

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Műszertechnikai- és Automatizálási Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

IP ALAPÚ ROBOTIRÁNYÍTÁS

Szerző: **Huszár Balázs Imre**
villamosmérnöki MSc. szak, II. évf.

Konzulens: **Dr. Schuster György**
egyetemi docens

Budapest, 2014.

1. TARTALOMJEGYZÉK

1. TARTALOMJEGYZÉK	2
2. BEVEZETÉS.....	3
2.1. Tartalmi összefoglaló	3
2.2. A megoldandó probléma megfogalmazása	3
3. RÖVIDÍTÉSEK.....	3
4. SPECIFIKÁCIÓ	4
4.1. Hardver komponens	4
4.2. Szoftver komponens.....	4
5. IRODALOMKUTATÁS.....	5
6. A FELHASZNÁLT ANYAGOK, MÓDSZEREK KIVÁLASZTÁSA	7
6.1. A hardveres környezet.....	7
6.2. A szoftveres környezet	11
7. MEGVALÓSÍTÁSI MUNKAFÁZISOK.....	12
7.1. Összeszerelés.....	12
7.2. Mozgatás	16
7.3. Pozicionálás.....	16
7.4. Összehangolás	18
7.5. Hozzáférés.....	19
7.6. Kapcsolatbiztonság	19
7.7. Elérés.....	19
7.8. Tápellátás	21
7.9. Kernel.....	22
7.10. Beágyazott szoftverek	23
8. Diagnosztika	24
9. ALKALMAZHATÓSÁG, TOVÁBBFEJLESZTHETŐSÉG.....	25
10. FORRÁSJEGYZÉK	26

2. BEVEZETÉS

2.1. Tartalmi összefoglaló

A Tudományos Diákköri Dolgozat betekintést nyújt egy alacsony szinten elhelyezkedő real-time rendszer egy magasabb absztrakciós szinten működő operációs rendszerek összekötésébe. A dolgozat ismerteti az alkalmazott hálózati réteget, a beágyazott rendszer tömör működését, illetve a vezérelt humanoid robot objektumot.

2.2. A megoldandó probléma megfogalmazása

A beágyazott operációs rendszer Internet Protokoll hálózaton keresztül irányítható, illetve hajthatók végre lekérdezések. Az alacsony szintű kommunikációs busz és az IP hálózat között a beágyazott rendszer egy programozható Gateway szerepet tölt be.

3. RÖVIDÍTÉSEK

Kifejezés	Tömör kifejtés
kernel	A linux kernel egy nyílt forráskódú UNIX szerű rendszermag.
démon	háttérben futó felhasználói vagy rendszerszolgáltatás
WPA	Wi-Fi Protected Access – Vezeték nélküli védett hozzáférés

4. SPECIFIKÁCIÓ

4.1. Hardver komponens

- ✓ Nyugvó, energiamentes helyzetben is képes álló helyzetben maradni
- ✓ A robot bekapcsolás pillanatában felvett kezdő pozíciója szoftverből átkonfigurálható
- ✓ Üzemi állapot meglétének jelzése optikai úton
- ✓ Távolról vezérelt mozgási utasítások végrehajtása
- ✓ NiMH akkumulátorról üzemelés
- ✓ A Magas és alacsony szintű irányítás külön-külön tápról, optikai elválasztás.

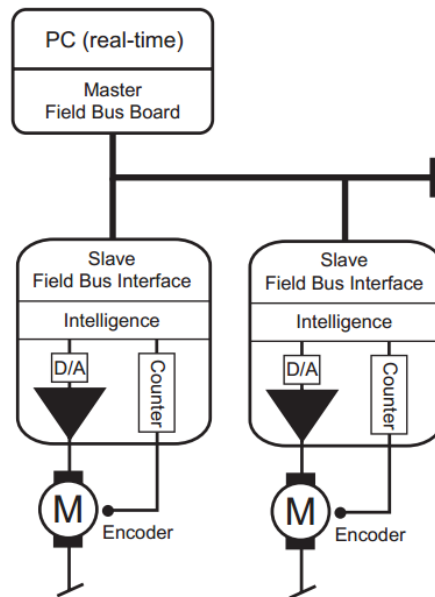
4.2. Szoftver komponens

- ✓ A Linux rendszer működése stabil a használatba vett IO perifériákat illetően.
- ✓ Az eszköz IEEE 802.11 hálózatra csatlakozik (*Wireless Network*)
- ✓ Alkalmazott titkosítási szint: IEEE 802.11i-2004 (*WPA2*)
- ✓ Az eszköz IETF RFC791 szabványú hálózaton elérhető (*IPv4*)
- ✓ Hálózaton keresztül történő irányítás
- ✓ Vezeték nélküli elérés elvesztése esetén automatikus újracsatlakozási kísérlet a hálózatra
- ✓ Az alacsony szinten feladatokat ellátó kontrollerek rendelkeznek terminál-szerű karakterfolyam értelmezővel
- ✓ Webes elérhetőség

5. IRODALOMKUTATÁS

PROFIBUS PC BASED MOTION CONTROL WITH APPLICATION TO A NEW 5 AXES PARALLEL KINEMATICS¹

Patric Pham, Dr Mohamed Bouri, Markus Thurneysen, Prof. Reymond Clavel



1. ábra Vezérlés megvalósítás kommunikációs busz segítségével

A projekt összefoglalva: PC és terepi busz kommunikációval vezérelnek egy robot beavatkozó szerveit. Ebben az esetben a vezérlést bonyolító PC real-time megkötésű. Tovább gondolva a kísérletet: mi lenne, ha egy másik eszköz real-time részei teljesen külön lennének szedve az őket irányító résztől, lazítva ezen a magasabb szinten levő számítógép megkötéseit, alkalmassá tenni a kevésbé időkritikus, de szabványosított és széles körben elterjedt vezeték nélküli kommunikációs csatornákon történő kommunikációra?

¹ <http://infoscience.epfl.ch/record/63245/files/fullpaper11pham.pdf> (2014.10.25.) [1]

Linux Kernel² fordítás

A legtöbb mikroprocesszorra, ami rendelkezik MMU-val (*Memory Management Unit*) elkészítik. Azonban ezek nem mindig hibamentesek, olykor egy-két processzor szintű periféria támogatása hiányozhat, mint az I2C, SPI, USB stb. Ennek kijavítására az open-source közösség tagjai patcheket írnak, és ezeket szabadon felhasználható állapotban elérhetővé tesznek. Az iMX233 esetében Christian Jann³ publikált hibajavításokat, amiket alkalmazhatok open-access elv alapján a saját rendszeremnél is.

