

Mozgáskorlátozottak számára fejlesztett járművezérlő rendszer

Szakállas Gábor¹ - Székely János Ádám^{2✉} - Titrik Ádám³

Phd hallgató¹, Bsc hallgató², PhD hallgató³

Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék

✉E-mail: szekelya@sze.hu

Abstract: Sokféle vezérlő rendszer létezik mozgáskorlátozottak számára. Szót ejtünk ezek közül néhányról, majd bemutatjuk az általunk fejlesztett újfajta inputot, melyet mozgáskorlátozottak számára kialakított közlekedési eszközöknél alkalmazunk. Az elképzelésektől a megvalósításon át, az alkalmazott modulokig átfogó képet adunk az inputról és annak lehetőségeiről. Az első kísérletek kapcsán kitérünk a jövőbeli továbbfejlesztésekre is.

1. BEVEZETÉS

Sokan dolgoznak mozgáskorlátozottak számára kialakított vezérlő rendszereken. Néhány ilyen vezérlő rendszer bemutatása után egy újfajta inputról olvashat.

Szót ejtünk az új eszköz felépítéséről, a megvalósított prototípusról, majd taglaljuk annak használhatóságát és lehetőségeit.

Arra törekszünk, hogy az új inputot minél alacsonyabb költségekkel valósítsuk meg, ezáltal minél több felhasználó számára elérhetővé váljon.

2. MOZGÁSKORLÁTOZOTT JÁRMŰVEK VEZÉRLŐ RENDSZEREI

Joystick

Az utóbbi időben a joystick általánossá vált számos ipari, gyártási alkalmazásoknál és mozgáskorlátozottak számára kialakított kerekesszékekénél. A legtöbb joystick kétdimenziós, két tengelyen mozog. Minden mozgást, irányváltást joystickkal vezérlünk. A sebesség és a gyorsítás egyenes arányban követi a joystick mindenkori helyzetét.



1. ábra: Joystick, elektromos mozgáskorlátozott járművön.

Sip 'n' puff (SNP)

Az SNP technológia egy berendezés segítségével a légnyomásváltozással vezérel, amit a felhasználó egy csőben a szájával képez. A beszívás és kifújást figyeli a berendezés. Azoknak a mozgáskorlátozottaknak fejlesztették ki, akik nem tudják használni a kezüket.



2. ábra: SNP

Tipikus alkalmazása az SNP technológiára a kerekesszék vezérlése. A vezérlése általában négy különböző inputtal rendelkezik. Előre menethet a felhasználónak erősen bele kell fújnia a csőbe, megállásnál pedig erősen beleszívnia. Hátramenetnél először erősen bele kell szívni, megállásnál pedig fújni. Folyamatos lágy fújásnál a kerekesszék balra, szívásnál pedig jobbra fordul. A fordulás mértéke a fújás / szívás hosszától függ [1].

Fejbiccentéssel vezérlés

A fejbiccentéssel vezérlés is egy olyan irányítási módozat ami, azokon a mozgáskorlátozottakon kíván segíteni, akik nem tudják kezüket használni az irányítási műveletek elvégzéséhez. A fej előre hajtásával gyorsítunk, hátrahajtásával fékezünk. A jármű kormányzása a fej jobbra illetve balra biccentésével történik. A fejtámlánál a párázatba helyeztet nyomásérzékelők, illetve az álnál elhelyezett kar látja el ezeket a feladatokat.

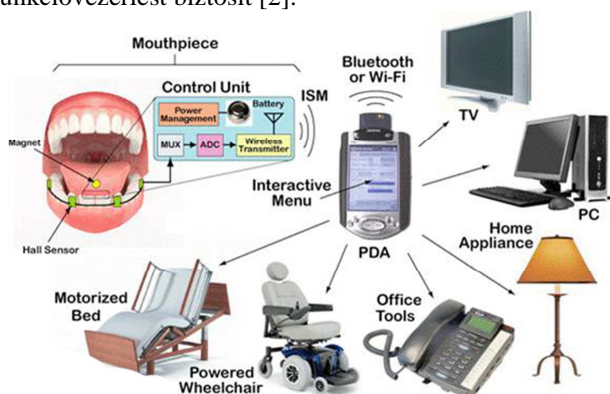
Nyelvvezérlés (TDS)

