok fejlesztése. A szenzoregységek által gyűjtött adatokat folyamatosan el kell juttatni az adattároló és -feldolgozó rendszerhez. Egy nehezen hozzáférhető terepen működő berendezésnél rendkívül fontos szempont az energiahatékonyság, és a kommunikációs rendszer felépítése jelentősen befolyásolhatja a szenzoregységek energiafogyasztását. A szenzorhálózat kommunikációs architektúrájának két változatát (GPRS és SMS alapú adatátvitel) vizsgáltuk, majd a GPRS kommunikáció esetén a Telit GL865 és a SIMCOM SIM900 típusjelű kommunikációs modulok energiahatékonyságát elemeztük. Elemzésünk alapján érdemes a magasabb energiafogyasztással járó GPRS-HTTP alapú architektúrát alkalmazni, de a szerver által kezdeményezett kapcsolatok (pl. távmenedzsment) céljára szükség van az SMS infrastruktúrára is.

1. Bevezetés

Az AgroDat.hu K+F projekt neves ipari és tudományos partnerekkel arra törekszik, hogy egy nagy, országos méretű mezőgazdasági információs rendszert építsen fel Magyarországon. A projekt fő tudományos célja, hogy elemezze a gyűjtött mezőgazdasági adatok összefüggéseit. Az AgroDat.hu három részprojektből áll: (1) szenzorfejlesztés és adatgyűjtés, (2) elemzések és modellezés, illetve (3) döntéstámogatási rendszer fejlesztése. Cikkünk a szenzorhálózat fejlesztésével, közelebbről a kommunikációs rendszer energiahatékonyságával foglalkozik.

A mezőgazdasági információs rendszer működéséhez nagy mennyiségű adatot kell gyűjteni a földeken a növények állapotáról és a környezeti feltételekről (talajnedvesség, talajhőmérséklet, léghőmérséklet, csapadék, napsugárzás stb.). Az adatok nagy része szenzorhálózat segítségével biztosítható. A projekt során egy komplex föld alatti és egy föld feletti szenzoregységet fejlesztünk ki, amelyek hardverszinten több szenzort integrálnak a szükséges talaj- és környezeti jellemzők mérésére. A szenzoregységek által gyűjtött adatokat folyamatosan el kell juttatni az adattároló és -feldolgozó rendszerhez. A kommunikációs rendszer felépítése jelentősen befolyásolhatja a szenzoregységek fogyasztását, ami egy nehezen hozzáférhető terepen működő berendezésnél rendkívül fontos szempont.

2. Precíziós növénytermesztés

Az AgroDat.hu projekt a precíziós növénytermesztés bevezetését segítheti azáltal, hogy helyfüggő mérési adatokat biztosít számos mezőgazdasági szempontból

fontos jellemzőről. A precíziós termesztés a helyi, táblán belüli viszonyokhoz és igényekhez igazodó termesztést jelenti. Ennek szerves része a szabatos mérés és ahhoz kapcsolódóan a pontosan szabályozott beavatkozás [1]. A precíziós gazdálkodásnak ezért fontos részét jelentik a szenzorok, amelyek különböző talaj és környezeti jellemzőket, illetve a mezőgazdasági műveletekhez kapcsolódó paramétereket (pl. a betakarításnál) mérnek folyamatosan. A több és pontosabb információk révén növekszik a növénytermesztési folyamat kontrollálhatósága és a termelési inputok felhasználásának hatékonysága.

A precíziós gazdálkodás gazdaságon belüli kockázatkezelő stratégiát jelent, és a segítségével elsősorban a termelési kockázat csökkenthető, bár az optimalizált öntözés, műtrágya- és növényvédőszer-felhasználás révén jellemzően csökkennek az ezekhez kapcsolódó ráfordítások is, ami valamelyest mérsékli az áringadozásokból származó kockázatot is. Szakértői vélemények [2] alapján egy bizonyos birtokméret felett egyértelműen megéri a technológia egy vagy több elemének alkalmazása.

Ahhoz, hogy a növénytermelés során a megfelelő döntéseket hozzuk meg, a következő táblafolt-szintű információkra van szükség:

- talajtulajdonságok (pl. humusztartalom, kötöttség, mikro- és makroelemek);
- meteorológiai adatok;
- termesztett növény igényei, tápanyagszükséglete;
- gyom és kártevő populáció adatai;
- szükséges agrotechnikai beavatkozások paraméterei;
- betakarított termés mennyisége, minősége.