Vezeték nélküli titkosítás: WPA-Supplicant⁴

Vezeték nélküli hálózatok kezelésére létezik egy program, ami beágyazott rendszereken is futtatható. Kezeli a titkosítási kulcsokat, széles körű eszköz specifikus támogatással. Létezik egy általános célú, nyílt forráskódú (és dokumentációjú) szoftver Linux, BSD, OSX, Windows platformokra, a WPA és WPA2 (IEEE 802.11i/RSN) egy megvalósítása. Felhasználható hordozható és asztali számítógépeken, valamint beágyazott rendszerekben. Ez a IEEE 802.1X/WPA kliens oldali megvalósítása. Kulcsegyeztetést hajt végre a WPA autentikátorral, és elvégzi a forgalom biztonságos betokozását. Háttérben futó démon alkalmazásként működik, és a vezetékek nélküli eszköz meghajtó programjával menedzseli a vezetékek nélküli kapcsolatot.

² <https://www.kernel.org/category/about.html> (2014.10.25.) [2]

³ http://www.jann.cc/2013/05/04/imx233_olinuxino_current_state.html (2014.11.13.) [3]

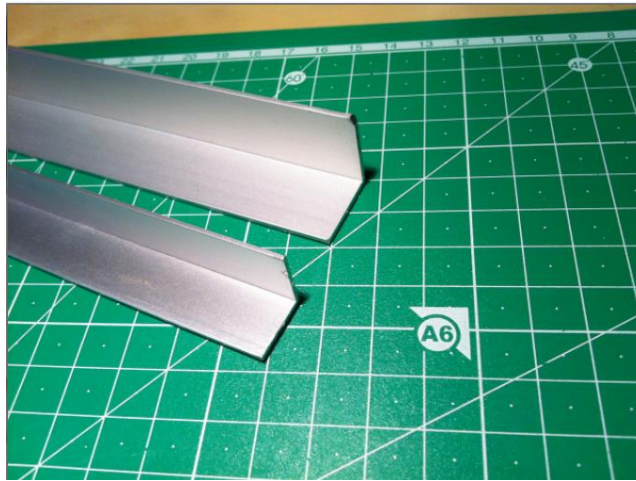
⁴ http://w1.fi/wpa_supplicant/ (2014.11.13.) [4]

6. A FELHASZNÁLT ANYAGOK, MÓDSZEREK KIVÁLASZTÁSA

6.1. A hardveres környezet

A vázrendszer hardver kézi megmunkálással készült. Az alap célkitűzés a lehető legkönnyebb váz, stabilitás mellett, a végtagok hosszának nyomaték szempontok figyelembe vételével ahol csak lehet, minimális hosszúságra szorításra.

A robot vázát L profilú alumínium szögvasak adják. A kisebb 15x15mm a nagyobb 20x20mm méretű. A 90°-os hajlítás nagyon előnyös a csavarozott összekötések megvalósításánál.



2. ábra. L alakú alumínium profilok

M2-es M3-as csavarok, lapos alátét, hatlapos anya, önzáró anya.

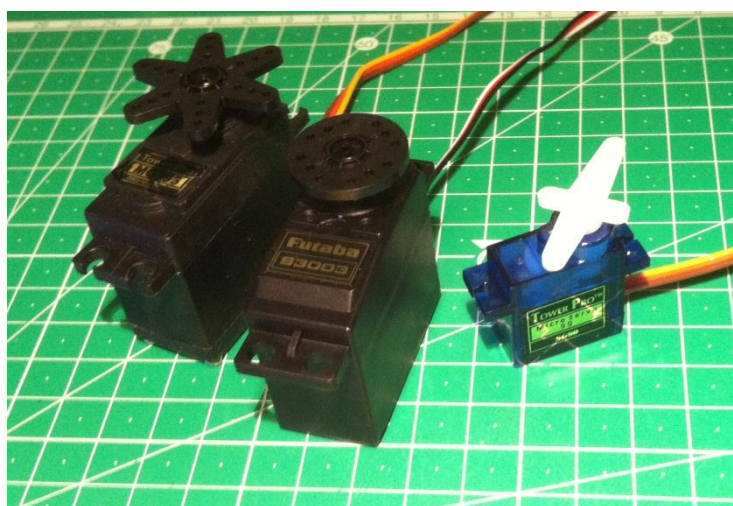
Az egyéb összefogásokat egy 2 oldalas, oldalanként 66um rézvastagságú 1,2mm EPOXID hordozójú áramköri lap biztosítja. Ennek elsősorban a robotkarokon van jelentősége, hogy minél kevesebb legyen a szükséges nyomaték.

A pontosan méretre vágott szervó keretek és villák modell boltban kaphatók, Többnyire alumíniumból készítik őket, 2-3 kilogramm terhelésig ellenállóak a deformációval szemben. Az építendő robot is hasonló tömegtartományba esik.



3. ábra. Mechanikai elemek

Alkalmazott típusok: TowerPro MG995, Futaba S3003, Towepro SG90,



4. ábra. Szervó motorok

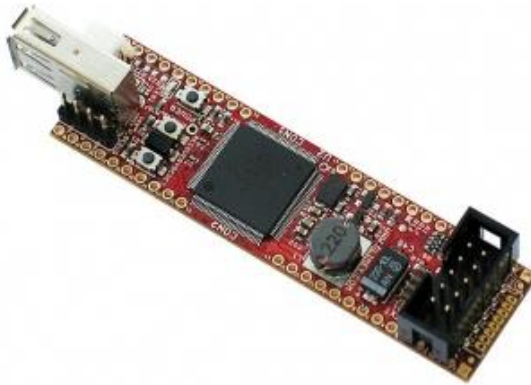
Típus	Nyomaték (4,8V)	Fogaskerekek	Tömeg	Felhasználás
TowerPro MG995	10 kg*cm	fém	55 g	lábak
Futaba s3003	3,1 kg*cm	nylon	37 g	karok
TowerPro SG90	1,8 kg*cm	nylon	9 g	fej

Az MG995 normálméretű, fémfogaskerekes szervó, nagy tartónyomatéka miatt a lábakban került alkalmazásra.

Az s3003 normálméretű szervo kis tömege miatt a karokban került alkalmazásra. A karok előre illetve hátradöntése instabillá tenné a szerkezetet.

Az SG90 mikro szervo a fejet mozgatja, amire a webkamera került.

A vezeték nélküli kapcsolat kialakításhoz egy Linux futtatásra képes beágyazott rendszert alkalmazok.