A TDS (vagyis Tongue Drive System) a nyelv mozgását követi. Egy rizsszem méretű neodínium mágneset beágyaznak egy biokompatibilis anyagba (például titán). Ezt a nyelvbé piercingként vagy implantátumként ültetik. Ezután a mágnes által generált mágneses mezőt egy sor magneto rezisztív érzékelővel mérik. Ezeket az érzékelőket (HALL szenzorok) a fogak külső oldalához rögzítik (belső TDS vagy iTDS), vagy egy headset-en (külső TDS vagy eTDS) a száj közelében helyezik el a felhasználó arcán. A

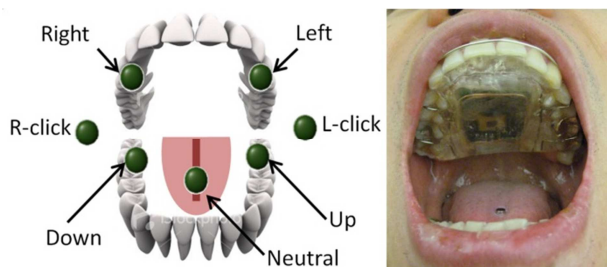
szenzor kimenete erősítve, multiplexelve, majd digitalizálva küldi tovább a jeleket egy külső vezérlő egységbe, vezeték nélküli hálózaton.

A jeleket a külső vezérlő veszi, amely lehet egy hordozható számítógép vagy egy okostelefon. A külső eszközök feldolgozzák a jeleket és jelzi az állandó mágnes helyzetét, mozgását, egyúttal a nyelv helyzetét is a szájüregben. Minden egyes mozgáshoz rendelhető egy vezérlő funkció, amelyet a felhasználó személyre tud szabni a készülék használata során. Ezek a felhasználó által definiált vezérlő funkciók működtethetik a felhasználni kívánt eszközöket, beleértve a számítógépet, telefont, szórakoztató elektronikai berendezéseket, elektromos kerekesszéket, stb.

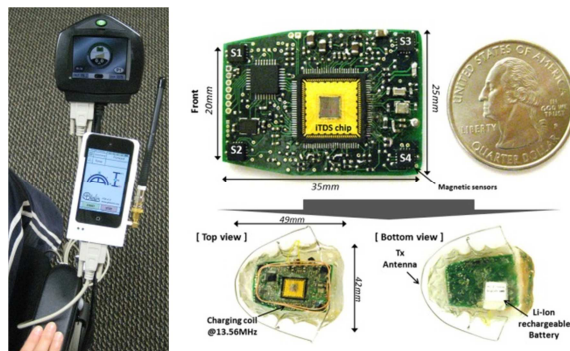
A mágneses szenzorok által mért mágneses mezőben a jelek lineárisak, ezért az érzékelők képesek a legkülönbözőbb nyelvmozdulatokat is rögzíteni (folyamatos pozíciófüggő tulajdonság). Ennek a mechanizmusnak előnye a kapcsoló alapú eszközökhöz képest, hogy a felhasználó rendelkezik szabályozási opciókkal, mint a fuzzy vagy adaptív szabályozás, amely egyenletesebb, gyorsabb és természetesebb funkcióvezérlést biztosít [2].



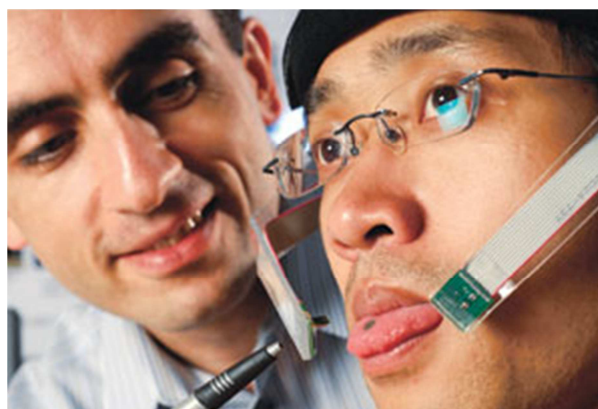
3. ábra: iTDS - Az alsó fogsor fogaihoz van rögzítve.



