

Braun Ferenc, Molnár Zsolt: Házi és haszonállatok LoraWAN alapú egészségügyi monitorozása

Óbudai Egyetem, Budapest, 1034. Bécsi út 96/B, braun.ferenc@ek-cer.hu, molnar.zsolt.mai@uni-obuda.hu

Absztrakt: Napjainkban megnövekedett az igény arra, hogy különböző eszközeinket Interneten keresztül, valós vagy közel valós időben távolról is elérjük. Ezekről az eszközöktől adatokat kérdezzük le, befolyásolni tudjuk a működésüket, a begyűjtött adatokat felhőben tároljuk, különböző módszereket vagy technológiákat használva feldolgozzuk, kiértékeljük. A keletkezett kiértékelt adatok alapján tudunk következtetéseket levonni, majd egy készülék vagy egy rendszer állapotáról jelentést készíteni. Ezek után bizonyos esetekben szervizelést kezdeményezünk, más esetekben a készülék működését befolyásoló paramétereket módosítunk, vagy megint más esetekben arra használjuk az információt, hogy a jobb konstrukciót alkothassunk. A fent leírtak a mára már megszokott IoT világra jellemzőek. Cikkünkben egy kicsit újabb, széles körben még kevésbé ismert területet szeretnénk bemutatni, ez pedig az élettelen „dolgok” helyett az élő „dolgok”, jelen esetben az állatok Internet alapú egészségügyi monitorozása. Az élő szervezetek monitorozására, esetenként kezelésére szolgáló eszközök rendszerét IoHT-nak (Internet of Health Things vagy Internet of Healthcare Things), vagy IoMT-nek (Internet of Medical Things) nevezik. Cikkünk az állatvilágra fókuszál, de bizonyos szempontok betartásával alkalmassá válhat ez a rendszer az embernél való alkalmazásra is. Felmérjük a létező megoldásokat, áttekintjük a technológiai/technikai lehetőségeket és értékeljük ezeket, majd egyikét konkrét példán keresztül bemutatjuk az általunk megtervezett megoldásokat.

Kulcsszavak: IoHT, IoMT, IoTAH, LoRaWAN, szarvasmarha monitorozás, precíziós mezőgazdaság

1. Bevezetés

Az olyan egyedileg azonosítható eszközök, amelyek egy hálózathoz csatlakoznak, valamint lehetnek Interneten keresztül is elérhetőek, alkotják a „dolgok Internetjét” az IoT-t. Az IoT régóta velünk van a mindennapokban, és mára ezek az eszközök annyira megszokottá váltak, hogy lényegében észre sem vesszük a használatukat. Az IoT-n belül a felhasználásuk szerint több kategóriába sorolhatóak az eszközök, jelen cikkünk témáját elsősorban az egészségügyi célra készülő IoT eszközök, ezen belül pedig az állatok egészségét megtartó, illetve kezelését segítő IoT eszközök adják.

Jó ideje készülnek már olyan IoT eszközök, amelyek az emberek egészségi állapotát figyelik, mérik, és a begyűjtött adatokat, információkat továbbítják. Az adatokat vagy az eszközt viselő személy saját célra használja fel, vagy pedig egy orvos, akit segítenek ezek az adatok egy betegség pontosabb diagnosztizálásában, esetleg a gyógyulást, rehabilitációt követheti nyomon. Ezeket az eszközöket IoHT-nak (Internet of Health Things vagy Internet of Healthcare Things), vagy IoMT-nek (Internet of Medical Things) nevezik. Ha a rögzített adatok tárolása és utólagos feldolgozása, kiértékelése, elemzése és a döntéshozás (vagy döntéstámogatás) egy komplex IT rendszerben történik, amely képes adaptálódásra vagy tanulásra, akkor máris bekapcsolódott a mesterséges intelligencia (AI) is a rendszerbe, amelyre szintén láthatunk példát a mai orvosi informatikai rendszerekben.