A tervezett rendszerhez tehát nagy mennyiségű adatot kell gyűjteni a földeken a növények állapotáról és a környezeti feltételekről (talajnedvesség, talajhőmérséklet, léghőmérséklet, csapadék, napsugárzás stb.). Az adatok nagy része szenzorhálózat segítségével biztosítható. A projekt során egy komplex föld alatti és egy föld feletti szenzoregységet fejlesztünk ki, amelyek hardverszinten több szenzort integrálnak a szükséges talaj- és környezeti jellemzők mérésére.

Az információs szolgáltatás felhasználói (gazdák, kutatók) webes felületen keresztül férhetnek majd hozzá a szenzorok adataihoz, illetve az adatokra épülő riasztásokhoz, elemzésekhez, előrejelzésekhez. Ezáltal folyamatosan követhető a növények környezeti állapota és megalapozott döntések hozhatók a szükséges mezőgazdasági tevékenységekről (pl. vetés, öntözés, permetezés).

3. Mezőgazdasági szenzorok

A növények életfolyamatainak és környezettel való kapcsolatuknak az ismeretében lehet meghatározni azokat a (mérendő) tényezőket, amelyek hatással vannak a növények fejlődésére és a termés mennyiségére, minőségére. A projektben az alábbi tényezők szenzoros mérését mérlegeljük:

- légmozgás (szélsebesség, szélirány, légnyomás)
- csapadék (mennyiség és intenzitás)
- páratartalom
- léghőmérséklet
- napsugárzás (intenzitás és tartam)
- szén-dioxid koncentráció a talajban
- talajnedvesség
- talajvíz-potenciál
- talaj-sótartalom
- talajhőmérséklet

Talajszenzorok segítségével mérhető a talajhőmérséklet, a térfogati nedvességtartalom (a dielektromos permittivitás alapján), a talajvíz sótartalma (az elektromos vezetőképességén keresztül), illetve a talaj gázfá-

1. ábra

A Decagon cég 5TE talajszenzora
(forrás: www.decagon.com)



zisának széndioxid-koncentrációja. Az amerikai Decagon cég 5TE kombinált szenzorával például egyszerre mérhető a talajhőmérséklet, a térfogati nedvességtartalom és a talaj vezetőképessége.

Ezek adatok felhasználhatók az öntözéstervezéshez, a növénybetegségek előrejelzéséhez, a talajlégzés méréséhez. A talaj sótartalma, főleg a szárazabb területeken, jelentősen befolyásolhatja a növények fejlődését. A talajvíz-potenciál mérésével pedig következtetni lehet arra, hogy mekkora a növények számára felvehető vízmennyiség.

Fényérzékelő szenzor segítségével mérhető a fotoszintetikusan aktív sugárzás intenzitása. Meteorológiai szenzorok mérik a páratartalmat, a léghőmérsékletet, ezekből az értékekből a növények párologtatására lehet következtetni. A csapadékmérő szenzor a csapadék mennyiségéről ad információt, ami a terület vízháztartásának meghatározó tényezője. A szélmérő a szél irányát és sebességét méri, ez fontos lehet például a széllel szállított kórokozók terjedésének meghatározásánál.

A különböző szenzorok kombinálásával szinergikus hatás érvényesül a fejlesztendő szenzorcsoporthoz. Az egyedi fejlesztés további célja a környezeti tényezőkre való felkészítés: eső, szél, erős napsütés, köd és hideg mind-mind más jellegű problémát okozhatnak egy elektronikai szerkezetben. Fontos fejlesztési cél a szenzorok működéséhez szükséges energiaigény minimalizálása.

4. Az AgroDat.hu szenzorhálózat architektúrája

Minthogy az AgroDat.hu szenzorhálózat első változata a kukoricára koncentrál, a tipikus kukorica termőhelyeket kellett figyelembe vennünk az adatátviteli architektúra tervezése során. A nagy táblaméretű és a termőterület településektől és egyéb infrastruktúrális létesítményektől való jelentős távolsága csak nagy területet lefedni képes rádiós technológia alkalmazását tette lehetővé. Ilyen rádiós technológia ugyan többféle is rendelkezésre áll (pl. WiMax vagy URH átvitel), széles körű hozzáférhetősége, alacsony költsége és a jogi szabályozottság megoldottsága miatt a nyilvános GSM mobilhálózat mellett döntöttünk.