4. ábra: iTDS - Egy újabb változatnál a szenzorokat a szájpadlásra rögzítik. Működése hasonlít az előző változathoz.



5. ábra: iTDS – Külső vezérlő egység és szájpadlásra rögzített elektronika.



6. ábra: eTDS – Külső TDS

A TDS technológia költségeire vonatkozóan kevés információ áll rendelkezésemre, de úgy vélem, magas anyagi vonzattal járó megoldás.

A technológiával kapcsolatban felmerülnek kérdések is: Mik a technológia élettani hatásai?

Alkalmazása befolyásolja a kommunikációt?

További vezérlő applikációk:

- Gondolatvezérlés (Neuroheadset)
- Hangvezérlés
- Nyomógombos számítógépes interface

3. ÚJ LEHETŐSÉG A JÁRMŰIRÁNYÍTÁSBAN

Rendszerrel szemben állított követelmények:

- bárki számára egyszerű alkalmazhatóság,
- alacsony költség (low cost),
- kényelem,
- kisméretű és tömegű elektronika,
- ellenálló képesség a környezeti hatásokkal szemben,
- biztonságos működés, többszörös védelem,
- vezeték nélküli, mobil egység,
- nagy kapacitású akkumulátor.

Elképzelések

Készítsünk egy olyan eszközt, amelyet ujjaink mozgásával irányítunk.

Ujjainkkal viszonylag sok input létrehozására van lehetőség: egy kéz ujjainak hajlításával (összesen 5-féle ujjhajlítás) és az ujjpercek érintésével (összesen 4-féle ujjpár érintés), továbbá 2, 3, 4 vagy 5 ujj egyszerre történő behajlításával és azok kombinációjával. De az utóbbiak nem kényelmes beviteli módok és nem is mindenki képes ezen mozdulatokra.

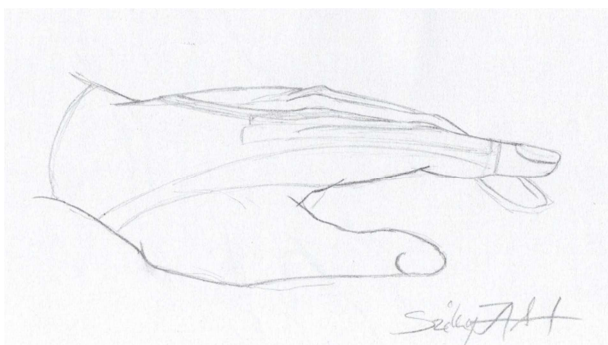
Az első prototípusnak mindössze 5 feladatot kell ellátnia.

Inputok és kombinációk:

1. Mutatóujj hajlítása,
2. középsőujj hajlítása,
3. mutatóujj és hüvelykujj összeérintése
4. középsőujj és hüvelykujj összeérintése
5. középső- és mutatóujj egyszerre hajlítása

Ezekhez az ujjmozdulatokhoz rendeljük hozzá későbbiekben a feladatokat.

Kezdetektől fogva arra törekszünk, hogy minél olcsóbb, ezáltal minél több felhasználó számára elérhető eszközt készítsünk. Ennek érdekében minimalizáljuk a szenzorok számát. Különösen fontos szempont továbbá, hogy kényelmes és könnyen használható eszköz alapjait alkossuk meg. Ezért a három legtöbbször használt ujjunkra rögzítjük a szenzorokat, vagyis a hüvelyk-, a mutató- és a középsőujjra.

