

# Energiahatékony versenyjármű telemetria rendszerének mérése

## Measuring of energy-efficient racing vehicle's telemetry system

Ország András<sup>a</sup>, Gulyás Péter<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Széchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont - Győr  
ország.andras@ga.sze.hu

<sup>b</sup>Széchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont - Győr  
gulyas.peter@ga.sze.hu

**Absztrakt:** A telemetria nagy távolságú automatikus adattovábbítást tesz lehetővé, általában vezeték nélküli kommunikációval megvalósítva. A vizsgált telemetria rendszer a SZEnergy Team hallgatói csapat által lett újonnan tervezve, azzal a céllal, hogy az elektromos versenyjárművük szenzor- és állapotadatait kvázi-valós időben nyomon tudják követni teszteken és verseny során. Ahhoz, hogy meg lehessen vizsgálni a rendszert, először fel kell programozni a küldő- és fogadóegységeken található mikrovezérlőket és a rádiófrekvenciás modulokat, hogy azok céljukat minél jobban el tudják látni. Miután meg lett határozva a megfelelő konfiguráció, méréseknek van alávetve a telemetria rendszer, melyeknek fő szempontja a két eszköz közötti maximális kommunikációs távolság és az adatküldés megbízhatóságának meghatározása. Ezek birtokában el lehet dönteni, hogy megfelel a rendszer az általunk kitűzött céloknak, vagy bizonyos változtatásokat kell eszközölni ezek eléréséhez. A cikk ennek a folyamatát mutatja be és von le konklúziót a mérések eredménye alapján.

**Kulcsszavak:** telemetria, adattovábbítás, rádiófrekvencia, mérés, CAN

**Abstract:** Telemetry enables the automatic transmission of data over long distances, usually via wireless communication. The tested telemetry system was newly designed by the SZEnergy Team student team, with the aim of being able to monitor the sensor and status data of their electric racing vehicle in quasi-real time during tests and competitions. In order to be able to examine the system, the microcontrollers and radio frequency modules on the sending and receiving units must be programmed first, so that they can serve their purpose as well as possible. After determining the appropriate configuration, the telemetry system is subjected to measurements, the main aspects of which are determining the maximum communication distance between the two devices and the reliability of data transmission. With these

measurements done, it can be decided whether the system meets the set goals, or whether certain changes are needed to achieve them. The article presents the aforementioned process and draws conclusions based on the results of the measurements.

**Keywords:** telemetry, data transfer, radio frequency, measurement, CAN

## **Bevezetés**

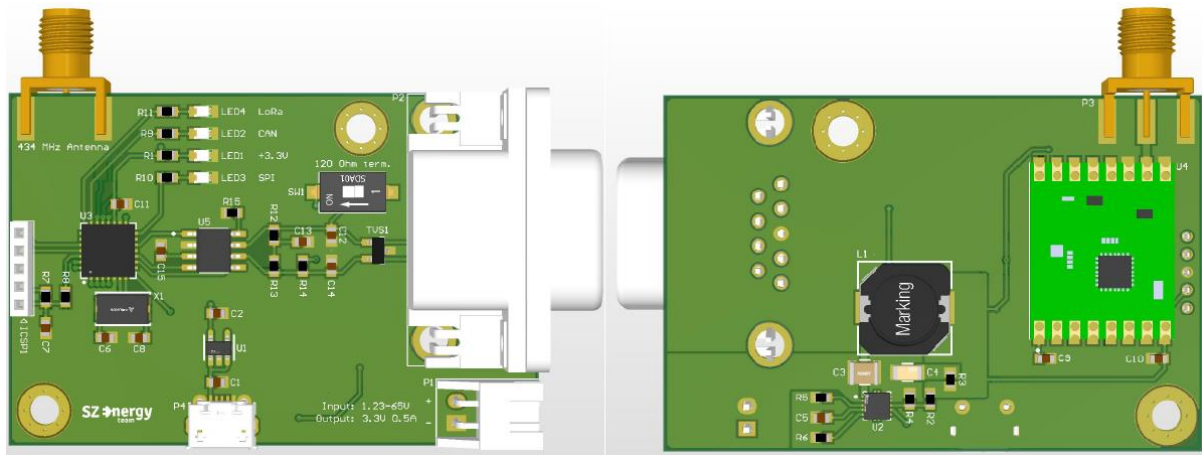
Folyamatok valós idejű távoli automatikus vizsgálata a 19. századig nyúlik vissza. 1874-ben francia mérnökök építettek ki egy időjárásmérő rendszert, amellyel Párizsban tudtak valós idejű adatokat kapni a Mont Blancról. Az 1930-as években jelent meg az egyik első vezeték nélküli telemetria rendszer a rádiószonda formájában, amely meteorológiai léggömbre rögzítve továbbított adatokat egy földfelszínen lévő fogadóállomásnak [1]. Napjainkban a telemetriát a legkülönbözőbb területeken alkalmazzák a vadvédelemtől [2] elkezdve az egészségügyön [3] keresztül az űrkutatásig [4]. A motorsportokban ma már kulcsfontosságú szerepe van a telemetriának. A versenyek során a mért adatok feldolgozásával, mint például kerék fordulatszám, kormányelfordulás vagy felfüggesztés elmozdulása a csapatok a vezetési stratégiájukon tudnak korrigálni a pilótának visszacsatolást adva, valamint versenyek vagy tesztek után ezen adatok kielemezésére is lehetőségük van. Egyes esetekben készen kapható telemetria rendszerekkel megvalósítható ez, azonban sokszor érdemesebb saját rendszert fejleszteni, így méret és fogyasztás szempontjából jobb eredmények érhetők el, valamint meghibásodás esetén a rendszer javítása is olcsóbb és gyorsabb [5].