5. ábra. OlinuXino NANO iMX233 Mini az Olimex-től⁵

Az Olimex OlinuXino NANO főbb paraméterei: *(részlet a katalógusból)*

- iMX233 ARM926J processor at 454Mhz
- 64 MB RAM
- SD-card connector for booting the Linux image
- 1x USB2.0 High Speed Host
- Three buttons
- UEXT connector for connection of different peripheral modules
- 2x24 pin GPIO for connection of other hardware
- 3.7V Li-Po battery connector and built-in battery charger
- PCB dimensions: 3.00" x 0.8" (76.2mm x 20.3mm)
- Weight: 0.5 ounce (~14 grams)

⁵ <https://www.olimex.com/Products/OLinuXino/iMX233/iMX233-OLinuXino-NANO/> (2014.10.28.) [5]

A vezeték nélküli összekötéshez egy olyan Wifi sticket célszerű választani, aminek a chipsetjéhez van fordítható kernel driver.



6. ábra TRENDnet TEW-648UBM⁶

TRENDnet TEW-648UBM 802.11n 150Mbps Micro Wireless N Adapter

Linux kerneldriver szimbólumneve: [Realtek RTL8188CUS]

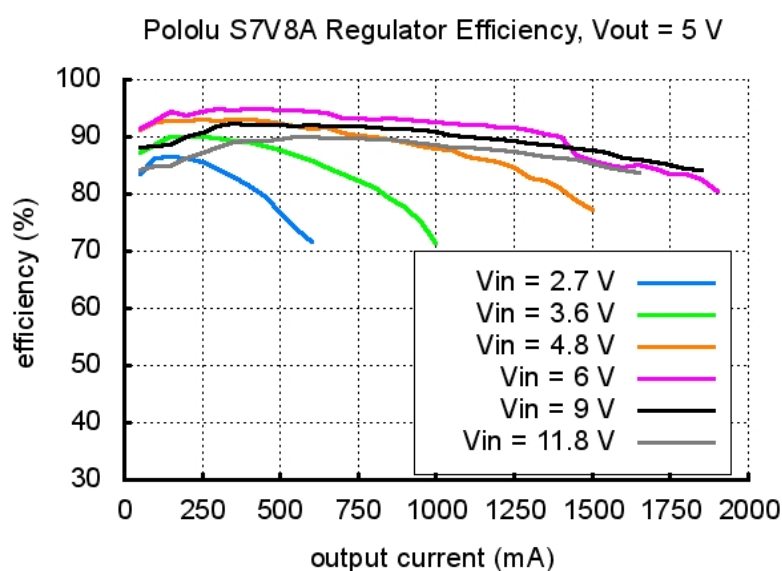
A webkamera egy Logitech QuickCam. Járulékos fehér ledeket is tartalmaz, a későbbiekben kevés fénynél vagy homályos, elkenődött élő képek felismerésénél hasznos funkciónak fog bizonyulni.

Linux `lsusb` megnevezése: Microdia Sonix USB 2.0 Camera

DC-DC Step-Up konverter

A robot tömegének csökkentése érdekében a motorokhoz képest kisebb energiaigényű rendszer betáplálását 2 NiMH akkumulátorról végzem, egy Pololu által forgalmazott S7V8A kapcsolóüzemű táppal. Üzem közben a 2,7 V-os skálán mozogva még kielégítő áramot tud szolgáltatni. A konverziós hatásfok a beállított feszültség stabilitásában fog megnyilvánulni, lemerülő akkumulátornál.

⁶ http://www.trendnet.com/products/proddetail.asp?prod=195_TEW-648UBM (2014.11.12.) [6]

7. ábra Pololu S7V8A⁷ DC-DC

8. ábra DC-DC kimeneti áram kontra konverziós hatásfok

6.2. A szoftveres környezet

Az operációs rendszer egy Debian⁸ 7.5, amely processzor architektúrára fordítva. 3.14-es kernel verzióval. A bootloader uBoot⁹ v2014.01. tölti be a kernelt az SD kártyáról, aminek paraméterben meg van adva az operációs rendszer inicializációs elérése.

⁷ <http://www.exp-tech.de/Shields/Pololu-einstellbarer-Step-Up-Step-Down-Spannungsregler-S7V8A.html> (2014.11.13.) [12]

⁸ <https://www.debian.org/> (2014.11.13.) [7]

⁹ <http://www.denx.de/wiki/U-Boot> (2014.11.13.) [8]

7. MEGVALÓSÍTÁSI MUNKAFÁZISOK

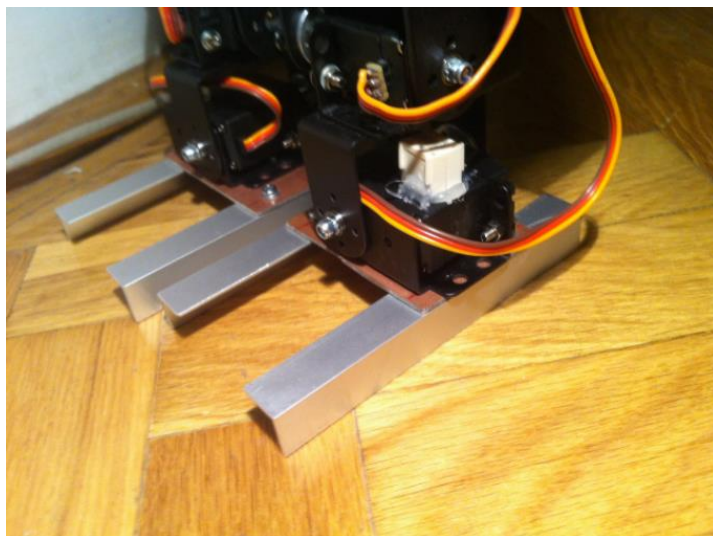
Megoldandó feladatok áttekintése:

Összeszerelés:	A robot megvalósítása
Mozgatás:	Motorok elhelyezése
Pozicionálás:	Az egyes motorok helyzetbe állítása
Összehangolás:	Adatáramlás az alacsony és magas szintű vezérlés között
Hozzáférés:	Hogyan csatlakozik az eszköz IP hálózatra
Kapcsolatbiztonság:	A vezeték nélküli hálózat biztonsága
Elérés:	Milyen módon kérdezhető le az egység magas szintről
Tápellátás:	Milyen betáplálási módszerekkel üzemel az eszköz
Kernel:	Perifériák alacsonyszintű meghajtó programjai
Beágyazott Szoftverek:	Telepített beágyazott szoftverösszetevők

