

# RÁDIÓTECHNIKA

## ELEKTRONIKAI FOLYÓIRAT

www.urbanelektronika.hu

URBÁN ELEKTRONIKA

RÁDIÓTECHNIKA  
**HAM-bazár**  
Elektronika  
FÜZETEK

**Anico**  
www.anico.hu  
www.radioamatorwebshop.eu

STANDARD HORIZON YAESU

Számítógépeink védelméről az  
**ESET Endpoint Security  
Business Edition**  
gondoskodik.

**SICONTACT** biztonság a digitális világban **eset**



### Műholdvételel SDR-rel



### Vajdasági szerzőink cikke a 272. oldalon.

**A HAM-bazár**  
H., K., Sze., P. 9-14 ó.  
Csütörtökön 9-17 ó.  
tart nyitva.

Támogatónk:



**ELFA** ..ami az elektronikához  
szükséges

40.000 cikk egy katalógusban  
Kérje ingyenes katalógusunkat!

www.aget.hu  
e-mail: ageta@ageta.hu  
tel: 30/256-4288

**INCOMP Electronics**  
Alkatrész kis- és nagykereskedelem  
EXPORT - IMPORT  
2120 Dunakeszi, Fő út 35. ☎ (27) 342-407  
www.incomp.hu

# Műholdas vevőrendszer Raspberry Pi 3 és Linuxszal

Németh Róbert, nrobi.tm3@gmail.com; Erdei Szabolcs, szabolcs.erdei123@gmail.com;  
dr. Tadity Vladimir László, laslo.tadic@gmail.com  
Mihajlo Pupin Villamossági Szakközépiskola, Újvidék, Szerbia



Jelen cikk egy középiskolai projekt eredménye, melynek célja a meteorológiai műholdak által sugárzott jelek vételére alkalmas vevőrendszer felszerelése és üzembe helyezése volt. A jelvétel egy 2-elemes kereszt-dipólanntennával történt, előerősítővel. A jelfeldolgozás Raspberry Pi 3 számítógépen futott, Linux operációs rendszer alatt. A kapott eredmények bizonyították, hogy a rendszer működése kifogástalan, továbbá, hogy a rendszer alkalmas más FM-jelek vételére is.

## Bevezetés

Az újvidéki villamossági középiskola évek óta nagy hangsúlyt fektet a diákok kötelező oktatásán kívüli szakköri tevékenységekre is. Az iskolában számos szakcsoport létezik, ahol a diákok különböző rendszereket, eszközöket alkalmaznak és fejlesztenek tanáraik segítségével. Az iskola számos bel- és külföldi középiskolával és felsőoktatási intézménnyel ápol együttműködési kapcsolatokat. A cikkben leírt projekt is egy ilyen kapcsolat eredménye, ahol a *Budapesti Műszaki Egyetem* villamossági karának oktatói által ajándékozott felszerelésnek köszönhetően az iskola diákjai kialakítottak és üzembe helyeztek egy rádiós rendszert. Ennek feladata a meteorológiai műholdak által sugárzott jelek vétele volt. A rögzített jeleket később a diákok az ez esetekben ritkán alkalmazott Raspberry Pi és Linux segítségével alakították meteorológiai térképekké. Ezek a térképek jól alkalmazhatóak a meteorológiai elemzésekben és időjárás-előrejelzésben.

Az együttműködés kezdeményezői *dr. Simon Vilmos* és *dr. Tadity Vladimir László* voltak, a felszerelést pedig *dr. Gschwindt András* (HA5WH) ajándékozta, aki nagyban segített a rendszer üzembe helyezésében is. A rendszer összeállítását az iskola gyakorlatokat oktató tanárai, *Király Károly* szaktanár, *Munir Rageb-Aga* gyakorlat tanár, valamint *Németh Róbert* és *Erdei Szabolcs* érettségiző diákok végezték. A szükséges anyagot a rendszer felszereléséhez az iskola

igazgatója *Vukobrat Milan* biztosította. A rendszer beállítását és üzembe helyezését, valamint a szakcikk elkészítését Róbert és Szabolcs végezték, dr. Tadity Vladimir László irányításával.