A szenzorhálózat első változata olyan adatokat mér, amelyek lassan változnak (pl. talajhőmérséklet, talajnedvesség) és az adatrepresentációhoz kis adatmennyiség is elegendő (a mi kódolási formátumunkkal ez esetenként 200-400 bájtot jelent). Ez azt jelenti, hogy a szenzor viszonylag ritkán kommunikál a mobilhálózaton (naponta 1-3 alkalommal) és akkor is kis mennyiségű adatot küld. A szenzorállomások egy része csak talajérzékelőkkel rendelkezik, a föld felszíne felé minimális mértékben nyúlik ki, így napelemes táplálás nem megoldható, a szenzorállomás tervezésénél ezért az energiahatékonyság kulcsfontosságú. A kis adatmennyiség és az energiahatékonyság fontossága miatt a

mobilhálózat alacsony sáv szélességű szolgáltatásainak felhasználásával terveztük meg a prototípust. Ez GPRS vagy SMS alapú adatátvitelt jelenthet.

A szenzorhálózat architektúrájának két változatát készítettük el. Az első GPRS, a második SMS alapú adatátvitelen alapul. GPRS használata esetén a szenzor közvetlenül kapcsolódhat a web infrastruktúrához HTTP protokollon keresztül, ami előnyös a szervertől teljesítménye szempontjából, mivel HTTP protokollra extrém magas skálázhatóságú megoldások sokasága áll rendelkezésre telepíthető vagy felhőszolgáltatás alapon is.

A viszonylag kis adatmennyiség és a felhasznált tömör bináris kódolás lehetővé teszi, hogy az adatokat az SMS segítségével vigyük át. Mérési adatcsomagjaink még szöveges formába kódolva is elférnek 3-4 SM-ben, ami napi 3 adatfelküldést feltételezve legfeljebb napi 12 SM-t jelent. Az SMS alapú adatfelküldés költsége tehát vállalható. Architektúrais szempontból az SMS infrastruktúrához lehet csatlakozni mobil végpontként vagy az SMSC alkalmazásprotokollján keresztül. Mindkét megoldás egy további szoftverkomponens beiktatását teszi szükségessé az SMS infrastruktúra és az alkalmazáserver közé. Ez a szoftverkomponens a mobil végpont SMS interfészét vagy az SMSC alkalmazásprotokoll interfészét illeszti az alkalmazáserverhez és ez a HTTP-t használó architektúra-változathoz képest bonyolultabb felépítést jelent.

A másik szempont a szenzor fogyasztása az egyes adatküldési scenáriók közben. Mérést végeztünk a Telit GL865 GSM/GPRS adatkommunikációs moduljával és megmértük 112 bájttal az adatküldésének költségét az elfogyasztott energiát tekintve. Mérésünk szerint ehhez GPRS-en 2347 mAsec energia kell, míg SMS esetén 247 mAsec szükséges. Az SMS alapú adatküldés tehát hozzávetőlegesen egy nagyságrenddel kevesebb energiát igényel. Ugyanakkor egy GPRS-alapú adatküldési tranzakció még így is kevesebb, mint 1 mAh-t fogyaszt (1 mAh = 3600 mAsec) amely tipikus akkumulátor-csomaggal