7.1. Összeszerelés

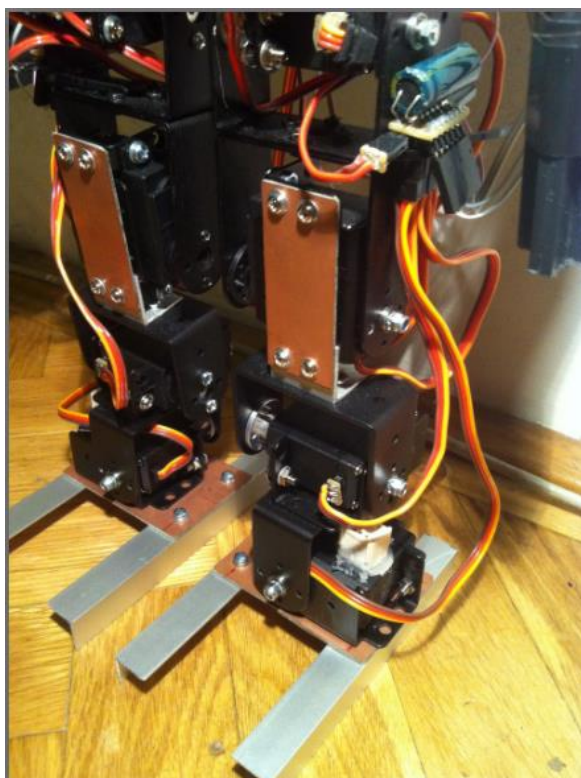
A tartóvázat alumínium, epoxigyanta hordozójú áramköri lap, és nylon műanyag alkotja. Az egyes szerkezeti elemek M3 és M2-es csavarral csatlakoznak egymáshoz. A szervók kétszeresen csapágyazottak belül, és van egy túloldali d8-d3 átmérőjű szárnyas görgőcsapágy önzáró anyával rögzítve.

A talpak kialakításánál szempont volt, hogy a rögzítő csavarok ne érjenek a talajhoz, illetve a lehető legkisebb felületen érintkezzen a talajjal az egyenletes felfekvés érdekében. Ebben a térbeli alkalmazásban valamivel gyorsabban fog kopni a talajjal érintkező szögvas él. Az egy talpra rögzített alsó élek egymáshoz mért külső távolsága 70 mm, és a talajtól 15 mm-el megemeli a szerkezetet. A szervó motor közvetlenül rajta foglal helyet. Ez az első, a lábat oldal irányú elmozdulást lehetővé tevő szervó. Az elmozdulást külső oldal irányban korlátoztam egy 13 mm magas műanyag darabbal.



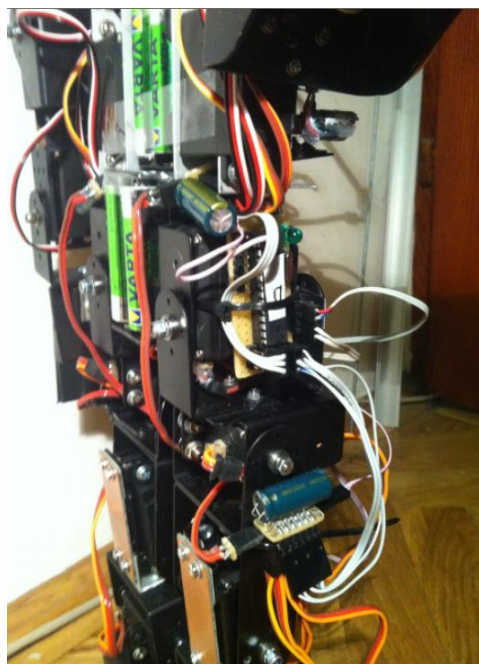
9. ábra A szögvas talpak kialakítása

A boka és térd ízületek egymáshoz egy rövid idommal kapcsolódnak. A két tengely közti távolság 55 mm. A bokában kitérő tengelyek vertikális távolsága 32 mm. Ebben az elrendezésben a szervó motor hosszanti oldala átlóg a comb részbe, ezt egy hosszabb ív fogja körül. itt található a láb tápelosztója is, 2200 μ F 16V kondenzátorral a gyors nyomatékváltozások okozta áramingadozások mérséklésére.



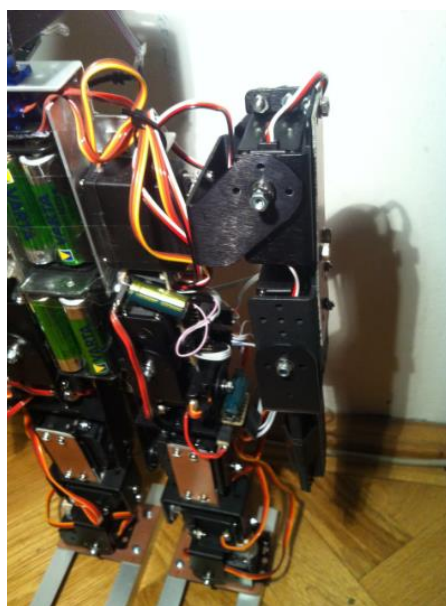
10. ábra A boka és a térd szerkezete

A medence ízület 2 kitérő elrendezésű motorból tevődik össze. itt található az irányítást végző Atmega8 is. Az oldalborda részben a karok tápelosztása kapott helyet, szintén 2200 μ F 16V kapacitással. A comb szár hossza 74 mm. A kitérő tengelyek távolsága megegyezik a bokában levővel, 32 mm.

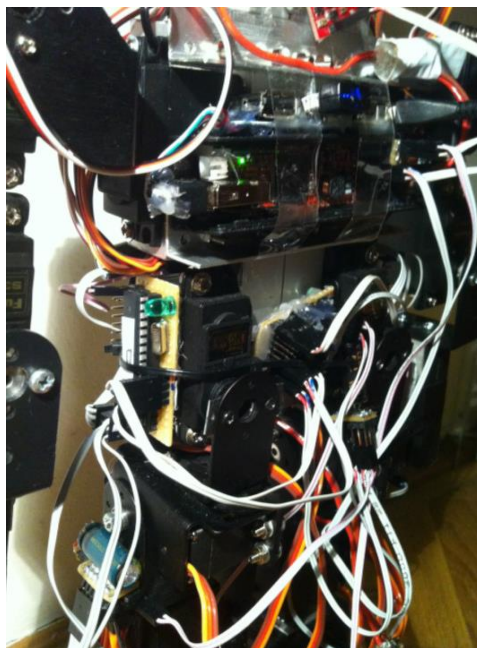


11. ábra Az oldalsó irányítás

A karok a jelenlegi felépítésben 3-3 tengelyűek (*váll és könyök*). Ez később kiegészíthető egy megfogó mechanikával.