Magyar vonatkozása is van a telemedicina terjedésének, amelyről nem is olyan régen írtak az EESZT információs portálján, és amely kiválóan körvonalazza ennek a trendnek az előnyeit: „A betegellátás egyik legújabb kibontakozó trendjére reagál az EESZT következő fejlesztési iránya.

Az utóbbi években rohamosan terjedni kezdtek azok az eszközök, szenzorok, amelyek a páciensek adatait akár otthonaikban rögzítik. A telemedicina megoldásokkal nyert információk rendszerbe csatornázása óriási lehetőségeket rejt magában. Éppen ezért kerül megnyitásra ezen adatok előtt is az EESZT, melyek feltöltési lehetőségével új szolgáltatási terület indul. Az így nyert információk ugyanis – természetesen amennyiben a beteg erről rendelkezik – az ellátók számára is megismerhetőek lesznek, ami például jelentősen lerövidítheti a reakcióidőt. A szolgáltatás tovább mélyíthető, hiszen az adatok előzetes kiértékelése alapján akár visszajelzéseket, sőt riasztásokat is képes küldeni az egészségügyi szakemberek számára.” [1]



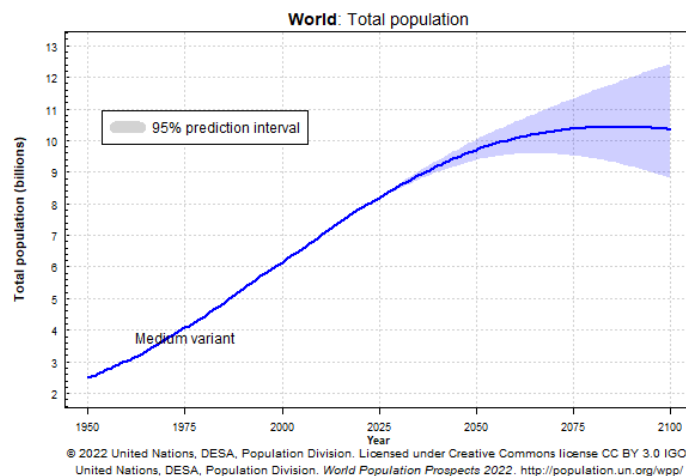
26. ábra - A paciens-orvos kapcsolat

Az IoMT és IoHT eszközök lehetnek:

- testre helyezhető/hordozható eszközök, amelyeket két csoportra oszthatunk:
 - általános fogyasztói eszközök (pl. aktivitásmérő, sportóra, okosruha...)
 - klinikai minőségű, akár otthoni akár klinikai használatra szánt eszközök (pl. WiFi kapcsolattal rendelkező Holter EKG)
- kórházi eszközök, amelyek a következő célokat szolgálhatják:
 - nyomon követés, menedzsment
 - higiéniai megfelelésesség biztosítása, felügyelete (nyomkövetéssel ötvözve)
 - gondozási ponton végzett vizsgálatok – labor, SpO2, UH
- katonai célú eszközök

2. Az állati egészséget szolgáló IoT eszközök – IoTAH

A világ népessége 2022-ben 8 milliárd körüli, de a tendencia meredeken emelkedő, és Földünk mezőgazdasága egyre kevésbé képes táplálékkal ellátni ekkora embertömeget. Ha kizárjuk azt, hogy újabb és újabb területeket vonunk művelés alá (akár a növénytermesztés akár az állattenyésztés céljára), akkor a túlfogyasztás korlátozásán kívül a meglévő technológiák korszerűsítése az egyetlen megoldás. Ezt az irányt képviseli az okos vagy precíziós mezőgazdaság (smart farming, precision agriculture). Az precíziós gazdálkodás lényegében arról szól, hogy a mezőgazdaságban a negyedik ipari forradalom hajnalán megjelent új technológiákat alkalmazzák a termelés mennyiségének és minőségének növelésére, az erőforrások maximális kihasználásával és a környezeti hatások minimalizálásával. Ezenkívül a technológia alkalmazása a mezőgazdaságban lehetővé teszi az élelmezésbiztonság fokozását az egész világon.