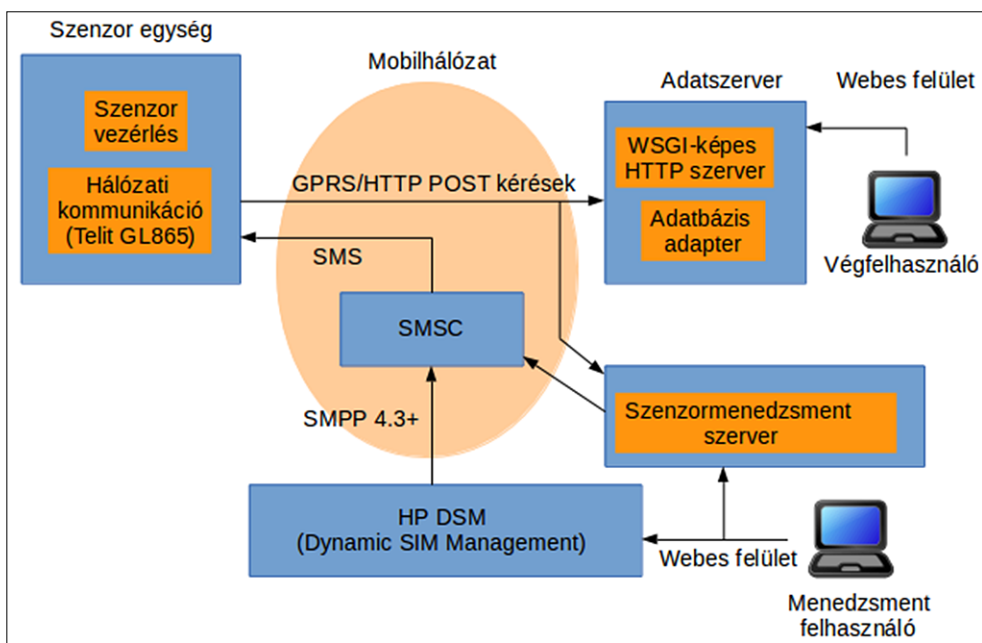
is könnyen kielégíthető a korábban említett napi 1-3 adatküldés mellett. Ez alapján úgy döntöttünk, hogy a direkt HTTP kommunikáció előnyei meghaladják a magasabb energiafogyasztás okozta hátrányokat és a GPRS-HTTP alapú architektúra mellett döntöttünk.

A szenzorhálózat a tervek szerint 300-1000 szenzorból fog állni. Ennyi végpont menedzselése elképzelhetetlen valamilyen távmenedzsment megoldás nélkül. A tervek szerint a szenzorhálózat menedzselését két különálló menedzsmentrendszer fogja végezni. A HP Dynamic SIM Management (DSM) rendszere végzi a SIM kártyák menedzselését, amibe beletartozik a SIM kártyák leltárja, szenzorhoz rendelése, működésük ellenőrzése és olyan biztonsági szolgáltatások, mint pl. annak ellenőrzése, hogy az adott SIM kártya a hozzá rendelt szenzorban van-e. A funkciók egy részének megvalósításához a HP DSM rendszer saját SIM Toolkit alkalmazását tartalmazó SIM kártyák szükségesek és ezzel a SIM Toolkit alkalmazással a HP DSM rendszer az SMS infrastruktúrán keresztül tartja a kapcsolatot.

A szenzor saját, nem távközlés-specifikus tulajdonságainak a menedzsmentjére egy külön menedzsmentrendszer szolgál. Ilyen tulajdonságok például a szenzor mérési időpontjainak konfigurációja vagy a szenzortól érkező hibajelentések fogadása. Ez a szenzormenedzsment rendszer az SMS infrastruktúrát használja a szenzorokhoz szánt üzenetek küldésére. Hosszabb menedzsmentműveletet a szenzor és a szenzormenedzsment server GPRS-HTTP hordozón végez. A szertől a szenzorhoz küldött aszinkron üzenetek energiahatékonysági problémáit a cikk későbbi részében tárgyaljuk.

5. Energiahatékonysági vizsgálatok

A szenzor egy gyakori konfigurációja minimális mértékben emelkedik a földfelszín felé, tehát a gyakran használt napelemes táplálás nem megoldható. Ezért különös



2. ábra
Az AgroDat.hu szenzorhálózat kommunikációs architektúrája (forrás: saját szerk.)

fontosságú, hogy a szenzor a telep rendelkezésére álló energiájával a lehető legtovább működésben maradjon. A legnagyobb fogyasztás a GSM kommunikációs funkciókkal kapcsolatos, így nagy figyelmet fordítottunk ezen funkciók energiafogyasztásának le mérésére és a lehető legenergiatakarékosabb adatátviteli mód-szerek kiválasztására. Méréseink során szét szeretnénk volna választani a GSM kommunikációs modulok eltérő implementációs megoldásaiból adódó energiaköltségeket és a különböző mobilkommunikációs eljárások használatából adódó költségeket. Ezért a mérések egy részét két különböző népszerű GSM/GPRS kommunikációs modullal is elvégeztük.