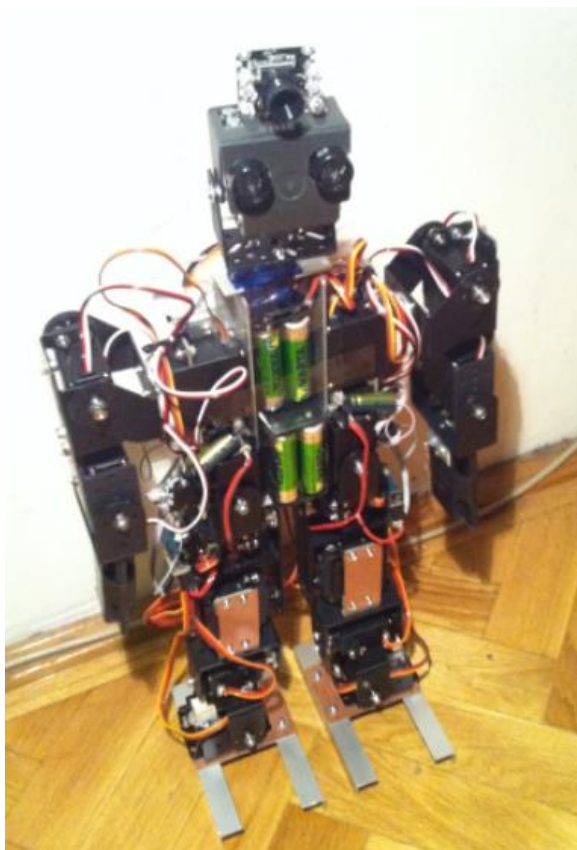
12. ábra 3 tengelyű kar



13. ábra A robot háta

2 szögvas között kapott helyet a vezeték nélküli irányítást biztosító Olimex Nano. A nano tetején egy 4 portos USB hub található, egyik nyílásában a TrendNet Wifi, a másikba a webkamera kábele csatlakozik. Későbbi bővítésre még 2 szabad port áll rendelkezésre. Vese magasságban látható a kommunikáció közösítéses optikai leválasztás és tápelosztás. A hátsó nyaki részen látható egy LSM303DHLR 3 tengelyű gyorsulásmérő és mágneses térérzékelő. A továbbfejlesztésben ez a szenzor fogja biztosítani az egyensúly érzékelést.

A fej 2 mikro szervót tartalmaz, az egyik a vízszintes elfordulást, a másik a bólintást hajtja végre. a Fej tetején található a webkamera. Az ultrahangos távolságmérő (*DFRobot URM V3.2*) egyelőre még nincs használatba véve.



14. ábra A kész szerkezet

7.2. Mozgatás

A szervo motorok a műanyag szervo szárakba M2,5-ös facsavarral, a nagyobb igénybevételű részeknél az alumínium horgonyba acél M3-as fémmenetes csavarral vannak összefogva. A motorok elhelyezésénél igyekeztem a lehető legközelebb hozni őket egymáshoz, hogy minél rövidebb erőkart kelljen a korlátos teljesítmény igénybevétellel mozgatniuk.

7.3. Pozicionálás

A pozicionálást 2x Atmel ATmega8L¹⁰ AVR mikrokontrollerek végzik, 8MHz-es külső kristály oszcillátorral. *(A kristályra az aszinkron kommunikáció miatt van szükség, a belső RC oszcillátor alkalmazása közben minden 60-adik karakter átvitele hibás volt).*

¹⁰ http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8_1_datasheet.pdf
(2014.11.10.) [13]

A parancsokat RS482 rendszerű soros porton olvasható ASCII karakterekkel lehet kiadni, a mikrokontrollerekbe programoztam terminálszerű karakterlánc értelmezőt. Nem definiált parancs, vagy érvénytelen paraméter megadása esetén hibaüzenettel, ellenkező esetben nyugtával tér vissza.

Az értelmezett parancsok listája:

Parancs	Értelmezés	<i>példa</i>
p [ch] [val]	Beállítja a [ch] csatornán az aktuális fel-lefutó élek közti különbséget az alap kitöltés [val] szoros értékére	<i>p 2 31</i>
pr [ch]	Lekérdezi a [ch] csatornán aktuálisan beállított kitöltési szorzó értékét.	<i>pr 2</i>
psave [ch] [val]	Elmenti a nem felejtő EEPROM memóriába a [ch] csatornára vonatkozó [val] értéket	<i>psave 8 27</i>
pget [ch]	Kiolvassa a nem felejtő EEPROM memóriából a [ch] csatornára vonatkozó értéket	<i>pget 5</i>
preset [ch]	Beállítja a [ch] csatorna értékét a nem felejtő EEPROM memóriából kiolvasott [ch] csatornára vonatkozó értékre	<i>preset 4</i>
ee r [addr]	kiolvassa a nem felejtő EEPROM memóriából az [addr] címre vonatkozó értéket	<i>ee r 45</i>
ee w [addr] [val]	Elmenti a nem felejtő EEPROM memóriába az [addr] címre vonatkozó [val] értéket	<i>ee w 62 73</i>
blinky [ton] [tper]	A diagnosztikai LED [ton] kitöltését és [tper] periódusidejét állítja be	<i>blinky 5 60</i>

Közösített busz lévén ki kell egészíteni a parancsot a megfelelő eszközzazonosítóval. Az AVR-ek a nem felejtő EEPROM memóriába előre programozva a „B” és a „D” szimbólumokra figyelnek. Az EESAVE fusebit beállításával elkerülhető a FLASH program újraprogramozásakor történő EEPROM törlés.

Erőforrásigény:

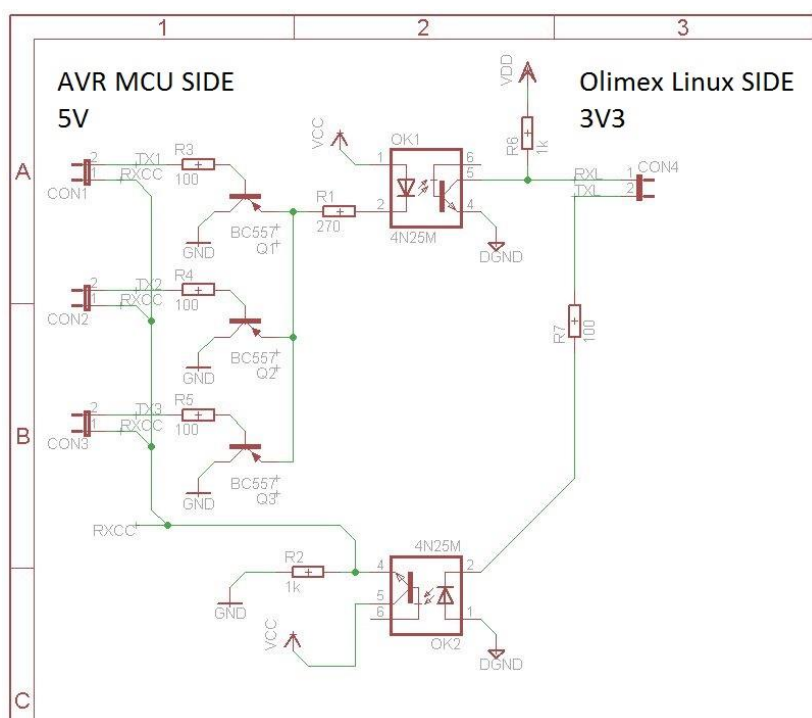
Csatorna-szám	Optimalizálási szint	Program memória (.text + .data + .bootloader)	Adat memória (.data + .bss + .noinit)
0	-O2	4434 bytes (54.1% Full)	474 bytes (46.3% Full)
1	-O2	4792 bytes (58.5% Full)	514 bytes (50.2% Full)
2	-O2	5008 bytes (61.1% Full)	524 bytes (51.2% Full)
...	...	...	...
8	-O2	4924 bytes (60.1% Full)	590 bytes (57.6% Full)
9	-O2	4932 bytes (60.2% Full)	602 bytes (58.8% Full)
10	-O2	4938 bytes (60.3% Full)	612 bytes (59.8% Full)