*Ezúton is, az iskola nevében, ismét szeretnénk megköszönni az ajándékozott felszerelést és a segítséget dr. Gschwindt Andrásnak!*

## APT rendszerek és a meteorológiai műholdak

### APT rendszerek

Az APT (Automatic Picture Transmission) rendszer egy analóg képátviteli rendszer, amelyet az időjárási műholdak működéséhez fejlesztettek ki. Az 1960-as években mutatták be azokat, és azóta is képi adatokat nyújtanak számos alacsony költségű vevőállomásnak világszerte. Az adás szerkezete két sugárzott telemetriai képcsatornából áll és a szinkronizációs adatokból, ahol a képcsatornákat általában Video A-nak és Video B-nek nevezik.

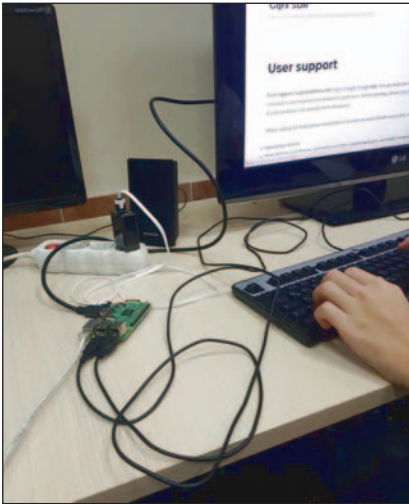
A NOAA POES (Polar-orbiting Operational Environmental Satellite) rendszer műholdjain a két kép 4 km/pixel felbontású 8-bites kép, amely a kétcsatornás nagyfelbontású radiométer (Advanced Very-High-Resolution Radiometer, AVHRR) érzékelőjéből származik. A sugárzás előtt a képeket állandó geometriai felbontáshoz korrigálják, és ezért az így kapott képek nem tartalmazznak torzításokat, amelyeket a Föld görbülete okozna. A két kép közül az egyik hosszú hullámhosszú infravörös hullám (10,8

um), a második pedig a majdnem látható (0,86 um) és a középhullámú infravörös hullámok között van (3,75 um) attól függően, hogy a talajt a napfény mennyire világítja meg.

Maga az adásjel egy 256 szintű AM-jel, amelynek segédvívó frekvenciája 2400 Hz, amelyet ezután FM-mel a 137 MHz-es frekvenciasávba modulálják a rádiófrekvenciás (RF) vivőjelre. A teljes RF sávzélesség 34 kHz. A NOAA POES műholdakon a jelet kb. 37 dBm (5 W) effektív sugárzott teljesítménnyel továbbítják.

Az APT jelet folyamatosan sugározzák a műholdak, a vétel mindig a következő adatsor elején kezdődik, amikor a vevő a rádiós tartományban van. A képeket valós időben, viszonylag kifinomult, olcsó vevőkészülékekkel lehet fogadni, amíg a műhold a vevő hatótávolságában van, ami általában 8-15 percig tart.

Az APT adások vételéhez szükséges sávzélesség kb. 34 kHz. A legrégebbi vevőkészülékek (rendőrségi és tűzoltósági vevők) szabványosan 15 kHz-es sávzélességgel rendelkeznek, amelyeket a hangátvitelre terveztek. Az újabb VHF frekvenciákat használó vevőkészülékek többféle közbenső KF sávzélességgel rendelkeznek, mint pl. a 6, 15, 50 és 230 kHz. Túl keskeny sávzélességű vevőkészülék alkalmazása esetében fekete-fehér képeket kapnánk átalakítás után. Túl széles sávzélesség esetében a vevő zajszintje túl magas lenne, és lehetetlen lenne jó minőségű képeket előállítani a hang/kép átalakítás után. Az amatőr felhasználók



1. ábra

nálók számára a számítógép-vezérelt szoftveres vevő a legjobb megoldás, amely lehetővé teszi az automatikus jelvételel a megfelelő beállítások után (1. ábra).

#### Meteorológiai műhold

A meteorológia műhold (2. ábra) egy olyan műhold, amely a Föld éghajlatát figyeli. A Föld esetében nem csak a felhőket (időjárást) figyeli, hanem a városok fényszennyezését, a környezetváltozást, az óceánok áramlását, tüzeket és más környezeti folyamatokat. A méréseket az elektromágneses spektrum különböző hullámhosszain, főleg a látható és infravörös hullámhosszon végzik.