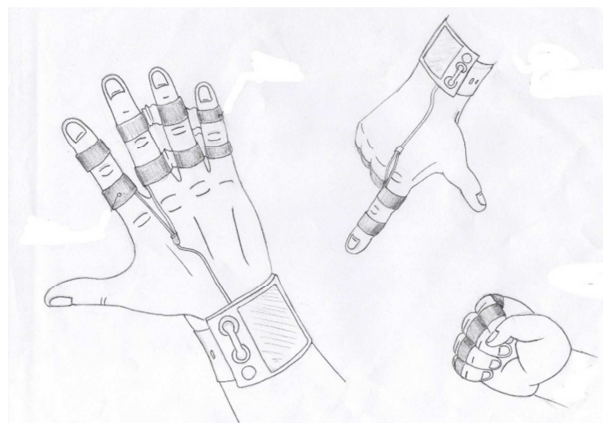


7. ábra: Papírra vetett elképzelések 1.

Mindennapjainkban kezünket / kézfejünket számtalan helyzetben használjuk. Például megérintünk tárgyakat, elsimítunk egy hajtincset a szemünk előtt, elhessegetünk valamilyen rovar, stb. Még metakommunikáció során is végzünk kézmozdulatokat: integetünk, kezét fogunk, stb.

Ebből kifolyólag a három szenzor mellett az eszközön elhelyezésre kerül egy nagy, jól észrevehető nyomógomb. A gomb segítségével a felhasználó azonnal képes megszakítani az irányítási folyamatot és leállítani a járművet.

A tájékoztatói funkciókat egy LCD kijelző látja el, amin az idő, az akkumulátor töltöttségi szintje és a járműadatok (például: járműsebesség) jelezhetőek ki.



8. ábra: Papírra vetett elképzelések 2.

Előfordulhat, hogy az eszköz használójának segítségre van szüksége. Ilyen esetben a GPS koordináták megadásával könnyíthető és gyorsítható a segítségnyújtás. Ezért megjeleníthetünk GPS koordinátákat is GPS modul csatlakoztatásával. Természetesen ezek a modulok jelentősen megnövelik a készülék költségét.

Az eszközünk előnye, hogy nem helyhez kötött, mint a joystick. Akár kezünket ölünkbe téve is vezérelhetjük.

Az első prototípus csak alapfeladatokat fogja ellátni. A későbbiekben természetesen bővíthető.

Megvalósítás:

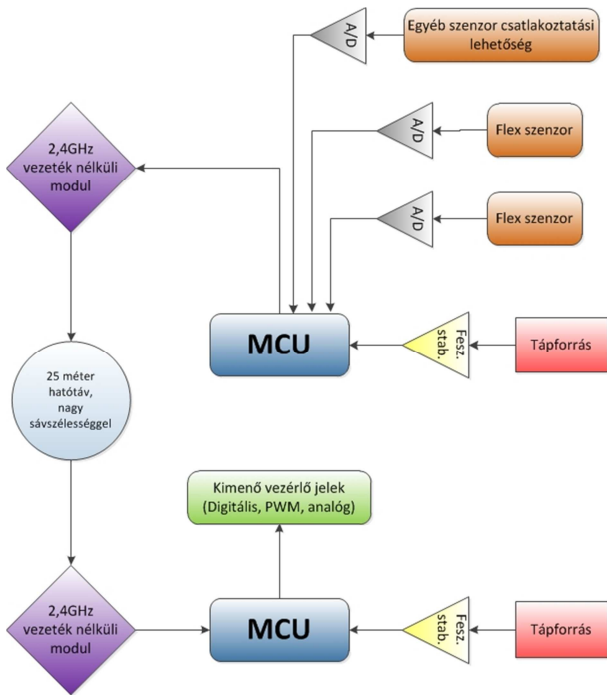
Az ujjak mozgásának detektálását egy három-ujjas kesztyűre rögzített szenzorok látja el. Erre szereljük a mikrokontrollert és a kommunikációs modult.

A kézre felhúzható egység kialakításánál fontos szempont, hogy az ne zavarja, nehezítse a mozgást, ezért sztreccs anyagú.