A vizsgált telemetria rendszer egy elektromos hajtású versenyjármű CAN hálózatán közölt adatok továbbítására lett tervezve, hogy versenyek és tesztek során is figyelemmel tudja tartani a versenycsapat a jármű működését. A telemetria rendszer mérése során arról kellett meggyőződni, hogy a rendszer képes a fent említett feladat ellátására.

## **Telemetria rendszer ismertetése**

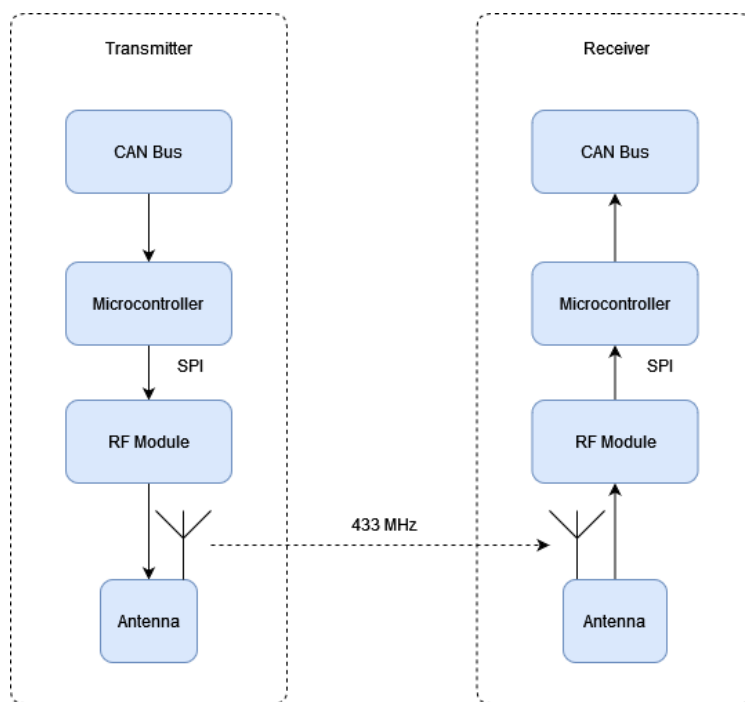
A vizsgált telemetria rendszer két nyomtatott áramkörből áll, amely az 1. ábrán látható. A két egység csak az energia betáplálásuk módjában különböznek. Mindkettő azonos típusú mikrovezérlővel, rádiófrekvenciás modulval és antennával van ellátva, ezért nem kellett két külön nyomtatott áramkört legyártani, hanem az egyfajta áramkörbe különböző energiaellátási alkatrészek lettek beszerelve a küldő és a fogadó oldali egységnél. Az egyik egység a járműbe beszerelve látja el az adó szerepét, a jármű 48V nominális akkumulátorfeszültségéről

megtáplálva. A másik egység pedig egy laptophoz csatlakoztatva fogadja a küldött adatokat és továbbítja azokat micro USB-n keresztül 5V-os táplálással.