27. ábra - a Föld népességének alakulása [2]

A következőkben az állattenyésztésre korlátozzuk a lehetőségek és megoldások rövid áttekintését. Legegyszerűbb esetben figyelhetjük az állatok környezetét akár zárt, akár szabad tartásban, akár a két tartási mód ötvözésekor: a környezeti hőmérsékletet, a levegő relatív páratartalmát, a légnyomást, a légáramlást, vagy bizonyos gázok koncentrációját a levegőben. Mérhetjük az egyedek, vagy a populáció tömegét, információt kapva arról, hogy elég és megfelelő táplálékhoz vagy vízhez jutnak-e. Kaphatnak az állatok viselhető, vagy invazív úton bejuttatott eszközt, amely alkalmas a testhőmérsékletük, az aktivitásuk, az emésztésük vizsgálatára, így az egészségügyi problémák korai felismerése, vagy az állatorvosi kezelés hatásának vizsgálata válik lehetővé. Kaphatnak akár egyedenként nyomkövetésre alkalmas (pl. GPS-es) eszközt, amellyel a pozíciójuk meghatározható, vagy a bejárt területük felmérhető, illetve egyéb technológiákkal (pl. drón „pásztorok”) ötvözve a mozgásuk korlátozható.



28. ábra - Precíziós mezőgazdaság: méhek és szarvasmarhák felügyelete

Az IoTAH eszközökkel szemben támasztott követelmények helyhez kötött (telepített) eszközök esetén:

- legyen olcsó, jól elrejtendő
- legyen alacsony fogyasztás (egy szezon/egy év minimális élettartam)
- képes legyen nagy fizikai távolság áthidalására az eszközök között
- rendelkezzen távdiagnosztikával
- tudjon mérési adatot tárolni, ha időleges kommunikációs probléma van

- az esetenkénti nagy adatmennyiség miatt szükséges lehet tömörítés
- legyen alkalma napi többszöri adatfeltöltésre
- riasztás esetén küldjön „azonnali” értesítést
- képes legyen széles környezeti működési tartományban üzemelni

Ha az IoTAH eszköz viselhető, akkor a következők a legfontosabb követelmények:

- jól rögzíthető, esetleg implantálható vagy egyéb invazív módon „telepíthető” legyen
- alacsony legyen a fogyasztása (hordozható – több hetes, beültetett – élethosszig)
- képes legyen az eszközök között közepes fizikai távolság áthidalására, de „nehezített” adatátvitel előfordulhat (pl. implantált eszköz esetén az állat teste csillapít)
- rendelkezzen távdiagnosztikával
- tudjon mérési adatot tárolni, ha időleges kommunikációs probléma van
- az esetenkénti nagy adatmennyiség miatt szükséges lehet tömörítés
- napi minimum egyszeri adatfeltöltés
- ha az eszköz implantált/invazív módon telepített, akkor nem szervizelhető, tehát kiemelten fontos a megbízhatóság
- környezeti hatások kisebb mértékben, illetve más jelleggel érik (pl. a környezet „temperált”, de savas, vagy állandóan folyadékban kell üzemelnie)

3. Két példa projekt bemutatása

A következőkben két olyan projektet mutatunk be, amelyekben dolgoztunk. Feladatunk mindkét esetben az állatokhoz közeli hardver és firmware megtervezése volt. Két merőben eltérő feladat volt, de mindkettőben közös volt a rádiós kommunikáció alkalmazására való igény. A technológia kiválasztása nem volt feladat, mindkét esetben meglévő infrastruktúrához kellett alkalmazkodnunk. A LoRaWAN egy alacsony fogyasztású, nagy hatótávolságú hálózati protokoll, amelyet arra terveztek, hogy vezeték nélkül csatlakoztassa az akkumulátorral működő eszközöket az internethez helyi vagy globális hálózatokban. Képes – bár csak korlátozottan – kétirányú kommunikáció, a végpontok között titkosított a kapcsolatot, és kínál helymeghatározási lehetőséget is. [3] A LoRaWAN architektúrában az átjárók (gateway-ek) üzeneteket továbbítanak a végeszközök és a központi hálózati szerver között. Az átjárók szabványos IP-kapcsolaton keresztül csatlakoznak a hálózati szerverhez, és átlátszó hídként működnek, lényegében átalakítják az RF-csomagokat IP-csomagokká és fordítva.