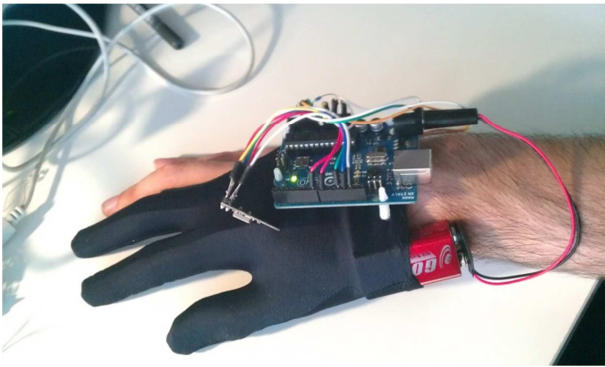
A programozó egység távtartókkal van rögzítve a szövethez. Az egységhez két darab elhajlás érzékelő fólia (flex szenzor) és egy nyomásérzékelő fólia csatlakozik.

A lenti ábra (9. ábra) mutatja be a rendszer felépítését.

Az elhajlás érzékelők feszültség változását műveleti erősítőn keresztül mérjük. A mért jelet digitalizáljuk, 10 bitre bontjuk fel, amit a mikrokontroller továbbküld a külső vezérlő egységnek. A mobil platform csupán a szenzor azonosítóját és változó értékét küldi a külső vezérlőnek. Ez energiagazdaságosabb megoldás, mintha a kesztyű végeznél el a számításokat és továbbítaná az utasításokat. Így kisebb processzort alkalmazhatunk a három-ujjas mobiliszközben. A külső vezérlő feldolgozza a fogadott adatokat és ennek megfelelően végzi el az utasításokat.



9. ábra: Rendszerábra



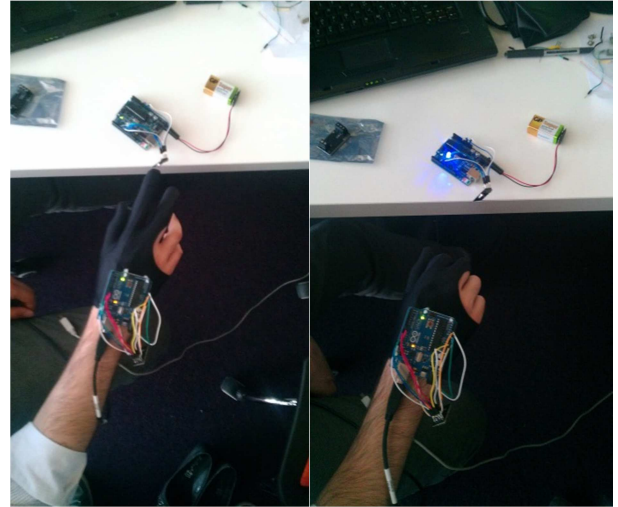
10. ábra: Első prototípus



11. ábra: A külső vezérlő egység és a három-ujjas kesztyű

Az első tesztelés során a feladat az, hogy vezeték nélküli hálózaton egy LED fényerejét vezéreljük az ujjunk behajlításával. A fényerőt PWM jellel, vagyis impulzus

szélesség modulációval változtatjuk. A PWM jel a későbbiekben felhasználható a motorok vezérlőjébenél.

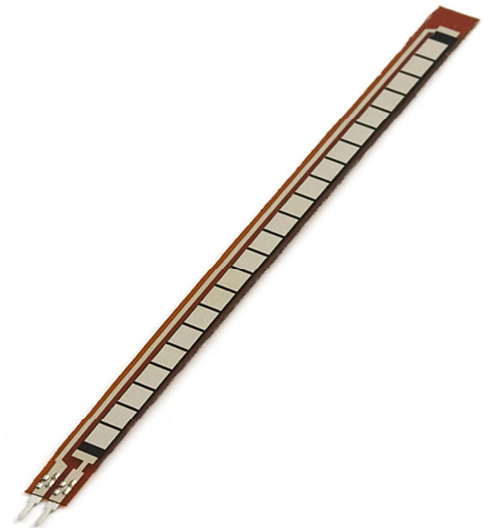


12. ábra: Első kísérlet

Felhasznált alkatrészek, modulok

Elhajlás (FLEX) szenzor

Az elhajlás érzékelő szenzor egy keskeny, hosszú fólia csíkból áll. A fóliára felgőzöléssel viszik fel az ellenállás sávot. Hajlítás következtében ez az ellenállás sáv megnyúlik, ami révén ellenállás változás következik be. Hasonló megoldást használnak a nyúlásmérő bélyegeknél. Kereskedelemben megvásárolható elhajlás érzékelők különböző hosszúságban, geometriában kaphatóak.