1. ábra: A vizsgált telemetria egység

A telemetria rendszeren keresztül történő adatáramlást a 2. ábra szemlélteti. A versenyjármű CAN hálózatáról az elküldeni kívánt adatok az egységen lévő CAN feldolgozó chipen keresztül a mikrovezérlőbe jutnak [6]. A mikrovezérlő előre meghatározott időközönként továbbítja az adatokat SPI kommunikációs protokollon keresztül a rádiófrekvenciás egységbe, ahol annak a belső csomagkezelője minden szükséges redundanciát hozzácsatol az adatokhoz és küldésre kész csomagba rendezi azokat. Ezután a csomagok moduláción esnek át és a főerősítőn keresztül az antennán kisugárzásra kerülnek. A fogadó oldalon ugyanennek a folyamatnak a fordítottja játszódik le, annyi eltéréssel, hogy a fogadott adatokat az egység egy CAN feldolgozón keresztül juttatja el egy laptopnak.



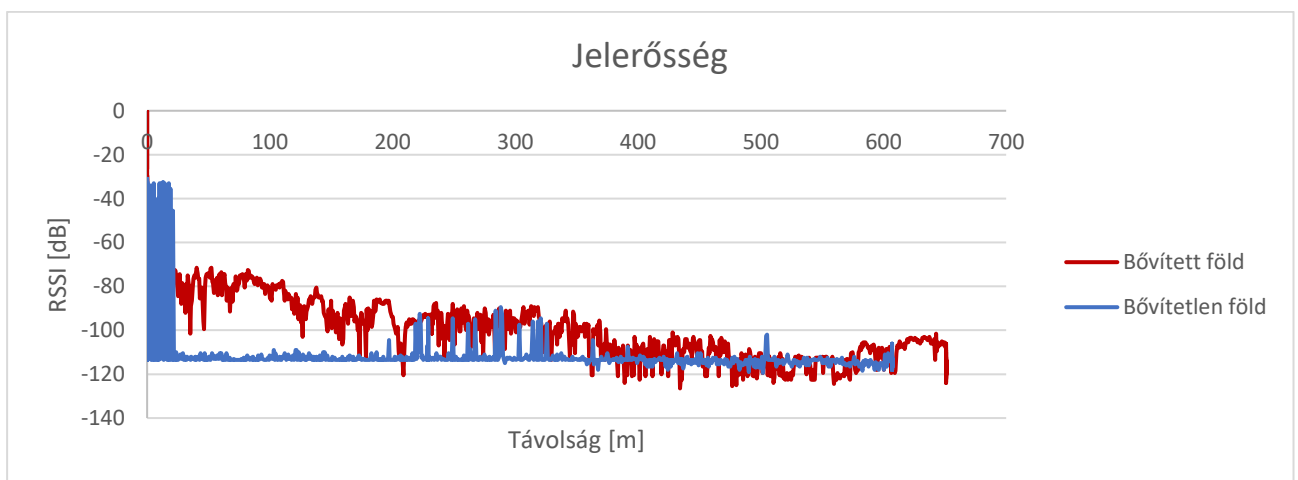
2. ábra: Adatáramlás a telemetria rendszeren keresztül