Az O2-es optimalizálási szint futásidőre optimalizál.¹¹

Az általam írt SoftPWM program 4,4% programmemóriát foglal, és 40 bájt adatmemóriát. Monden egyes pótlólágos csatorna +0,1% kód és +12 bájt adatmemóriát foglal. az elején azért tűnik ki a többlet programmemória foglalás, mert az optimalizálási lépés során a fordító a pár elemes statikus lefutású *for()* ciklust kioptimalizálta direkt értékadásokra, mert az kevés meghívási alkalomnál időben gyorsabban lefut, mint a stack és memória kezelés.

7.4. Összehangolás

A motorok telepről járnak, működés közben zajjal terhelik a tápvonalat, ezért érdemes leválasztani a magas szintű rendszerről optikai izolációval. Az optikai leválasztás ezzel együtt különböző feszültségszintre is illeszt. A tranzisztor emiterkövető kapcsolásban került kialakításra, mivel az UART idle állapotban aktív 1-es szinten van. Domináns jelszint AVR oldalon a „0”, amíg Olimex oldalon az „1”. 9600 bit/s átviteli sebességen stabilan üzemel.



15. ábra optikai leválasztás CadSoft¹² Eagle sematikus rajza.

¹¹ <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Optimize-Options.html> (2014.11.13.) [9]

7.5. Hozzáférés

A hálózatra a WPA-SupPLICANT program csatlakozik, egy előre megadott hálózati azonosító és kulcs ismeretében. Amennyiben a csatlakozás sikeres volt, DHCP-től lekérdezi a hálózat adatait, és IPv4 címet kér a saját részére. A rendszer saját hoszt névvel is rendelkezik, amire rá lehet keresni a helyi hálózat címfeloldó adatbázisában (DNS). Amennyiben a rendszer elveszítené a kapcsolatot a hálózattal, azt egy általam írt script detektálja a mindenkor Gateway pingelésének visszautasításából, és újratekint a kapcsolódási folyamatot mindaddig, amíg el nem éri a legutolsó sikeres DHCP lekérdezés által megadott Gateway-t.

7.6. Kapcsolatbiztonság

A kapcsolat WPA2-PSK titkosítást használó TP-Link WR740N asztali routerrel jön létre. Erre tetszőleges másik wired és wireless végpont is csatlakozhat, amik segítségével a rendszer irányíthatóvá válik.

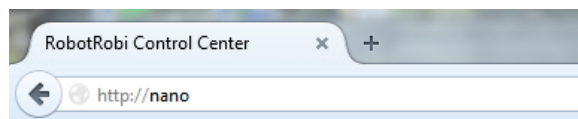
7.7. Elérés

Kétféle elérés is lehetséges:

1. HTTP protokollt használva:

Dedikált kliens programmal nem rendelkező végpontok részére webes elérésen egyszerű lekérdezések hajthatóak végre, illetve megtekinthető a webkamera képe is, mit lát éppen a robot. Ez a webservert közvetlenül a beágyazott rendszeren fut.

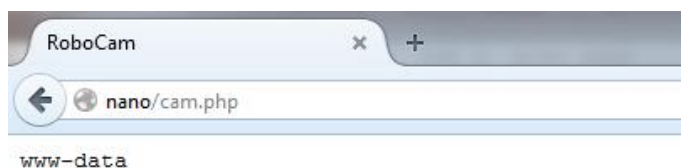
¹² <http://www.cadsoftusa.com/> (2014.11.13.) [10]



RobotRobi Control Center

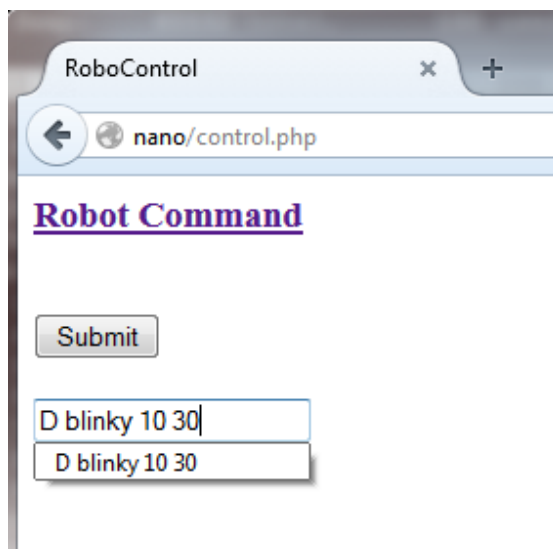
[RoboCam](#)

[RoboControl](#)



cam kepe (2014.11.12.16.33.18)

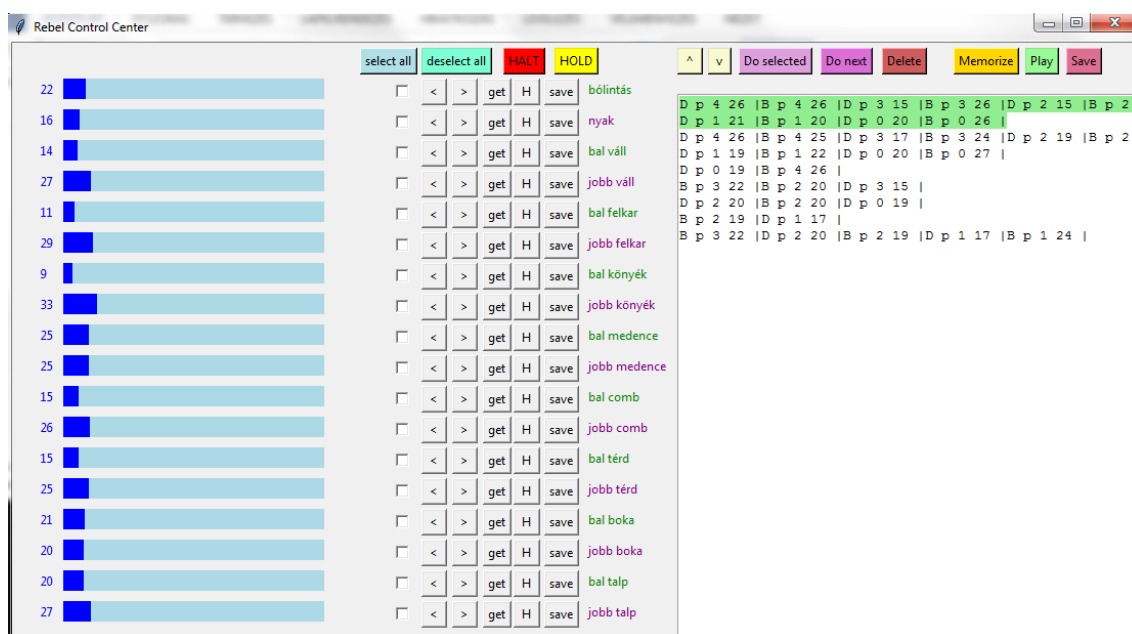
[INDEX](#)