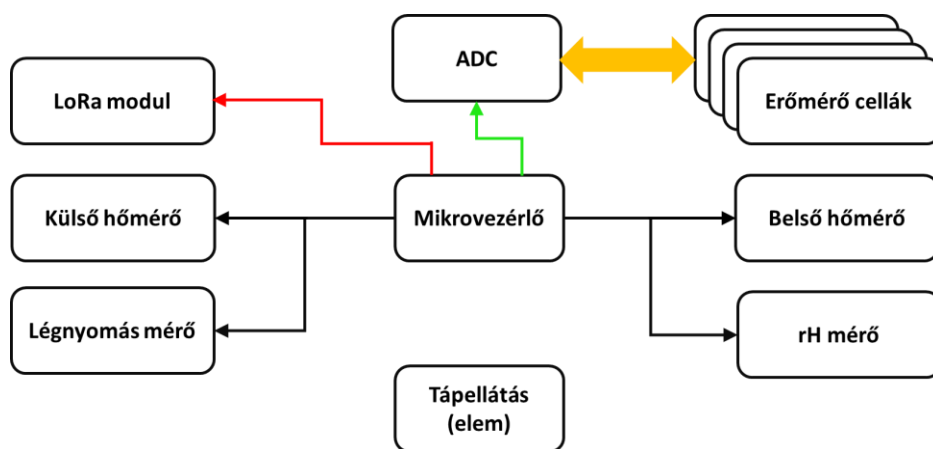
A kétirányú kommunikációt mindkét esetben „A” osztályban valósítottuk meg. Az elsődleges kommunikációs irány letről felfelé, azaz a szenzor egységtől az átjáró felé van (uplink). A kezdeményező ebben az esetben a végpont, amely aszinkron küldhet adatokat az átjáró felé. A végpont az adás után nyitva hagy vételi ablakot vagy ablakokat, a hálózati szerveren tárolt, sorban álló adatok ekkor juthatnak el a végponti eszközökhöz (downlink). Ez az esetünkben nem probléma, mivel a fő feladat a mért adatok felküldése, a konfiguráció leküldése az első mérési adat felküldés után következhet. Mivel két felfelé irányuló csomag között tetszőleges idő telhet el, így az alkalmazás által igényelt adatküldési gyakoriság vagy a tápenergiát szolgáltató elem elvárt élettartama határozhatja meg azt.

3.1 Méhkaptár felügyelet – példa helyhez kötött eszközre

A feladat egy ausztráliai kísérleti projektnél a méhkaptárak külső és belső hőmérsékletének, a külső légnyomásnak és a belső relatív páratartalomnak, valamint a kaptár teljes tömegének mérése volt. A cél a méhcsalád egészségének, gyarapodásának és telettésének követése volt. A begyűjtött adatokat a következőkre használták fel:

- aktív időszakban
 - begyűjtött méz mennyiségének mérésére
 - páratartalom és belső hőmérséklet figyeléséből következtetni lehet a család egészségére, a fertőzések (gomba, baktérium, vírus, atka...) megjelenésére, a gyógyszerezés hatásának vizsgálatára
 - megfelelő, egészséget támogató körülmények biztosítására
 - kaptárelhagyás észlelésére
- pihentetési időszakban
 - az állomány tömegének, és hőmérsékletének méréséből megállapítható az etetés szükségessége