Az első mérési platformunk a Telit GL865-QUAD GSM/GPRS modulja volt. Ez teljes alkalmazásplatformként is képes működni, tehát a mobilszolgáltatásokat használó alkalmazáslogikát maga a modul is képes tárolni és végrehajtani. E mellett a GL865 hagyományos mobil modemként konfigurálható, amikor az alkalmazáslogikát egy másik feldolgozóegység hajtja végre és a kommunikációs modult pusztán mobilkommunikációs műveletek végrehajtására használja. Méréseink a platformként való használatra vonatkoznak. A második mérési platformunk a SIMCOM SIM900 típusjelű GSM/GPRS modemje volt. Ez a modul kizárólag modemként képes üzemelni, tehát a fogyasztási adatokhoz még hozzá kell adni az alkalmazáslogikát végrehajtó feldolgozóegység fogyasztását.

Elsőként a szakaszos, illetve a folyamatos üzem kérését kívántuk tisztázni. Szakaszos üzemben a szenzor kizárólag az adatküldés idejére regisztrál a mobilhálózaton és ekkor van mód a szenzor menedzselésére is. Az adatküldés után a szenzor kiregisztrál a mobilhálózatról, így az idő nagyobb részében a szenzor nem elérhető, tehát menedzsmentműveletek nem hajthatók végre. Folyamatos üzemben a szenzor állandóan regisztrálva van a mobilhálózaton, tehát menedzsmentműveletek bármikor végrehajthatók. Ez lehetővé teszi pl. kárbejelentések azonnali ellenőrzését, ezért a folyamatos üzem megvalósíthatósága kulcskérdés.

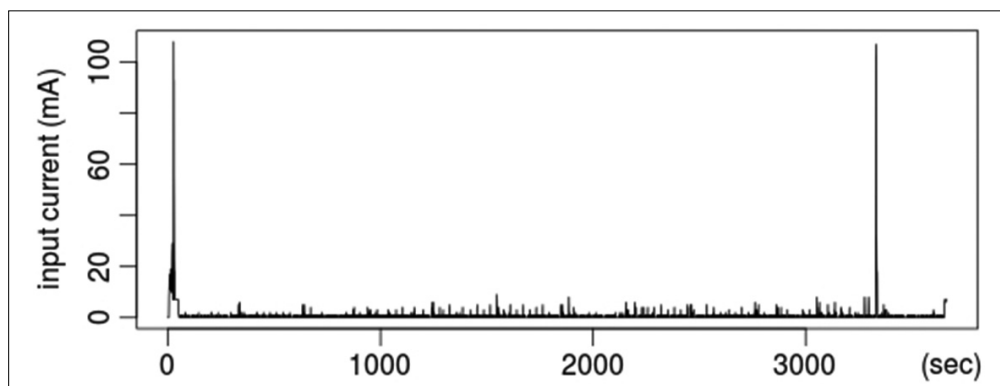
A folyamatos üzem megvalósításakor felmerülő problémák illusztrálásaként tekintünk a 3. ábrán látható áramfogyasztási diagramot. Ez egy energiatakarékos módban működő Telit GL865 modul áramfogyasztását mutatja egy 60 perces időtartam alatt. Jól látható a mobilhálózaton történő kezdeti regisztráció és a kb.

55 perccel később bekövetkező első „location update” procedúra végrehajtásakor bekövetkező fogyasztási tüske. Az idő fennmaradó részében a modul üresjáratú áramfelvétele okoz energiafogyasztást. Egy 24 órás periódusra vetítve modul nem energiatakarékos (alapértelmezett) működési módjában a hálózati műveletek 2.89 mAh, míg az üresjáratú üzem 170 mAh fogyasztást okoz. A GL865 energiatakarékos üzemmódjában – amikor csak a mobilhálózat jelzéseit figyelő és arra reagáló komponensei maradnak működésben – a hálózati műveletekre 2.9 mAh, míg az üresjáratú üzemre 11 mAh fordítódik.

Hasonló eredmények adódnak a SIM900 esetén. Nem energiatakarékos módban 24 óra üzem költsége 2.71 mAh a hálózati műveletekre és 456 mAh az üresjáratra. Energiatakarékos módban ugyanez 2.71 mAh, illetve 23.3 mAh értékekre adódik.