16. ábra Böngésző felület

2. Dedikált kliensprogramot használva:

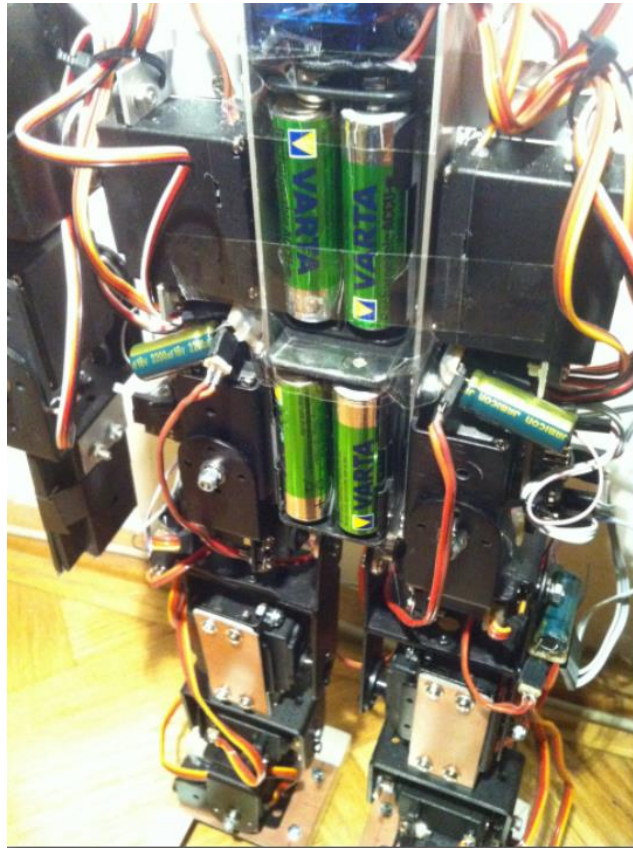
Python3-ban írt UDP kliensben mozgási szekvenciák futtatása is lehetővé válik. Itt tanítható mozdulatok elvégzésére is. Az UDP protokollal jellemzően nincsenek nyugtázások a kiküldött adatokra vonatkozóan, így előfordulhatnak veszteségek is, illetve timeoutok.



17. ábra Dedikált kliens ablak nézete

7.8. Tápellátás

A tápellátást összesen 6 db Varta 2600 mAh NiMH akkumulátorok szolgáltatják. A felső 2 db az Olimex Nano-t egy Step-Up DC-DC konverter segítségével és az USB eszközöket, amíg az alsó közvetlenül a motorokat és a vezérlőjüket táplálja. Az AVR Low-Power kivitelű, szűrőkondenzátorokkal és védődiodával ellen tud állni a nagy feszültség-ingadozásnak és kisfrekvenciás (<60 Hz) vezetett zajoknak, amit a motorok kelthetnek.

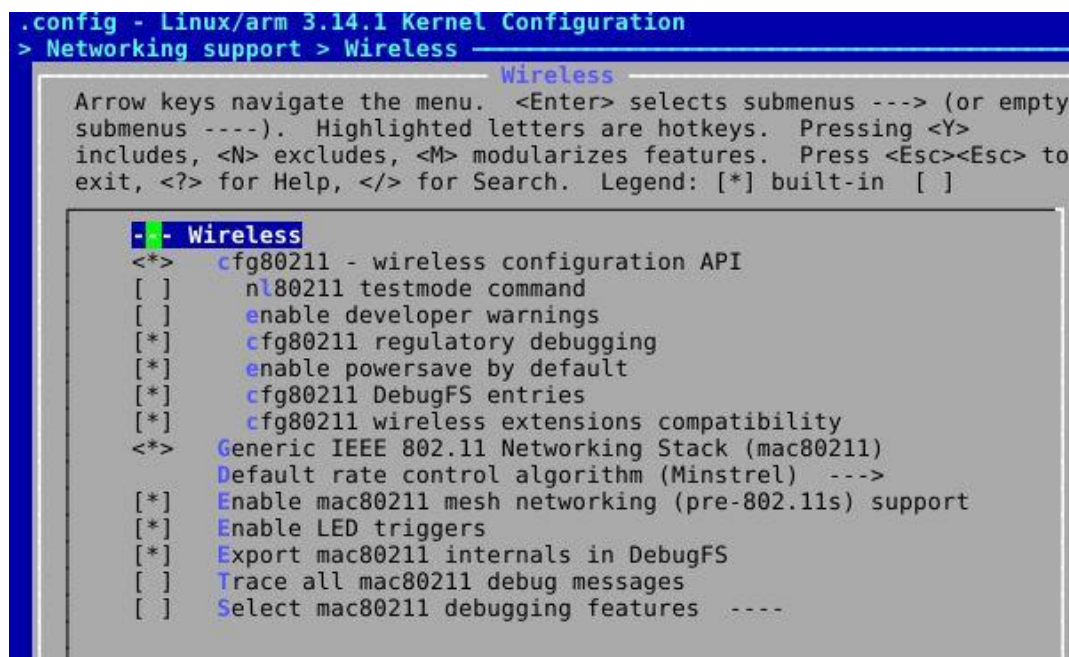


18. ábra Varta 2600mAh NiMH akkumulátorok

7.9. Kernel

A magas szintű hardverelemek kezelésének első fele a kernelben történik. Tehát fontos, hogy a használt komponenseknek megfelelő drivertámogatással rendelkezzen a rendszer. Csak ezeknek az elemek támogatását érdemes lefordítani, az optimális rendszerfuttatási válaszidők és stabilitás érdekében.