A hőmérséklet, az rH és a légnyomás érzékelő céljára félvezető típusokat választottunk. Hőmérséklet mérésnél nem volt követelmény 0,5 °C-nál kisebb hibával meghatározni a hőmérsékletet, így nem volt szükség pl. PT100 érzékelő használatára. Az összes érzékelő soros porton (SPI vagy I2C) kommunikált, amely igen kényelmessé tette a használatukat. A kaptár tömegét erőmérő cellákkal mértük, amelyből 2 vagy 4 darabot lehetett csatlakoztatni. Az erőmérő cellák hídba kerültek, amelyeknek a kimentét egy speciális, 4 db differenciális bemenettel rendelkező 12 bites A/D átalakító digitalizálta. Az A/D konfigurálása és olvasása szintén soros módon történt. A mikrovezérlő egy 16 bites Microchip gyártmányú PIC mikrovezérlő volt, mellette egy szintén Microchip gyártmányú LoRa modul (RN2903) látta el a rádiós interfész szerepét. Egy sok éves projektről beszélünk, az említett modul annak idején korszerűnek számított. A tápellátást egy 3,6 V-os lítium elem adta, amellyel napi 4 mérés esetén kb. 3 éves élettartamot tudunk garantálni. Az egység felépítését az alábbi ábra szemlélteti.

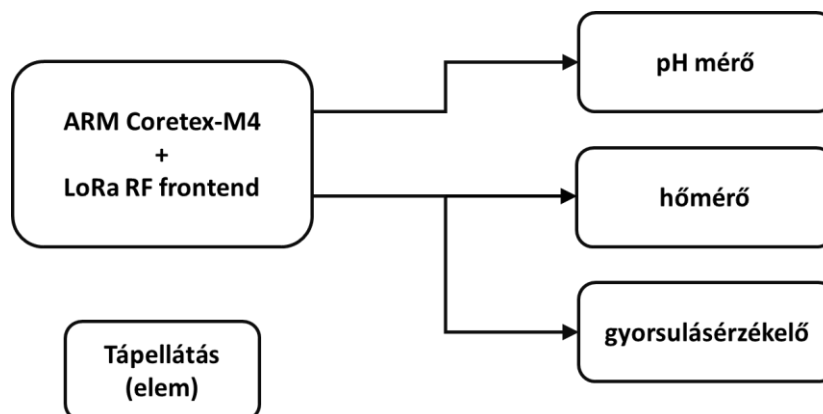


29. ábra - Méhkaptár felügyeletet ellátó rendszer

A firmware lehetővé tette a küldési gyakoriság távoli beállítását, valamint ki lehetett választani, hogy egy-egy csomagban az összes, vagy csak bizonyos érzékelők adatai szerepeljenek-e. Az eszköz riasztást küldött bizonyos paraméterek határérték-túllépésénél, illetve az elem lemerülésekor.

3.2 Szarvasmarha monitorozás – példa „viselhető” eszközre

A feladatként egy szarvasmarha bendőszonda fejlesztését kaptuk. A bendőszonda a szarvasmarha lenyeli, de a tömegénél és a méreténél fogva az nem halad át az emésztőrendszerén, hanem megül a bendőjében, és itt marad egész életében, ami esetünkben 5-6 évet jelent. A feladatot nehezítette, hogy rádiós szempontból egyáltalán nem voltak ideálisak a körülmények, az antenna mérete, és kényszerű kialakítása, valamint a testen belüli üzem miatt a hatótávolság erősen lecsökkent. Ugyan így is eléri a több száz métert, de ez a napközbeni adatküldést nem teszi lehetővé, mivel a legelők meglehetősen nagy kiterjedésűek Írorszában és Ausztráliában, az átjáró pedig csak a farm központjában van. Így esténként, a beteléléskor lehet a napközben felgyűlt adatokat nagyobb csomagokban felküldeni, ami a gyakorlatban nem okoz problémát. Itt is van lehetőség a távoli konfigurálásra, akár az állatban is (adatsomag mérete, küldés gyakorisága, stb.) A vezérlést egy ARM maggal egybeintegrált LoRa RF frontenddel oldottuk meg. A gyorsulásérzékelő és a hőmérő félvezetős, a pH mérő egy szokásos üvegmembrános szonda. A tápfeszültséget itt is egy 3,6 V-os elem szolgáltatja.