A fenti eredményeket befolyásolja, hogy az energiatakarékos mód alacsony áramfogyasztása függ a GSM hálózat „discontinuous reception” (DRX) procedúrájának kiszolgáló cellában tapasztalható konfigurációjától [4]. DRX esetén a mobil végpont nem folyamatosan hallgat a PCH jelzescsatornára, hanem a cella konfigurációjának megfelelő időközökben. Bár ez a konfiguráció operátorfüggő, ökölszabályként elmondható, hogy a ritkábban lakott területeken, szenzorunk telepítési helyein számolhatunk kedvezőbb, alacsonyabb fogyasztást eredményező DRX konfigurációval. Ez éppen ellentétes az irodalomban található megállapításokkal [3], melyek a ritkábban lakott területeknél az átlagosan távolabb levő bázisállomások miatt kisebb vételi télerővel és emiatt a mobil végponttól elvárt magasabb adási teljesítménnyel, vagyis magasabb fogyasztással számolnak. Bár cellasűrűség hatása létezik, szenzorunk kommunikációs tulajdonságai olyanok, hogy ennek hatása szinte teljesen elhanyagolható az energiafogyasztásra. A szenzor fogyasztását szinte teljesen az üresjáratú üzem fogyasztása határozza meg, ez pedig elsősorban a felhasznált kommunikációs modul implementációfüggő tulajdonságaitól (alapjáratú energiafelvétel mértéke, energiatakarékos mód jelenléte és implementációs módja) valamint a jelzescsatorna vételével kapcsolatos energiafogyasztástól (elsősorban a DRX procedúra konfigurációjától) függ.

A mérések alapján megállapítottuk, hogy a folyamatos üzem megfelelően nagy kapacitású energiaforrás-



3. ábra
Telit GL865 fogyasztása
energiatakarékos üzemben
(forrás: saját szerk.)

sal (a mi prototípusunk 19000 mAh-s elemmel van felszerelve) és alacsony energiafogyasztásra optimalizált kommunikációs modullal ill. szoftverrel teljesíthető. Az energiafogyasztás jelentős mértékben csökkenthető szakaszos üzemmel, de ez esetben az azonnali menedzselhetőség nem megvalósítható.

Az azonnali menedzselhetőség problémájának másik vetülete a szerver által kezdeményezett ("push") tranzakciók kérdése. Amennyiben az azonnali menedzselhetőség nem követelmény, a menedzsmetszerver megvárhatja, amíg a szenzor adatküldés céljából kapcsolatot kezdeményez és az adatküldési kapcsolat keretében a menedzsmenüveletek is elküldhetőek ill. végrehajthatóak. Azonnali menedzselhetőség esetén a szervernek képesnek kell lennie kapcsolatot kezdeményeznie.

Távközlési alkalmazásokban erre a célra leggyakrabban az SMS infrastruktúrát használják, aminek fogyasztási vetülete is kedvező, hiszen hálózaton regisztrált mobil végpont képes SM fogadására egyéb procedura végrehajtása nélkül. Másik lehetőség az IP hálózatokon és különösen webes alkalmazásokban használt hosszú idejű TCP kapcsolat. Ekkor a kliens egy TCP kapcsolatot kezdeményez a szerver felé, amelyet aztán életben tart. Amennyiben a szerver akar üzenetet küldeni a kliensnek, a kétirányú TCP kapcsolat szerver→kliens irányában megteheti, ha a TCP kapcsolat még él.

A TCP kapcsolat életben tartása az ilyen megoldások egyik legnehezebb problémája [6]. IPv4-es hálózatok esetén feltételezhető, hogy a kliens és a szerver között legalább egy hálózati címfordító (Network Address Translator, NAT) van, amely a mobilhálózat belső címtartományát nyilvános IP címekre fordítja. A hálózati címfordító egy belső táblát tart fenn, amiben a nyilvános és a privát címek és portok pillanatnyi megfeleltetése található. Minden TCP kapcsolat egy bejegyzést hoz létre ebben a táblában, amelyet a TCP kapcsolat lezárása töröl. Amennyiben azonban a TCP kapcsolat záróüzenete elvész, a bejegyzés beragadhat a címfordító táblájában, ami emiatt megtelhet. Ennek elkerülésére a címfordító a túlságosan régóta inaktív bejegyzéseket törli a táblából. Amennyiben ez megtörténik egy hosszú idejű TCP kapcsolathoz tartozó bejegyzéssel, se a kliens, se a szerver nem értesül róla, csak akkor, amikor a következő adatküldési kísérletük sikertelen lesz. Azonnali menedzselhetőség esetén ez azt jelenti, hogy a szervernek meg kell várnia, amíg a kliens észreveszi, hogy a kapcsolatuk megszakadt.