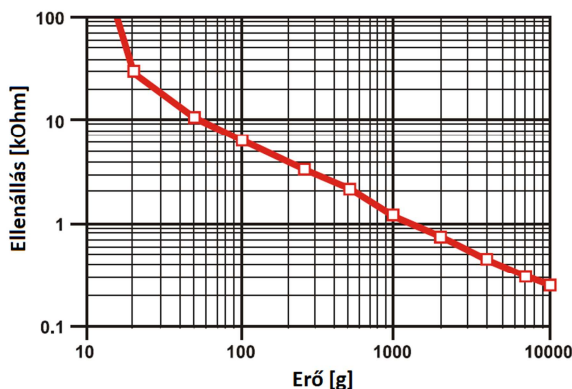
13. ábra: Elhajlás érzékelő

Erőmérő szenzor

Az erőmérő szenzor (továbbiakban FRS = Force Resistive sensor) egy viszonylag vastag polimer film (PTF), amely

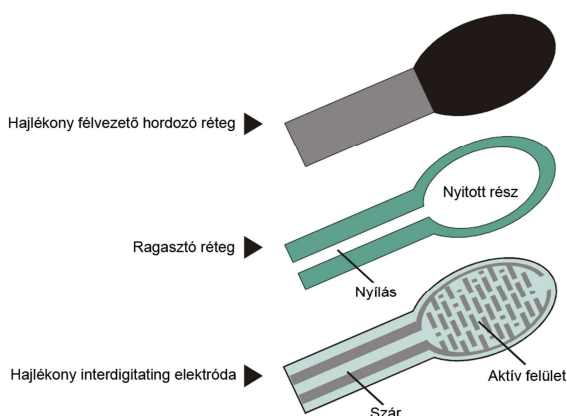
erő hatására csökkenti az ellenállását egy aktív felületen. A szenzor érzékenysége az emberi érintésre optimalizált, így kiváló érintéssel vezérelt berendezéseknél. Az FRS alkalmatlan pontos erőmérésre, mert nem erőmérő cella vagy nyúlásmérő bélyeg, bár hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek.

Az 14. ábra mutatja az erő és az ellenállás függvényének jellemzőit. Az értelmezési tartomány, az erő és az ellenállás adatok log/log formában láthatóak a grafikonon. Ezek az adatok reprezentatívak. Az ábrán látható erő-ellenállás karakterisztika egy 12,7mm átmérőjű kör geometriájú aktív területtel rendelkező szenzoré.



14. ábra: FRS karakterisztika

A 14. ábra szemlélteti, hogy kis erő hatására az erő-ellenállás karakterisztika hirtelen változik; úgy viselkedik, mint egy kapcsoló. Ez a „turn-on” szakasz, vagyis a bekapcsolási küszöb, vagy „break force”. Ezen a szakaszon az ellenállás értéke hirtelen megnő, így a változás egyértelmű. A változás 10kOhmos vagy akár 100kOhmos is lehet, ez függ a hordozó és a fedő réteg vastagságától, rugalmasságától; az aktuátor méretétől és alakjától, valamint a ragasztó vastagságától.



15. ábra: FRS felépítése



16. ábra: Erőmérő szenzor (FRS)

Tápellátás

Tápforrásként a prototípushoz egy 9V-os elemet alkalmazunk. Legfőbb előnyei közé sorolható, hogy bárhol beszerezhető és mivel ebben az esetben nem fix akkumulátorral rendelkezik a készülék, a tápellátás meghibásodása esetén a táp könnyen cserélhető.

Hátránya, hogy energetikai szempontból gazdaságtalan, hiszen a mikrovezérlő 5V-ra alakítja a feszültséget. További hátrányai közé sorolhatjuk a méretét, a tömegét, a kapacitását és az alakját.