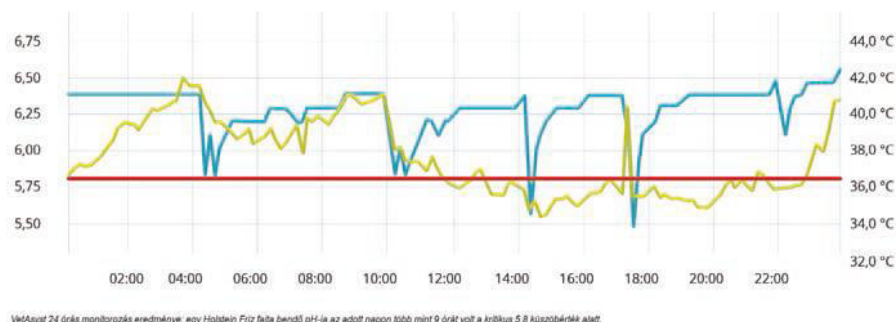
30. ábra - Szarvasmarha monitorozó bendőszonda felépítése

Begyűjtött adatokat a következőkre lehet felhasználni (a teljesség igénye nélkül):

- hőmérséklet
 - betegség okozta láz azonosítása
 - vízbevitel követése (hirtelen hőmérséklet-változás)
 - ivarzás
- gyorsulásmérő adatai
 - általános aktivitás
 - ivarzás
 - ellés
- pH
 - kérődzés, emésztés minősége

○ betegségek észlelése

A következő ábrán egy korábbi fejlesztőgárda által készített, félkész, és részben hibás eszköz által begyűjtött adatsor ábrázolása látható.



31. ábra - Egy szarvasmarha bendőszonda által rögzített mérési eredmények [4]

3.3 Tervek – kisebb testű állatok egészségének követése

A társállatoknál ismert megoldások vannak aktivitás figyelésre, nyomkövetésre, illetve mozgásuk korlátozására. Ezeket az eszközöket nyakörvön viselhetik, és GPS-vevő, valamint mobil adatkapcsolat létesítésére alkalmas RF egység található bennük. Tápfeszültség ellátásuk általában akkumulátoros, ami legfeljebb néhány naponta töltést igényel. A megfigyelés és beállítás telefonos vagy számítógépes alkalmazásból történhet.

A társállatok, és sok haszonállat esetében a kis testtömeg korlátozza az implantálható, vagy egyéb invazív módon telepíthető eszközök méretét, így a készülék egy része mindenképpen viselhető kell, hogy maradjon. Ez az egység célszerűen az akkumulátort vagy elemet, a vezérlést, illetve a rádiós kommunikációért felelős modult tartalmazhatja. Az egészség követéshez azonban ez nem elegendő. Léteznek olyan megoldások, ahol a nyakörv egy része úgy van kiképezve, hogy az állat testfelszínének hőmérséklete mérhető, vagy a verejtékének bizonyos ionjaira érzékeny szenzor elhelyezhető. Ezeknél a megoldásoknál azonban túl pontos mérési eredmény nem várható el: a fenti két példánál maradva a mért hőmérsékletet befolyásolja a környezeti hőmérséklet, az ionok koncentrációját pedig pl. a csapadék vagy a növényekről az állat által összeszedett, lesodort víz.