Mivel a rendszer még nem volt használva, ezért mindenekelőtt a mikrovezérlőn keresztül a rádiófrekvenciás modul [7] felparaméterezését kellett elvégezni, mivel a modul gyári paraméterezése eltér a kívánt értékektől. A paraméterek megadása az eszköz célját figyelembevéve történt. Az egység 433 MHz frekvencián való adattovábbításra lett tervezve, ezért az a rádiófrekvenciás modul vivőfrekvenciája is erre az értékre lett beállítva. A modul alapvetően kétfajta modulációt támogat FSK-t (Frequency Shift Keying) és OOK-t (On-Off Keying). Ezek közül az FSK lett választva, mivel ennek jobb az interferenciaturése mint az OOK-nak, ami a közkedvelt szabadfelhasználású 433 MHz-es frekvencia zavarforrás mennyisége miatt egyértelmű választás [8]. Az eszköz maximális erősítésre lett állítva, amely +20 dBm-nek felel meg. A versenyjármű CAN hálózatáról továbbítani kívánt adatok 64 bájtos csomagokban fértek el, amelyek 2 Hz-en kerülnek továbbításra, vagyis másodpercenként két csomag kerül küldésre. Ez az adatátviteli sebesség még elfogadhatónak számít a valós idejű járműmegfigyelésre, valamint a kisebb átviteli sebességgel nagyobb hatótáv érhető el. Fontos, hogy a rádiófrekvenciás adattovábbítás során sérült csomagokat ki lehessen szűrni, erre a célra CRC-16-os hibadetektáló kódolás lett alkalmazva. Továbbítandó adatok sok esetben több egymásutáni ugyanolyan bináris értéket tartalmazhatnak, így fennál a csomagküldés közbeni szinkronizációvesztés a két egység között. Ennek kiküszöbölésére Manchester kódolás lett használva.

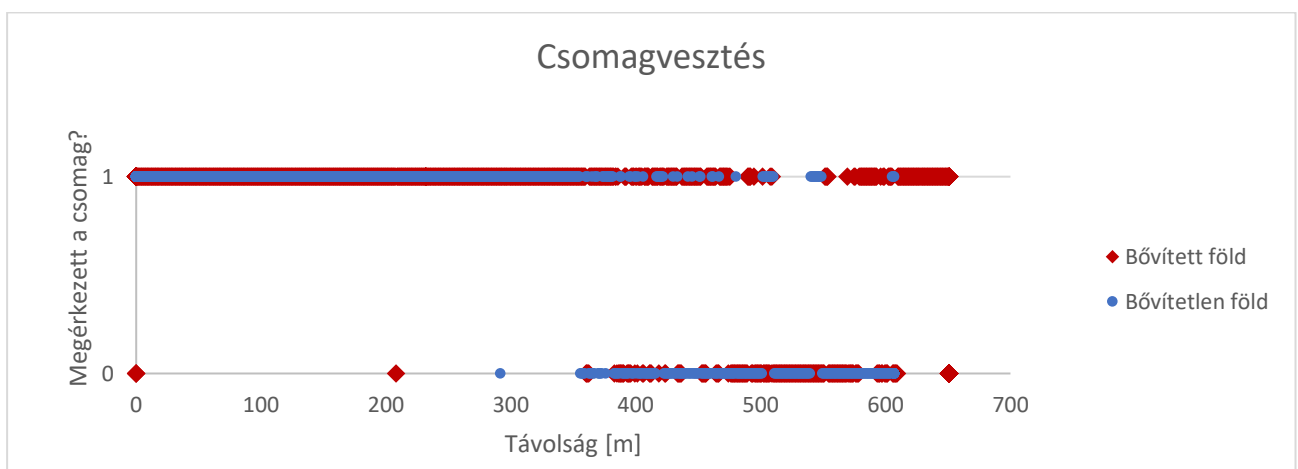
## Mérési összeállítás és eredmények

A méréskor a küldő egység egy állványhoz lett rögzítve, azonos magasságban, mint a járműbe beszerelve lenne, ezzel is közelítve az üzembehelyezési állapotot a mérés során. A fogadó egységgel fokozatosan távolodva egy CAN feldolgozóegységen keresztül jutnak az adatok egy laptopba, ahol tárolásra kerül az adott távolságon a jelerősség és a csomagküldés sikeressége. A mérés során közvetlen rálátás van biztosítva a két eszköz között. A mérés azon a ponton ér véget, ahol a rendszer még képes 2 Hz-en stabil adattovábbításra.

Felmerült, hogy a fogadó egység nyomtatott áramköri földterületének bővítésével jobb vételi tulajdonságokkal rendelkezik a rendszer, ezért bővített földterülettel, vagyis egy másik nagyobb területű nyomtatott áramkört egy földréteg kivezetésnél hozzáforsasztva az eredeti áramköri laphoz is el lett végezve a mérés. A két mérés eredményei a 3. ábrán és a 4. ábrán láthatóak.