Értelemszerűen más lehetséges megoldások is felmerülhetnek. Például az AA vagy az AAA elem/akkumulátor. Három darab AA vagy AAA akkumulátor elhelyezése 3,6 voltot (3*1,2V) eredményez. A szükséges 5V feszültséget egy úgynevezett STEP-UP konvertáló áramkörrel, nagy hatásfokkal el lehet érni. Sőt az AA akkumulátorokkal még nagyobb kapacitás is elérhetővé válna (a 9V-os elemekhez képest). De az AA és az AAA elemtartók méretei is túl nagyok a kívánt követelmények eléréséhez.

A legmegfelelőbb tápegység a lítium akkumulátor lehetne, mert megfelelő kapacitással, kisebb geometriával és tömeggel rendelkeznek. Ellenben elhelyezése számos nehézségbe ütközik: töltőáramkör, STEP-UP konverter, töltöttségi szint kijelzés. Magasabb anyagi vonzattal jár, mint a fenti applikációk, ami ellentmond célkitűzésünknek, miszerint alacsony költségvetésű eszközt készítsünk [[3]].

Vezeték nélküli modul

Mindkét egységbe nFR24L01 vezeték nélküli chipet használunk. Az nFR24L01 egy rádiófrekvenciás adó-vevő lapka, ami a világon elfogadott 2,4-2,5 GHz ISM sávzsélességen üzemel. Az adó-vevő egy teljes mértékben integrált áramkör. Integrálva van benne: frekvencia szintetizátor, teljesítményerősítő, kristály oszcillátor, modulátor, demodulátor, és Enhanced ShockBurst™

protokol. A kimeneti teljesítmény, frekvencia csatornák (125RF csatorna) és a protokol beállítások könnyen programozhatóak az SPI interfészen keresztül. A jelenlegi beállításokkal fogyasztása nagyon alacsony, mindössze 9.0mA. Kimenő teljesítménye 6dBm RX módban. Energiatakarékossá a beépített „Power Down” és a készenléti üzemmód teszi.

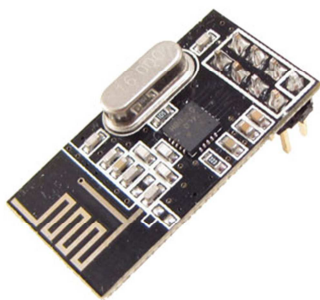
Számos területen alkalmazzák ezt a lapkát: vezeték nélküli számítógépes beviteli eszközöknél (egér, billentyűzet, joystick), vezeték nélküli adatkommunikációnál, riasztó-biztonsági rendszereknél, otthonautomatizálásnál, járműveknél, telemetriában, intelligens sporteszközöknél, ipari szenzoroknál és gyermekjátékoknál is.

nFR24L01 vezeték nélküli chip adatai:

| Paraméter | Érték |
|--|-------------|
| Minimális tápfeszültség | 1,9 V |
| Maximális kimeneti teljesítmény | 0 dBm |
| Maximális adatátviteli sebesség | 2000 kbps |
| TX módban felvett áram (0dBm kimeneti teljesítménynél) | 11,3 mA |
| RX módban felvett áram (2000kbps adatátviteli sebességnél) | 12,3 mA |
| Hőmérséklet tartomány | -40 - +85°C |
| Érzékenység (1000kbps adatátviteli sebességnél) | -85 dBm |
| Felvett áram „Power Down” módban | 900 nA |

Továbbá azért esett erre a vezeték nélküli adóvevőre választásunk, mert alacsony költségű és megfelelő (2000kbps) sávszélességű. Hatótávolsága nem nagy, mivel a nyomtatott áramkörön kialakított antenna található.

Az SPI interfészen keresztül konfiguráltuk a kommunikációs csatornákat, mindegyik csatorna egyedi ID-vel lett ellátva, így minden kesztyű különböző azonosítóval rendelkezik. Jelenleg kisebb hatótávra van konfigurálva.



17. ábra: Vezeték nélküli modul (NRF24L01+)

Továbbfejlesztésként egy bluetooth kommunikációs technológián alapuló verzió is készül, amivel okostelefon, tablet PC, laptop csatlakozási lehetőséget is igénybe vehetne a felhasználó. Ehhez a verzióhoz további kísérletek

szükségesek, hogy eleget tesz-e a jövőbeni felhasználók elvárásainak [[4]].