### A szükséges felszerelés

#### Az antenna és az előerősítő

Az antennaként két vízszintesen elhelyezett, keresztezett dipólust egy fázisváltó hálózaton keresztül kapcsolnak össze, hogy valódi, kör alakú, jobb oldali polarizált vétel legyen lehetséges. A felülettel párhuzamosan érkező jelek esetében ez a berendezés lineárisan polarizált antennaként működik. A növekvő emelkedési szög növekvő függőleges sugárzási komponenset kap, és a polarizáció lineárisról ellipszisre, kör alakúvá válik. Így a 3. ábrán látható, felfelé néző KX-137 típusú antenna ideális párja a lefelé néző műholdas antennának, és mindig a lehető legnagyobb sugárzási energiát kapja.



2. ábra

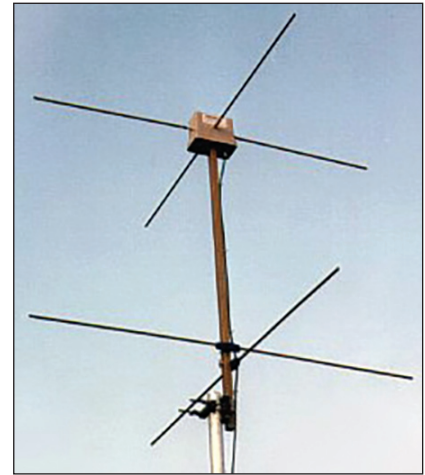
Az antennafejbe egy nagyon alacsony zajszintű előerősítő, magas Q-szűrővel van beépítve. Ilyen módon a KX-137 elkerüli a teljesítménycsökkentő kábel- és illesztési veszteségeket, amelyek mindig fennállnak más konfigurációknál, valamint hatékonyan elnyomja az erős szomszédos állomások, pl. repülőket vagy amatőr rádiók zavaró hatásait. Egy passzív reflektor felerősíti a fenti műholdak vételét és csökkenti a felületi tükrök által okozott jelcsillapítást. Annak érdekében, hogy a KX-137 jól dolgozzon, azt úgy kell telepíteni, hogy annak mindig legyen látthatósága a műhold(ak)ra. Ekkor zajmentes képek várhatóak kb. 5000 km távolságból.

#### Az SDR készülék

A Software-Defined Radio (SDR) egy olyan rádiókommunikációs eszköz, amelynél a hagyományos felépítésű készülékekben használt fokozatok feladatait (erősítés, szűrés, moduláció, demoduláció, érzékelés stb.) szoftverrel hajtják végre, egy számítógépen vagy más rendszeren.

Egy alapvető SDR-rendszer egy hangkártyával vagy más analóg-digitális konverterrel felszerelt számítógépből állhat, amelyet valamilyen RF előfokozat előz meg. Jelentős mennyiségű jelfeldolgozás járul itt az általános processzorra, a korábbi (analóg jelfeldolgozás) speciális elektronikus áramkörökben végzettekhez képest. Egy ilyen konstrukció olyan rádiót eredményez, amely széleskörben különféle rádióprotokollokat fogad és továbbít, kizárólag a használt szoftvertől függően.

A szoftveres rádiók jelentős hasznosságot nyújtanak a katonai



3. ábra

és mobiltelefonos szolgáltatások számára, amelyeknek valós időben változó rádióprotokollokat kell kiszolgálnia.

Hosszú távon az SDR-ek, az „SDR Forum” véleménye szerint, a rádiókommunikáció domináns technológiájává válnak. Az SDR-ek és a szoftver által definiált antennák lehetővé teszik a kognitív rádiót. (Ez olyan rádió jelent, amely dinamikusan programozható és konfigurálható annak érdekében, hogy a legjobb vezeték nélküli csatornákat használja, és ezáltal a közelében levő interferenciák és torlódások elkerülhetőek legyenek.)

Az általunk használt Nooelec SMART SDR (4. ábra) jellemzői:

- RTL2832U demodulátor/USB interfész IC,
- R820T2 tuner IC,
- 0,5 ppm-es, ultra-alacsony fáziszajú TCXO,
- alacsony RF zajt keltő feszültség szabályozó,
- tápegységben minőségi árnyékkolt inductivitás,
- integrált egyedi hűtőborda,
- SMA antennabemenet,
- RF zaj ellen minőségi, szálcsiszolt alumíniumház,
- alacsony fedélzeti hőmérséklet (alacsonyabb zajszint).



