

PIPEON csővizsgáló robot fejlesztésének ismertetése

Presentation of the development of the PIPEON pipe inspection robot

NAGY Máté fejlesztőmérnök,
KOBÁ Máté² vezető fejlesztő, Dr. PAPP Richárd Zoltán³ CEO

¹UNEXMIN Georobotics KFT

Cím: 1092 Budapest, Ráday utca 5./ 2. emelet 3.

¹Telefon: +36 30 230 5435, ²Telefon: +36 20 257 8232, ³Telefon: +36 30 842 6668

¹E-mail: mate.nagy@unexmin-georobotics.com ²E-mail: mate.koba@unexmin-georobotics.com ³E-mail: ricsi@unexmin-georobotics.com

Abstract

The aim of the PIPEON project is to develop autonomous robots supported by artificial intelligence that are capable of moving, sensing, manipulating, and performing maintenance tasks in sewage pipes. The main objectives include proactive monitoring of the network status, elimination of blockages and leaks, installation of sensors in hard-to-reach places, and creation of a digital twin for predictive maintenance. The technology could increase annual inspection coverage by 20-50% and reduce sewage spills by 30%, contributing to the EU's 2050 zero pollution target.

Keywords: autonomous robot, sewer, maintenance, predictive monitoring, artificial intelligence

Összefoglalás

A PIPEON projekt célja mesterséges intelligenciával támogatott autonóm robotok fejlesztése, amelyek képesek a szennyvízcsatornában mozogni, érzékelni, manipulálni és karbantartási feladatokat végezni. A fő célok közé tartozik a hálózat állapotának proaktív felügyelete, dugulások és szivárgások megszüntetése, szenzorok telepítése nehezen elérhető helyekre, valamint egy digitális iker létrehozása prediktív karbantartáshoz. A technológia révén az éves ellenőrzési lefedettség akár 20–50%-ra nőhet, a szennyvíz-kifolyások pedig 30%-kal csökkenhetnek, hozzájárulva az EU 2050-es zéró szennyezési céljához.

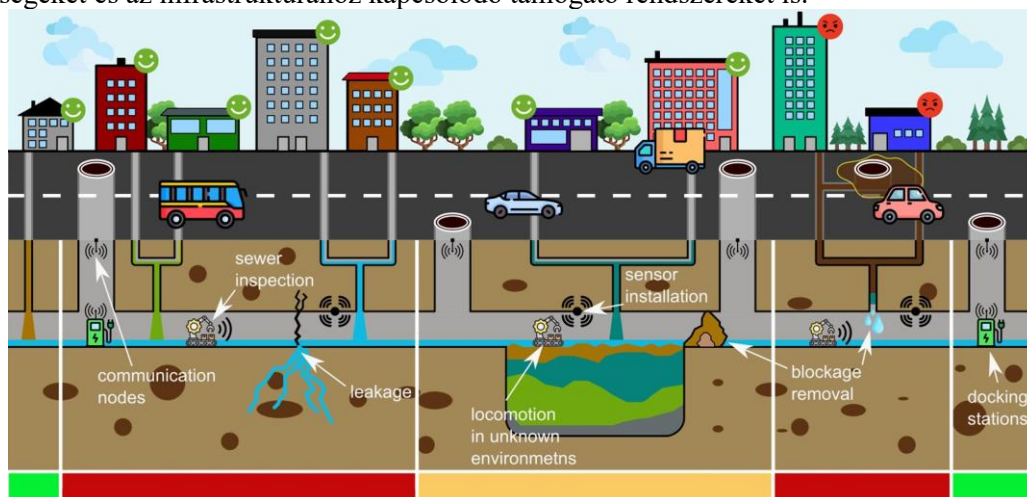
Kulcsszavak: autonóm robot, csatorna, prediktív felügyelet, mesterséges intelligencia

1 BEVEZETÉS

A szennyvízhálózatok karbantartása hagyományosan reaktív módon történik, vagyis a problémák (eltömődés, szivárgás, meghibásodás) csak azok bekövetkezte után kerülnek elhárításra. Ez azonban költséges, időigényes és jelentős környezeti kockázatokkal jár. A PIPEON projekt célja ezért egy olyan integrált robotikai és mesterséges intelligencia alapú rendszer kifejlesztése, amely a reaktív beavatkozások helyett proaktív, prediktív karbantartást tesz lehetővé. A fejlesztés középpontjában autonóm, moduláris robotok állnak, amelyek képesek szennyvízcsatornák szélsőséges környezetében vízzel telített, korrozív, abrazív közegekben hosszú távon is megbízhatóan működni. A rendszer több egységből épül fel:

- Érzékelő modulok: a robotra GPR (Ground Penetrating Radar), hangszensorok és LiDAR kerülnek, amelyek kombinációja lehetővé teszi a csatorna állapotának nagyfelbontású feltérképezését, hibák és anomáliák detektálását.
- Manipulátorok: egyedi tervezésű robotkar biztosítja a dugulások eltávolítását (pl. textil, gyökérzet, zsírtömb) és az áramlásmérők, szenzorok pontos telepítését korábban elérhetetlen helyeken.
- Energiaellátás és töltőállomás: A UNEXMIN Georobotics feladata a vezeték nélküli és vezetékes töltőállomás és az energiamenedzsment, valamint az akkumulátor rendszer fejlesztése, amely lehetővé teszi a robotok hosszú távú autonóm működését a hálózatban.

A projekt tehát nem csupán egyetlen robot prototípusát célozza, hanem egy komplex ökoszisztémát, amely magában foglalja a szenzorfüziót, a mesterséges intelligencia alapú vezérlést, a manipulációs képességeket és az infrastruktúrához kapcsolódó támogató rendszereket is.

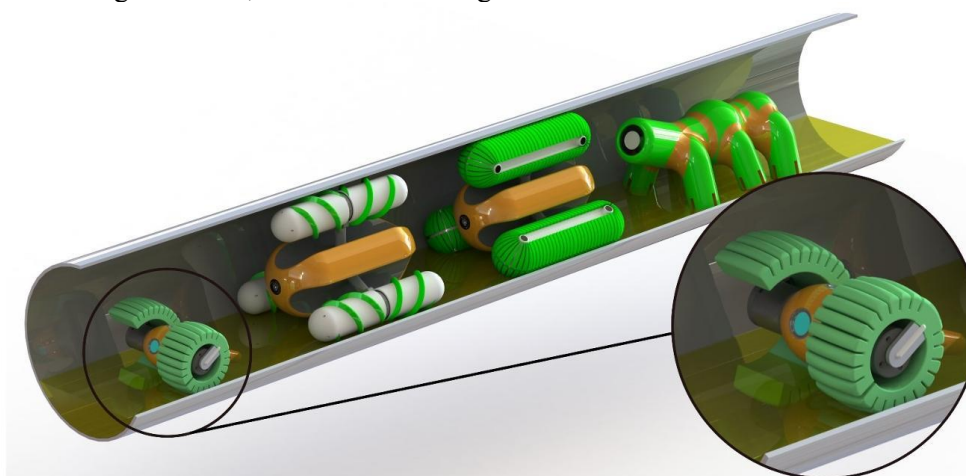


1. ábra A PIPEON csővizsgáló robot koncepciója. [1]

2 A ROBOT FŐ ELEMEI

2.1 Robotikai fejlesztések

A projekt két prototípust fejleszt, egy kisebb és egy nagyobb változatot. A nagyobb egy merev felépítésű, manipulátorral szerelt robot, amely alkalmas dugulások megszüntetésére és szenzorok telepítésére. A kisebb ezzel szemben egy lágy, rugalmas robot, amely képes alkalmazkodni a különböző csatornaátmérőkhöz és ágazatokhoz, de elsősorban vizsgálati feladatokra alkalmas.



2. ábra. Koncepció terv a különböző robot típusokról. [1]

2.2 Manipulátorok

A projekt keretében két új robotkart fejlesztenek: szilárd és lágy eltömődések eltávolítására, és szenzorok és áramlásmérők pontos telepítésére. Ezek a manipulátorok nagyfokú mozgékonytságot és biztonságos működést biztosítanak szűk, korrozív környezetben.

2.3 Érzékelés és mesterséges intelligencia

A csatornák belseje önmagában jellemzően jellegtelen és nehezen feltérképezhető. A PIPEON ezért akusztikus, ultrahangos, LiDAR és radar alapú érzékelőket használ, amelyeket szenzorfüziós algoritmusok kapcsolnak össze. Ezek az érzékelők lehetővé teszik a hibák korai azonosítását, valamint az autonóm navigációt GPS-mentes környezetben is.

2.4 Navigáció és térképezés

Az autonóm robotok számára nagyon fontos a helymeghatározás és térképezés. A projekt **SLAM** (Simultaneous Localization and Mapping) technológiát alkalmaz, amely képes akusztikus és vizuális jelek együttes feldolgozására. A rendszer így képes a csatornahálózat digitális térképének folyamatos felmérésére. Ezt egészíti ki egy esetlegesen, a robotra integrált **GPR** (Ground Penetrating Radar), amely lehetővé teszi a csatorna falain túli környezet vizsgálatát. A GPR segítségével detektálható a csatornát körülvevő talajösszetétel változása, üregek és potenciális szerkezeti gyengeségek, amelyek meghatározzák az infrastruktúra állapotát és a meghibásodás kockázatát. Ennek fejlesztését egy házon belül készített csatornamaketten teszteljük. [2]



4. ábra. Csatorna teszt elrendezése és GPR szenzor tesztelése.