Megoldást implantált szenzorok jelenthetik, amelyek előzetes kutatásaink szerint méretüket tekintve néhány esetben megvalósíthatóak az azonosításra szolgáló „chip” méretében, más esetekben ugyan nagyobb (5...10-szeres) méretűek, de az általuk hozott előnyök jóval nagyobbak, mint az érzékelők által okozott kellemetlenség. A nagyobb implantált szenzorok az elhasználódásuk után apró műtéttel eltávolíthatóak a már gyógyult állatból. A teljesség igénye nélkül a következő paraméterek mérhetőek a szenzorok mai fejlettségi szintje mellett:

- hőmérséklet
- ionkoncentráció
- vércukorszint
- gyógyszer koncentráció szint

Az implantált szenzorokkal csak a viselhető eszköznek kell kommunikálnia, tehát nem szükséges nagy hatótávolság. A beültetett szenzoroknak nem szükséges tápenergia, azt rádiófrekvenciás úton is megkaphatják. Mind a kommunikációra, mind a tápenergia ellátásra alkalmasnak tűnik az RFID technológia.

További nagy jelentőségű egészségügyi adat, amely begyűjthető viselhető, nem implantált eszközzel, a szívfrekvencia, amely akár két elektródával, akár mikrofon segítségével detektálható. Ezen felül elvégezhető az állat számára a gyógyszer adagolása is ennek a rendszernek a segítségével.

4. Összegzés

Az IoT-ben rejlő lehetőségek az állategészségügyben igen szerteágazóak. Az IoTAH képes javítani az állatok egészségét és jólétét azáltal, hogy valós idejű adatokat szolgáltat, amelyek felhasználhatók az állatok gondozásával kapcsolatos döntések meghozatalához. Az IoTAH az állategészségügyi ellátás költségeinek csökkentésében is segíthet, mivel csökkenti a költséges diagnosztikai vizsgálatok és eljárások szükségességét. Az IoTAH várhatóan csökkenti az étel-miszer-előállítás költségeit is azáltal, hogy javítja az állatok egészségét és csökkenti az antibiotikumok iránti igényt. Az IoT-képes eszközökkel nyomon követhető az állatok helye, tevékenységük és egészségi állapotuk. Ez az információ felhasználható a gazdaság menedzsmentjének optimalizálására, az állatok jólétének bizonyítására.

Az IoTAH állategészségügyben való bevezetésével együtt jár néhány kihívás. Ilyen kihívás a szabványosítás, hogy az eszközök egymás között is kommunikálhassanak. Egy másik kihívás az eszközök és a hozzájuk kapcsolódó infrastruktúra költsége. Ezen felül az eszközökhöz kapcsolódó szenzorok nem mindegyike áll még olyan technológiai szinten, hogy a fent vázolt módon használható legyen. Fontos probléma még az adatbiztonság, mivel ezek az eszközök érzékeny információkat gyűjtenek és tárolnak az állatokról és gazdáikról. Főleg a társállatok esetében okoz ez nagyobb problémát, így az adatoknak jól védetteknek kell lenniük lopás, feltörés és hamisítás ellen.

Az IoTAH a hasonló, elterjedőben lévő humán rendszerekhez hasonlóan lehetővé teszi az állatorvosok számára, hogy távolról nyomon kövessék pácienseik egészségi állapotát, és kezelési döntéseket hozzanak valós idejű adatok alapján. A rendelkezésre álló információk felhasználhatóak a betegség vagy a betegség korai jeleinek kimutatására, valamint a kezelés előrehaladásának nyomon követésére is. Várhatóan 10 év múlva az állatorvoslás egészen másként fog kinézni, mint most, igazán izgalmas elgondolkodni azon, hogy hogyan kombinálhatjuk az IoT-eszközöket a Big Data technikákkal.

Források

- [1] Telemedicina szolgáltatások támogatása, „<https://e-egeszsegugy.gov.hu/telemedicina>,” Megtekintve: 2022.10.18.
- [2] WHO, a Föld népessége, „<https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>,” Megtekintve: 2022.11.04.
- [3] LoRa Alliance, „<https://lora-alliance.org/about-lorawan/>,” Megtekintve: 2022.10.29.
- [4] VetAsyst szarvasmarha bendő pH és hőmérséklet-monitorozó, „<https://agrarium7.hu/cikkek/1059-vetasyst-szarvasmarha-bendo-ph-es-homerseklet-monitoring-rendszer>,” Megtekintve: 2022.11.02.