4. ábra

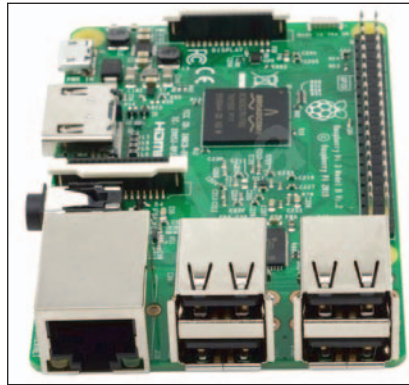
### Raspberry Pi 3

A Raspberry Pi egy bankkártya méretű, egyetlen áramköri lapra integrált BCM2835 alapú, egykártyás számítógép, amelyet az Egyesült Királyságban fejlesztettek oktatási célokra (5. ábra). A gép különböző Linux disztribúciókkal működtethető, illetve elérhető egy RISC OS verzió is. Az eredeti két változat (A és B) kiadása óta már több továbbfejlesztése is kiadásra került. Az eredeti A változat nem rendelkezett Ethernet csatlóval, hanem csak egy USB porttal és 256 MB memóriával. A B modell 2 db USB porttal, 512 MB memóriával és integrált Ethernet csatlóval rendelkezett. A hivatalosan ajánlott operációs rendszer a laphoz a Raspbian, ami a Debian Linux kifejezetten Raspberry Pi-re optimalizált változata. A Sony cégnek a walesi Pencoedban működő üzeme gyártja ezeket a mini számítógépeket. Legfrissebb modellje a Raspberry Pi 4 Model B, amely 2019. június 24-én jelent meg. Ez 1,5 GHz frekvenciájú, 64 bites, négymagos ARM A72 processzorral, integrált WiFi, Bluetooth 5, USB 3 csatlakozóval és 4K dupla HDMI monitor csatlakozóval rendelkezik. A Pi 4 az első modell, amely különböző nagyságú RAM-mal felszerelve, háromféle változatban (1, 2 és 4 GB) is elérhető.

A Raspberry Pi családot elsősorban oktatási célokra fejlesztették ki, ennek köszönhetően sok kiegészítő eszköz kapható hozzá, illetve a dokumentációk alapján saját kiegészítő eszközök is viszonylag egyszerűen elkészíthetők.

Kiváló médiaszerver készíthető a Raspberry Pi segítségével. A megfelelő kodek-licenc megvásárlása esetén akár HD videók lejátszására is alkalmas lehet. A kis energiafogyasztása miatt alkalmas különféle kis számításgépek szerver kialakítására:

- nyomtató szerver,
- kommunikációs szerver (VPN, torrent, TOR gateway),
- LAMP szerver (Pi 2),
- kisebb játékszerverek (pl. Minecraft),
- HTPC,
- TV vagy monitor háttérvilágítás (Ambilight),



5. ábra

- robot (Rubik kocka kirakó, rajzoló, festő, repülő stb.),
- e-Health (kiegészítő használatával akár légzést, pulzust, vérnyomást, test hőmérsékletet is mérhetünk),
- egyéb interaktív játékok (beszélő plüss stb.)
- és még sok minden más.

A mi esetünkben az alkalmazott Raspberry Pi 3 B modell képességei teljesen megfelelőek voltak a szoftverek igényeinek. Ebben az esetben a Raspberry-n Raspbian operációs rendszer futott.

### A Linuxos rendszer beállítása és működése

A Raspberry Pi-re az iskola tanárai telepítették az operációs rendszert, így azzal nem voltak különösebb gondok. Az első nehézség a szoftverek megfelelő változatának a kiválasztásában jelentkezett, mivel a Raspberry Pi csak ARM típusú processzorral rendelkezik. Sok kutatás után előkerültek a szoftverek megfelelő változatai, de csak

„Beta” (kísérleti) változatokban. Ez azt jelenti, hogy gyakran nem biztosított a zökkenőmentes telepítés és alkalmazás. Szerencsére, a telepítés és az alkalmazás során nem voltak gondok. A legnagyobb problémát a Linux operációs rendszer alkalmazása okozta a tapasztalatok hiánya miatt.