3. ábra: A fogadó egység mért jelerősség értékei a távolság függvényében



4. ábra: A fogadó egység mért csomagvesztés értékei a távolság függvényében

## **Konklúzió és további tervek**

Alapesetben, vagyis a nyomtatott áramkör földterületének bővítése nélkül a rendszer nem tudta a jelerősség értékeket, megbízhatóan meghatározni és emiatt a jelerősség nem mutat korrelációt a csomagkapások sikerességével. Míg bővített földterületnél a várt jelerősség görbe adódott, valamint ebben az esetben közel 50 méterrel nőtt a stabil adattovábbítás távolsága. Mindkét esetben jelentkezett, hogy a maximális távolság felétől (kb. 300 méter) érzékeny lesz a rendszer a mozgásra.

A mérések alapján bebizonyosodott, hogy a telemetria rendszer mostani állapotában nem képes a feladata ellátására, mivel versenyek és tesztelések során a rendszernek egy kilométer felletti távolságokon is stabilan kell adatot továbbítania, miközben a járműben lévő küldőegység mozgásban van. Ennek ellenére a rendszer adattovábbításra képes, így kellő módosításokkal alkalmazható kisebb távolságú statikus pontok közötti rádiófrekvenciás adattovábbításra, ezért egy szélmérő állomás telemetria rendszereként lesz felhasználva a jövőben.

Az elkövetkező időszakban egy kiforrottabb telemetria rendszer fejlesztésére fog sor kerülni, amely már meg tud felelni az eléje felállított elvárásoknak. A legfontosabb változtatás egy eltérő rádiófrekvenciás modul alkalmazása lesz, amely bizonyítottan képes az elvárt távolságokban való kommunikációra, ellenben az itt használt hiányos dokumentációval ellátott rádiófrekvenciás modullal és egy kevésbé telített frekvenciatartományban dolgozik. Emellett a fogadó oldalon CAN interfész helyett egy A típusú USB csatlakozó látja el az adattovábbítás szerepét a laptop felé, így nem lesz szükség a fogadó oldalon CAN feldolgozóegységre, ezzel egyszerűsítve az adattovábbítást, de emiatt két különböző nyomtatott áramköri lapot kell legyártani.

## **Köszönetnyilvánítás**

A TKP2021-NKTA-48 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## Irodalomjegyzék

- [1] Frank Carden, Russell P. Jedlicka, Robert Henry: Telemetry Systems Engineering, *Artech House* (2002), 494-499.
- [2] Joseph A. M. Smith, M. Mather, Holly J. Frank, R. Muth, J. Finn, S. McCormick: Evaluation of a Gastric Radio Tag Insertion Technique for Anadromous River Herring, *North American Journal of Fisheries Management* (2009), 367-377.
- [3] Swarup Bhunia, Steve J.A. Majerus, Mohamad Sawan: Implantable Biomedical Microsystems, *Elsevier* (2015), 39-55.
- [4] R. LaBelle, D. Rochblatt: Acta Astronautica, *Elsevier* (2012), 58-68.
- [5] A. Banerjee, A. V. Jindal, A. Shankar, V. Sachdeva, M. Kanthi: Motorsport Data Acquisition System and Live Telemetry using FPGA based CAN controller, *IOP Publishing* (2022), 9-11.
- [6] Steve Corrigan: Introduction to the Controller Area Network (CAN), *Texas Instruments* (2002), 2-9.
- <https://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf>
- [7] RFM69HW rádiófrekvenciás modul adatlapja:
- <https://www.hoperf.com/data/upload/portal/20190306/RFM69HW-V1.3%20Datasheet.pdf>
- [8] A Nemzeti Média-és Hírközlési Hatóság rádióspektrum-stratégiája, *Nemzeti Média-és Hírközlési Hatóság* (2020), 23-26.
- [https://nmhh.hu/dokumentum/216756/NMHH\\_Radiospektrum\\_Strategia\\_2021\\_2025.pdf](https://nmhh.hu/dokumentum/216756/NMHH_Radiospektrum_Strategia_2021_2025.pdf)