Gyakran használt megoldás az, hogy a kliens és a szerver megpróbálja megbecsülni, hogy a közöttük lévő címfordító mennyi idő múlva törli az inaktív kapcsolatokat és ennél valamivel gyakrabban frissítő üzenetekkel akadályozzák meg a címfordítót abban, hogy a kapcsolatukat törölje. Az inaktív kapcsolatok törlési időzítését nem lehet 100%-os biztonságot adó módon megbecsülni, erre különféle heurisztikák vannak. Az IETF például 2 órás időtartamot javasol [5].

Kísérleteket végeztünk arra vonatkozóan, mennyi az energiaköltsége a hosszú idejű TCP kapcsolatnak egy

mobil végpontnál. Először azt próbáltuk megállapítani, mennyi idő múlva törli a kliens és a szerver közötti címfordító az inaktív kapcsolatokat. Prototípusunk kliens alkalmazását mindkét vizsgált GSM kommunikációs modulon implementáltuk, a szervert pedig egy nyilvános felhőszolgáltatásra telepítettük. A kliens TCP kapcsolatot hoz létre a szerver felé, majd a szerver megadott idő után ezen a kapcsolaton üzenetet küld a kliensnek. Arra voltunk kíváncsiak, mennyi az az idő, ami után a szerver nem tud már adatot küldeni a kliensnek. Méréseink eredménye az volt, hogy a magyarországi Telenor hálózat használata esetén ez az időtartam meglehetősen pontosan követi az IETF ajánlását, vagyis 2 óránál nagyobb frissítési időtartam esetén a kapcsolat nagy eséllyel megszakad. Megjegyzendő, hogy ezzel a módszerrel azt nem tudjuk megállapítani, pontosan hol van a címfordító vagy hány van belőle, csak a kapcsolat megszakadásának várható idejét.

Ezt a két órát vettük alapul annak mérésére, mennyi energiát fogyaszt egy TCP kapcsolat fenntartása a szerverrel. Ez tehát 24 óránként 12 frissítő üzenetet jelent. Méréseink szerint a Telit GL865-ös 24 óra alatt 3.1 mAh-val fogyaszt többet a TCP frissítési üzenetek küldése miatt, mint az egyszerű hálózati regisztráció üresjáratú energiafelvétele, ami 22%-os növekedésnek felel meg. A SIM900-nál ez az adat kedvezőbb, a többletfogyasztás 1.9 mAh volt, ami a SIM900 magasabb üresjáratú energiafogyasztása miatt 7%-os növekedésnek felel meg.

A szerver által kezdeményezett kapcsolatok TCP-vel való megvalósítása tehát sosem oldható meg tökéletesen (van esély arra, hogy lesznek periódusok, amikor a kliens nem elérhető), a szervernél skálázási problémákat okoz, mivel az elterjedt operációs rendszerek korlátozzák az egy instanciához nyitható TCP kapcsolatok számát és nem elhanyagolható fogyasztásnövekedést okoz a mobil végponton. Javaslatunk szerint a szerver által kezdeményezett kapcsolatok céljára az SMS infrastruktúrát érdemes használni.

6. Összefoglaló

Az AgroDat.hu mezőgazdasági információs rendszerhez nagy mennyiségű adatot kell gyűjteni a földeken a növények állapotáról és a környezeti feltételekről (talajnedvesség, talajhőmérséklet, léghőmérséklet, csapadék, napsugárzás stb.). Az adatok nagy része szenzorhálózat segítségével biztosítható. A szenzoroknak gyakran energiaellátástól távoli, nehezen hozzáférhető terepen kell működni, ezért fontos fejlesztési szempont a szenzorok működéséhez szükséges energiaigény minimalizálása. A szenzoregységek fogyasztását jelentősen befolyásolhatja a kommunikációs rendszer felépítése, így törekedni kell ennek optimalizálására, de szem előtt kell tartani a használhatóság szempontját is.