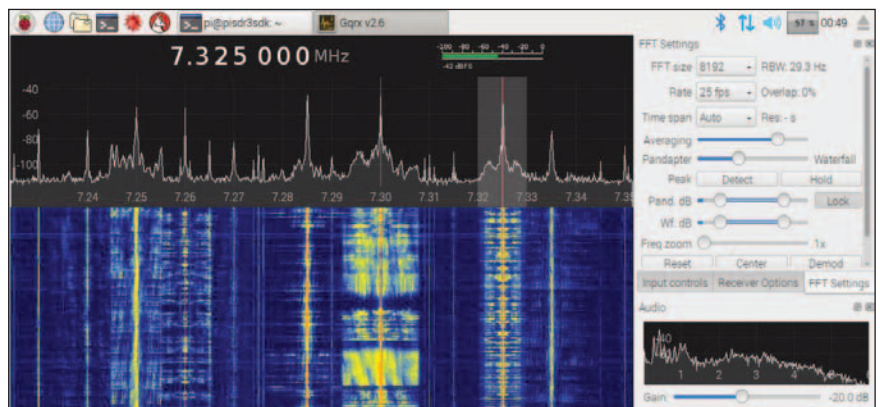
Az első szoftver, amely telepítve lett, a GQRX SDR, amelynek feladatai: – kimutatni, – megfigyelni, – felvételezni és visszaneézni az antenna által érzékelt frekvenciatartományban vett jeleket.

A GQRX tagadhatatlanul a legjobb Linuxos SDR szoftver, számos beállítást engedélyez, egyértelmű a telepítése és egyszerű a felvételezési és a visszajátszási eljárás. A szoftver pillanatok alatt telepíthető és használatra kész (6. ábra). A szoftverben létező beállítások közül a legfontosabbak:

- módok kiválasztása (AM, WFM, Narrow FM, RAW I/Q stb.),
- FFT méret,
- FPS mérték, felbontóképesség,
- frekvencia „zoom”,
- LNA Gain.

Ami a rendszert illeti, fontos megemlíteni az FFT és az FPS beállításokat, vagyis a felbontás beállítását. Mivel csak 1 GB RAM áll rendelkezésre, ezeket a beállításokat minél alacsonyabbra kellett állítani, mert ezek a legigényesebbek a memóriahasználat szempontjából. Másrészt, a mérések alapján, a kapott hang/kép minőségén nem rontanak túlságosan.

A második szoftver, amit alkalmaztunk a WXtoIMG. Ez a szoft-



6. ábra

ver a hangfelvételek (pl. GQRX-ben felvett adás) képpé való alakítását végzi. Itt több akadály is jelentkezett.

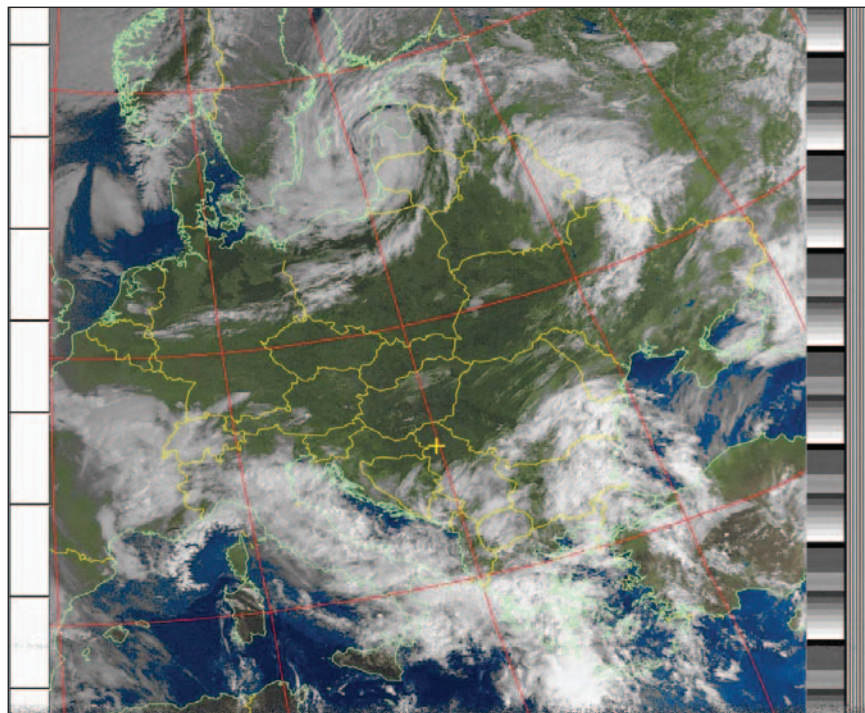
Az első probléma volt maga a telepítés Linuxos rendszerre, amely nehezen ment és időigényes is volt. Itt is a szoftver Linuxos Beta ARM változatát kellett telepíteni, de sajnos erre nem létezett egyszerű megoldás, hanem tételesen kellett elvégezni a telepítést. A szoftver nem futtatható parancsikonon keresztül, hanem a konzolon keresztül kell indítani. A parancs amellyel futtatható: *wxtoimg*.