3 TÖLTŐÁLLOMÁS FEJLESZTÉSE

A projekt egyik legfontosabb eleme, a robotok hosszú távú autonóm működését támogató töltőállomás kifejlesztése. Az állomás biztosítja az energiaellátást, az adatkommunikációt és a karbantartási kapcsolódási pontot a hálózatban. A tervezés során több szempontot kellett figyelembe venni:

3.1 Energiaellátás és töltési módok

Az egyik legfontosabb paraméter a megengedett töltési teljesítmény meghatározása, amelynek illeszkednie kell a csatornarendszer biztonsági követelményeivel. A töltés történhet:

- Vezeték nélküli módon, amely növeli a megbízhatóságot és minimalizálja a karbantartási igényt,

Vezetékes kapcsolattal, amely lehetőséget ad a közvetlen energia és adatátvitelre, illetve hibakeresési és karbantartási folyamatok során stabil összeköttetést biztosít.

3.2 Kommunikáció és adatkezelés

A töltőállomás nemcsak az energiaellátást, hanem a kommunikációs csomópontot is biztosítja. Az állomás és a felhő közötti kapcsolat különböző protokollokon keresztül valósulhat meg:

- LoRa,
- Bluetooth,
- Wi-Fi.

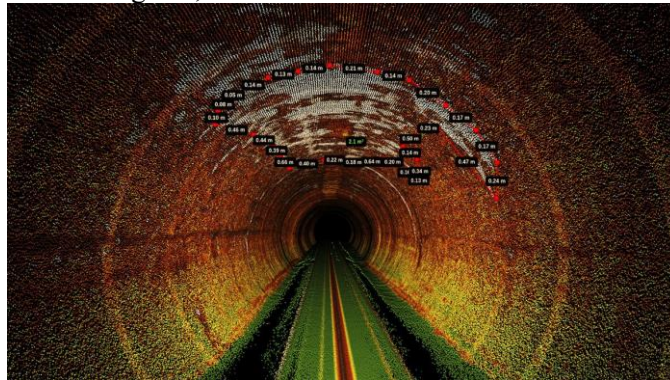
Ezek a protokollok biztosítják a stabil adatátvitelt, ami magába foglalja a mért adatokat és a robot állapotát. A robot és az állomás közötti kommunikáció szintén többszörös, így hibás kapcsolat esetén automatikusan másik átviteli módra válthat.

3.3 Fizikai kialakítás és integráció

A töltőállomás tervezésénél figyelembe kell venni a különböző országok aknaméreteit és szabványait, ami közvetlenül befolyásolja a rögzítési és telepítési módszereket. A kialakításnál fontos szempont a kompakt méret, a robusztus rögzítés, valamint a könnyű hozzáférhetőség karbantartás során, illetve a robot akadálymentes és autonóm töltésének lehetősége.

4 DIGITÁLIS IKER ÉS PREDIKTÍV MODELLEZÉS

A PIPEON egyik fő innovációja a csatornarendszer digitális másának létrehozása, amely lehetővé teszi az infrastruktúra állapotának modellezését és előrejelzését. Ez a megközelítés elősegíti a proaktív karbantartást, csökkenti a javítási költségeket, és növeli a hálózat élettartamát.



5. ábra. Csatorna LiDAR-al készített másolata. [3]

5 TÁRSADALMI ÉS GAZDASÁGI HATÁSOK

A PIPEON projekt nemcsak a technológiai fejlődést célozza, hanem a társadalmi és gazdasági hatásokat is vizsgálja. Az autonóm robotok alkalmazása hozzájárul a munkavállalók biztonságához, csökkenti a munkahelyi baleseteket, és egyúttal költségcsökkentést eredményez az önkormányzatok és közműszolgáltatók számára. A környezetvédelem szempontjából kiemelt jelentőségű a szennyvíz-kifolyások csökkentése.

6 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a projekt az Európai Unió Horizon Europe kutatási és innovációs programjának támogatásával valósul meg.

7 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] PIPEON, „Robotics and AI for Sewer Pipe Inspection and Maintenance,” 2022.
- [2] M. C. A. P. Vincenzo Ferrara, „Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar,” 2017.
- [3] D. J. M. & D. P. Chhabra, „Water Projects,” 14 Július 2020. [Online]. Available: <https://waterprojectsonline.com/innovations/bcis-3d-lidar-point-cloud-2020/>.