Kutatásunk során elvégeztük az AgroDat.hu projekthez tartozó szenzorhálózat architektúrális és energiahatékonysági vizsgálatát. Architektúrális szempontból

figyelembe vettük a GPRS és az SMS alapú megvalósíthatóságot és azt találtuk, hogy a kommunikációs scenárióink lehetővé teszik a GPRS használatát, bár az SMS infrastruktúra használatával a szenzorvégpontok fogyasztása csökkenthető. A HTTP kiszolgálókhöz való direkt kapcsolódás lehetősége azonban olyan skálázhatósági előnyökkel jár a szerveroldalon, ami igazolja a GPRS valamivel magasabb fogyasztását.

Energiahatékonysági vizsgálataink azt az eredményt hozták, hogy a ritkán, kevés adatot küldő, folyamatos üzemben működő szenzorok energiafogyasztását a választott kommunikációs modul üresjáratú energiatakarékos üzemmódjának az implementációfüggő részletei és a mobilhálózat által alkalmazott „discontinuous reception” (DRX) procedúra konfigurációja határozza meg elsősorban, a vételi térrő hatása elhanyagolható. Az energiafogyasztásra a legnagyobb hatással az azonnali menedzselhetőség követelménye volt, amelyet mi olyan fontosnak tartottunk, hogy felvállaltuk az ezzel járó magasabb energiaigényt. Az azonnali menedzselhetőség szerver által kezdeményezett kommunikációs scenárióinak implementálására az SMS infrastruktúra használatát javasoljuk a hosszú idejű TCP kapcsolatokkal szemben.

Irodalom

- [1] Lowenberg-DeBoer, J. [1999]: Risk management potential of precision farming technologies. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Vol. 32. No. 2., pp. 275–285.
- [2] Lencsés, E. [2013]: A precíziós (helyspecifikus) növénytermelés gazdasági értékelése. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gazdálkodás és Szervezés-tudományi Doktori Iskola, Gödöllő, 2013.
- [3] Bogdanov, A., Maneva, E. and Riesenfeld, S., „Power-aware base station positioning for sensor networks”, *INFOCOM 2004. Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (Volume:1)*, 7-11 March 2004.
- [4] Pauls, F. et al, „Evaluation of Efficient Modes of Operation of GSM/GPRS Modules for M2M Communications”, *Vehicular Technology Conference (VTC Fall)*, 2013 IEEE 78th, 2-5 Sept. 2013.
- [5] Guha, S., Biswas, K., Ford, B., Sivakumar, S., and Srisuresh, P. (2008). NAT behavioral requirements for TCP. *RFC 5382* (2008).
- [6] Price, R. and Tino, P. (2010). Adapting to NAT timeout values in P2P overlay networks. *IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, Workshops and Phd Forum (IPDPSW)*, 2010.

A szerzőkről



PALLER GÁBOR a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki karán végzett és szerzett PhD fokozatot. Végzése után kutatói, fejlesztői és vezetői pozíciókban dolgozott olyan cégeknél, mint a Nokia, Nokia Siemens Networks, Ericsson és több startup. Jelenleg a Széchenyi István Egyetem tudományos főmunkatársa. Fő érdeklődési területe a mobil platformok, mobil szenzorok és az őket támogató szerverrendszerek.



SZÁRMES PÉTER a Széchenyi István Egyetemen végzett közgazdász és nemzetközi kapcsolatok szakon. Az Adidasnál és az Audinál nemzetközi környezetben dolgozott. Controller és üzletfejlesztési tapasztalattal rendelkezik. Jelenleg a Big Data technológiával kapcsolatos doktori tanulmányai mellett egy agrárinformatikai projekten dolgozik.



ÉLŐ GÁBOR egyetemi docens, infokommunikációs szakmai karrierjét Nokia vállalatcsoport finnországi gyárában kezdte 1990-ben. 1996-ban aktívan részt vett a Nokia gyártó és fejlesztő tevékenységének magyarországi beindításában. A Nokia kutató-fejlesztő részlegeinek 1998-as indulásakor a Nokia New Ventures Organization és a Nokia Research Center kutatási igazgatója. 2001-től a Philips Software Competence Center magyarországi kezdeményezését irányította, majd széles gyakorlati tapasztalatokat szerzett az indiai szoftveripar működésében. Jelenleg a Széchenyi István Egyetem egyetemi docense, az Információs Társadalom Oktató- és Kutatócsoportjának vezetője.