Ami magát a szoftvert illeti, majdnem ugyanolyan jól működött, mint a Windows-os változata, azzal a különbséggel, hogy kicsit hosszabbak voltak a betöltési idők.

A működése elég egyszerű, de oda kellett figyelni bizonyos dolgokra. A GQRX-ből kapott hangfelvételen meg kell változtatni a mintavételezési idejét (Sample Rate) egy hangfeldolgozó szoftverrel (vagy akár online konverter segítségével). Fontos, megjegyezni a következőket:

- a kapott hangfelvétel formátuma \*.wav kell legyen,
- a mintavételezési idő 48 000 Hz-ről 11 025 Hz-re legyen állítva,
- a kapott hangfelvétel indítható és meghallgatható legyen.

Ha ezek a feltételek teljesülnek, akkor a képpé való alakítás zökkenőmentes lesz. Ha minden be-



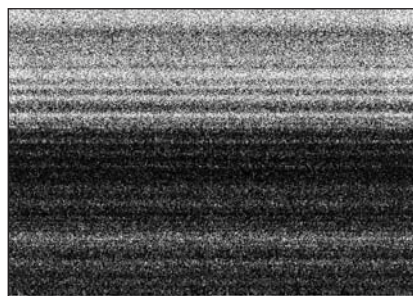
7. ábra

állítás helyes, akkor a 7. ábrához hasonló, a NOAA 19 műholdról kapott, képet kell kapni. A 7. ábrán látható képet a WXtoIMG színezte be. Maga az eredeti kép fekete-fehér.

A 8. ábrán látható az a példa, amikor a mintavételezési idő nincs jól beállítva. Ilyenkor a műhold adófrekvenciája nem egyezik meg a WXtoIMG által olvasott hangfelvétel mintavételezési frekvenciájával, és egy ehhez hasonló zajos képet kapunk.

A 9. ábrán látható az a példa, amikor a zaj erősebb, mint a hasznos jel. Ez annak az eredménye, hogy az iskola épülete eltakarta az antennától az égbolt. Ilyenkor alacsony a kapott jel zaj arány, és az eredmény kép sem a legjobb minőség.

A közeljövőben tervezzük a rendszer automatizálását, azaz a rá-

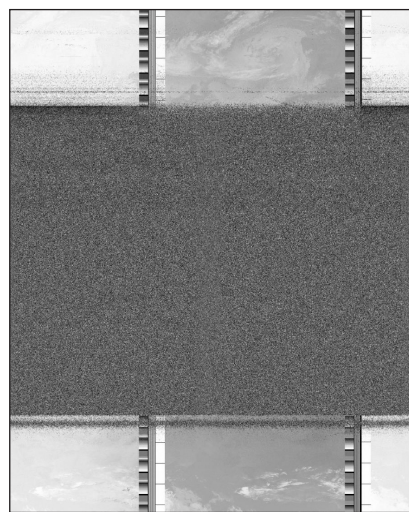


8. ábra

diós rendszer által vett jel automatikus térképpé alakítását, az iskola épületében LAN hálózaton keresztül való továbbítását több laboratóriumhoz és a központi kivetítőhöz.

#### Felhasznált irodalom:

- en.wikipedia.org/wiki/Software-defined\_radio
- en.wikipedia.org/wiki/Automatic\_picture\_transmission
- hu.wikipedia.org/wiki/Meteorológiai\_műhold
- www.wraase.de/hardware/antennas/
- Ksenija Grujic-Petrovic, „Karakteristike i upo treba Raspberry Pi racunara”, Master Thesis, Belgrade 2014
- Számítógépes hálózatok füzet



9. ábra

### A REMÉNYI ALAPÍTVÁNY

hálás köszönettel befogadta a

»RÁDIÓTECHNIKA«

Kedves Olvasóinak szja 1%-os támogatását.

Jelentjük: 24 év pályázataival közel

**6 millió forinttal**

támogattuk a rádiózás iránt érdeklődő, mellette jól tanuló, arra érdemes gyermekeket.

Kérjük, ha megtehetik, akkor „1%-mentes időkben” is **max. 1000 Ft-tal** támogassák alapítványunkat:

**11708001 – 20396990**