A 802.11 hálózati stack támogatása már alacsony szinten, natív kernel modulként is lefordítható:



19. ábra Grafikus kernel konfigurálás Menuconfigban

További szükséges lefordított driverek:

- Realtek RTL8192CU/RTL8188CU USB Wireless Network Adapter
- ZC3XX USB Camera Driver // 046d:08da Logitech QuickCam
- Freescale i.MX28 I2C interface

7.10. Beágyazott szoftverek

Magán az Olinuxino Nano-n futó fontosabb szoftverek:

Program neve	Rövid ismertetés
apache2	Webszerver támogatást biztosít
php5.6	A webszerver futtatja, a végrehajtó C programhoz a fájlrendszerben létrehozott fájlon keresztül juttatja el a weboldalon kiadott kéréseket.
gcc4.8	A vezérlő program szintaktikai szerkesztése fordítása közvetlenül a céleszközön is történhet.
wpa_supplicant	a WPA2-PSK titkosításért és az SSID szerinti access-pointhoz történő csatlakozást bonyolító démon.
dhclient	DHCP kliens szolgáltatást tesz lehetővé. Ezzel a routerről automatikusan IP címet kér le, beállítja az átjárót, és a DNS

	címfeloldási szolgáltatást is felparaméterezi. Előnye lehet, hogy az eszközt a webböngészőben ne csupán az IP címe, hanem a hoszt neve (a jelenlegi nano) alapján is azonosítani lehessen, illetve megtalálni.
nano	terminálban futtatható szövegszerkesztő
openssh-server	SSH elérést biztosít, ami terminált és fájlcserét foglal magában.
fswebcam	webkamerával fényképeket készít, és azt a fájlrendszerben JPG képként menti, amit a webszerver kiszolgálhat a klienseknek.

8. DIAGNOSZTIKA

A rendszer futása közben az alábbi fő paramétereket az OpenSSH kapcsolat alatt a `top` parancs mutatja be:

```

top - 21:16:59 up 6:39, 1 user, load average: 0.03, 0.06, 0.05
Tasks: 68 total, 1 running, 67 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 3.0 us, 5.6 sy, 0.0 ni, 91.5 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
KiB Mem: 50628 total, 48264 used, 2364 free, 1380 buffers
KiB Swap: 65532 total, 1076 used, 64456 free, 18340 cached

  PID USER      PR  NI  VIRT  RES  SHR  S   %CPU  %MEM    TIME+  COMMAND
 21677 root        20   0  4684 1376 1052 R    2.9   2.7   0:02.84 top
 21650 root        20   0     0     0   0 S    1.3   0.0   0:00.85 kworker/u2:2
   390 root        20   0  4640 1380 1152 S    1.0   2.7   0:45.53 autowifi.sh
12131 root        20   0  9420 3004 2404 S    0.6   5.9   0:05.28 sshd
 21743 root        20   0  3184  496  440 S    0.6   1.0   0:00.02 sleep
 21745 root        20   0  3184  496  440 S    0.6   1.0   0:00.02 sleep
    7 root        rt    0     0     0   0 S    0.3   0.0   0:03.51 watchdog/0
   389 root        20   0  1748  516  448 S    0.3   1.0   1:15.09 sh
    1 root        20   0  5216 2164 1576 S    0.0   4.3   0:04.80 systemd
    2 root        20   0     0     0   0 S    0.0   0.0   0:00.01 kthreadd
    3 root        20   0     0     0   0 S    0.0   0.0   0:23.62 ksoftirqd/0
    5 root         0 -20     0     0   0 S    0.0   0.0   0:00.00 kworker/0:0H
    8 root         0 -20     0     0   0 S    0.0   0.0   0:00.00 khelper
    9 root        20   0     0     0   0 S    0.0   0.0   0:00.34 kdevtmpfs
   10 root         0 -20     0     0   0 S    0.0   0.0   0:00.00 writeback
   11 root         0 -20     0     0   0 S    0.0   0.0   0:00.00 kintegrityd
   12 root         0 -20     0     0   0 S    0.0   0.0   0:00.00 bioset

```

20. ábra A `top` parancs Putty¹³ terminálos pillanatképe

¹³ <http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/download.html> (2014.11.12.) [11]

Az elérhető 50 megabájt RAM-ból 48 megabájt van használatban, és 2 megabájt szabad, a processzor aktuális kihasználtsága 3%, az elmúlt 5 percben átlagosan 6%, volt. Megállapítható, hogy javasolt a memória bővítése, azonban az iMX233 processzor fizikailag nem képes 64 megabájtól több memóriát megcímezni. A processzor alacsony kihasználtsága azt jelzi, hogy nincs aktív processzor erőforrást igénybe vevő alkalmazás. Ez részben a C programon belüli `usleep()` rendszerhívásnak is köszönhető, ami beágyazott rendszerek energia megtakarítását segíti.

A step-up konverteres elrendezés minimum 2 órás aktív hálózati üzemidőt biztosított. 2 órát meghaladva a rendszer előre nem meghatározott időpontban (+30-60 perc) reset állapotba került.

9. ALKALMAZHATÓSÁG, TOVÁBBFEJLESZTHETŐSÉG

A jelenlegi kommunikációs protokoll teljes mértékben használható egy külvilágtól védett vezeték nélküli hálózaton történő kommunikációra. További cél a hálózaton belüli titkosítás bevezetése, hogy más folyamatok se olvasni se manipulálni ne tudják a vezérlési és információszerzési adatfolyamot.

A robot képességei bővülni fognak valós idejű képfelismeréssel, illetve egyszerűbb döntések meghozására képes mesterséges intelligenciával.

10.FORRÁSJEGYZÉK

- [1] <http://infoscience.epfl.ch/record/63245/files/fullpaper11pham.pdf> (2014.10.25.)
- [2] <https://www.kernel.org/category/about.html> (2014.10.25.)
- [3] http://www.jann.cc/2013/05/04/imx233_olinuxino_current_state.html (2014.11.13.)
- [4] http://w1.fi/wpa_supplicant/ (2014.11.13.)
- [5] <https://www.olimex.com/Products/OLinuXino/iMX233/iMX233-OLinuXino-NANO/> (2014.10.28.)
- [6] http://www.trendnet.com/products/proddetail.asp?prod=195_TEW-648UBM (2014.11.12.)
- [7] <https://www.debian.org/> (2014.11.13.)
- [8] <http://www.denx.de/wiki/U-Boot> (2014.11.13.)
- [9] <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Optimize-Options.html> (2014.11.13.)
- [10] <http://www.cadsoftusa.com/> (2014.11.13.)
- [11] <http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/download.html> (2014.11.12.)
- [12] <http://www.exp-tech.de/Shields/Pololu-einstellbarer-Step-Up-Step-Down-Spannungsregler-S7V8A.html> (2014.11.13.)
- [13] http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8_l_datasheet.pdf (2014.11.10.)