4. ÚJ ESZKÖZ CSATOLÁSA A JELENLEGI RENDSZEREKBE

A vezérlő kesztyűtől érkező jelek feldolgozását és beavatkozását egy külső vezérlőegység látja el. Ezt az egységet úgy tervezzük meg, hogy a motorvezérlőnek megfelelő jelet adjon, tehát szinte bármilyen elektromos mozgáskorlátozott járműbe beilleszthető, illetve lecserélhető az addigi kapcsolóalapú vezérlőegység is. A külső vezérlő egység egy motormeghajtó rendszerhez történő illesztése a közeljövőben történik meg.

5. BIZTONSÁGI KÉRDÉSEK, TERVEZETT KÍSÉRLETEK

Biztonsági rendszerek:

Fontos, hogy a három-ujjas kesztyű csak akkor küldjön jeleket a vezérlő egységnek, ha a mozgáskorlátozott a járműben ül. Ezen biztonsági okokból egy nyomógomb kerül beépítésére az ülőrész alá.

Ha a felhasználó a járműbe ül, a nyomógomb benyomódik és jelet ad a rendszernek, ami engedélyezi a kesztyű használatát, miután a felhasználó a kesztyűn lévő jól látható gombot is megnyomja. (A kesztyűn lévő gomb funkcióját a 3. pontnál taglaltuk.) Amennyiben a mozgáskorlátozott felhasználó kiesne a járműből, az azonnal leáll.

Az ujjhajlítás műveletének ideje miatt szükséges „Dead time” (500-1500ms holtidő) definiálása a vezérlő programba, hogy az ujjmozdulatok váltásával a vezérlési feladat zavarmentesen működjön.

A kísérletek során további feladatokat, funkciókat rendelünk hozzá a különböző ujjmozdulatokhoz:

- Elektromos motor meghajtó rendszerhez illesztés
- Bluetooth technológiás adatátvitel, kijelzés okostelefonon

A kísérletek révén a rendszer használhatóságát, biztonságosságát és vezérlőprogram finomítását javítjuk.

TOVÁBBI CÉLOK

- Tápegység lecserélése újratölthető lítium akkumulátorokra
- Töltőegység építése
- Egyedi erre a célra varratott kesztyű készítése
- Több szenzor beépítése (5 ujjas kivitel) és adatainak küldése a külső vezérlő elektronikának.
- az elektronika miniatürizálása (egy alaplapra szerelve),
- kijelző elhelyezése, (2x8 karakteres, vagy kisméretű grafikus)
- kétirányú kapcsolat létrehozása a jármű felől is,
- GPS modul elhelyezése a kesztyűn

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során arra törekedtünk, hogy jól alkalmazható, mégis alacsony költségekkel járó eszközt fejlesszünk mozgáskorlátozottak számára.

Olyan eszközre törekedtünk, amely minél többfajta input bevitelére alkalmas. Az ujjak mozgásának sokfélesége adta az ötletet, hogy a beviteli forrás egy kesztyű legyen.

Az első prototípus egy három-ujjas kesztyű, amely első tesztelés során vezeték nélküli hálózaton keresztül egy LED fényerejét változtatjuk az ujjunk behajlításával.

A jövőben elkészülő bluetooth kommunikációval rendelkező egység nagyobb szabadságot ad a felhasználónak az eszközvezérléssel kapcsolatban, hiszen a TDS technológiához hasonlóan egyik előnye a környezet

vezérlése. Például a telefon, a számítógép, a szórakoztató elektronikai berendezések, az automatizált otthoni egységekre és az elektromos jármű vezérlése.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Sip and Puff - http://www.orin.com/access/sip_puff/
- [2] Maysam Ghovanloo – TDS, <http://gtresearchnews.gatech.edu/tonguedrive3/>
- [3] Versa Point Technology - Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog
- [4] NORDIC SEMICONDUCTOR – Single chip 2,4GHz Transceiver (nRF24L01) – Preliminary Product Specification