

Óbudai Egyetem

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Műszertechnikai és Automatizálási Tanszék



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

JELNYELVET FORDÍTÓ KESZTYŰ SZÖVEGRE ÉS HANGRA

Szerző(k): **Kecskeméti Zsombor**
villamosmérnök BSc. szak, IV. évf.

Konzulens(ek): **Molnár Zsolt**
egyetemi tanársegéd

Budapest, 2022

Tartalomjegyzék

Tartalom

1. Köszönetnyilvánítás	1
2. Bevezető	2
3. Elméleti háttér	3
3.1. Múltbeli kultúra	3
3.2. Napjaink információ cseréje	4
4. Magyar jelnyelvi ujj-ABC.....	7
4.1. Jelnyelv fajtái a világon.....	7
4.2. Magyar jelnyelv.....	9
4.2.1. Jelek formája.....	9
4.2.2. Szófajok	10
4.3. Mondatok.....	11
4.3.1. Egyszerű mondatok.....	11
4.3.2. Összetett mondatok.....	13
4.4. Szövegalkotás	14
5. Jelenlegi helyzet a hallássérülteket segítő eszközök piacán.....	15
5.1. Oktatás és kommunikációt segítő eszközök	15
5.2. Oktatási eszközök	16
6. Jelkesztyű korábbi változatai	18
6.1. Koordináta-rendszerrel összekapcsolt kesztyű.....	18
6.1.1. Kesztyű felépítése	18
6.1.2. Konklúzió.....	21
6.2. Kézdetektálás és gesztusfelismerés színes kesztyűvel	21
6.2.1. Kesztyű felépítése	23
6.2.2. Kéz követése	23
6.2.3. Konklúzió.....	25
7. Végleges verzió	26
7.1. Kesztyű felépítése.....	26
7.1.1. Szerelőkesztyű	26
7.2. Hajlítás érzékelő	27

Budapest, 2022

7.2.1. Hajlítás érzékelő kiolvasása	28
7.3. HC-05 Bluetooth modul	28
7.3.1. HC-05 modul specifikáció	28
7.3.2. HC-05 kivezetés kiosztás	29
7.4. Arduino Uno	30
7.4.1. Arduino Uno specifikáció	30
7.5. Applikáció	31
8. Kesztyű működése.....	32
8.1. Hajlítás érzékelő és az Arduino Uno kommunikációja	32
8.2. Arduino Uno és a HC-05 Bluetooth modul kommunikációja	33
8.3. HC-05Bluetooth modul és az applikáció kommunikációja.....	35
9. Fejlesztési lehetőségek	36
9.1. Kesztyű napi használatra való tervezése	36
9.2. Saját áramkör tervezése	36
9.3. Újabb érzékelők használata	36
9.4. Program fejlesztése.....	37
10. Összegzés	38
11. Summary	39
12. Irodalomjegyzék.....	40

1. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Molnár Zsoltnak, aki szakértelmével, a témámat új oldalakról megközelítő javaslataival és a konzultációk során biztosított elengedhetetlen tanácsaival hatalmas segítséget nyújtott szakdolgozatom elkészüléséhez.

Hálával tartozom továbbá, Cserfalvi Annamáriának, aki segített a jelnyelv és a jelek fajtáik megismerésében és elmélyedésében, illetve a pontos fogalmak használatában.

Külön köszönöm a családomnak, illetve páromnak dolgozatom lektorálását, illetve az összes építő kritikát, illetve az összes ismerősömnek, aki a kesztyű használata után megosztotta velem észrevételeit, amit a későbbiekben tudtam kamatoztatni.

Köszönöm mindenkinek!

2. Bevezető

Napjainkban sokkal több tudást kell elsajátítani egy átlagos diáknak, mint akár csak 20-30 évvel ezelőtt. Ez sokszor még akkor is nagyon megterhelő, ha teljesen egészséges életet tudunk élni, az összes érzékszervünket korlátlanul használva. Ugyanezt a tudásmennyiséget megszerezni egy valamelyik érzékszervét elvesztő, korlátozott érzékelési képességgel rendelkező gyermeknek sokkal nehezebb, hiszen ugyanazt a tudásmennyiséget ő több idő alatt tudja csak elsajátítani.

Dolgozatom célja, a siket és/vagy néma gyermekeknél a könnyebb tanulás elősegítése, illetve annak támogatása, hogy a saját véleményét, vagy tudását könnyebben megoszthassa. Az általam tervezett kesztyű kortól függetlenül, mindenféle előképzettség nélkül képes megtanítani a magyar daktil ábécére, illetve a számok eljелеlésére. Ez az egyik legelterjedtebb jelelési forma, aminek a segítségével képes a jelelő kifejezni magát. Körülményesebb, mint ha ugyanezt fonomimikai jelekkel szeretnénk, hiszen a fonomimikai jeleknél minden jel, egy külön kifejezést jelent, míg a daktil jelek esetében, gyakorlatilag lebetűzik a szavakat. Kezdetnek viszont a daktil jelnyelv gyorsan elsajátítható.

Semmilyen külön kiegészítőre nincs szükség, csupán egy okostelefonra, ami manapság mindenkinek ott lapul a zsebében, így a kesztyű a Bluetooth modul segítségével a jelet meg is jeleníti a telefon képernyőjén, emellett pedig hangosan ki is mondja azt.

Célom, a kesztyűt egy applikációval kiegészíteni, ami megtanítja a felhasználót az alap jelekre, miközben a program folyamatos visszajelzést ad a kéz aktuális állásáról, illetve észleli, ha valamit hibásan jelelt, és meg is jeleníti a hibákat.

3. Elméleti háttér

3.1. Múltbeli kultúra

Életünk során az első képesség, amit elsajátítunk még gyermekkorban az érzékszerveink használata és az ezekkel való kommunikáció. Már az ősemberektől kezdve a különféle érzékszerveit használta az ember bizonyos információk, gondolatok átadására társainak. Régen ez az életben maradásnak volt a kulcsa, mind a veszélyhelyzetek felismerése majd ezen információk továbbadása. A szemünk arra szolgált, hogy felismerjük a vadat, így e tudással a birtokunkban el lehetett dönteni, hogy az állatot megéri-e levadászni, vagy esetleg túl nagy kockázattal járna és inkább érdemes elkerülni.

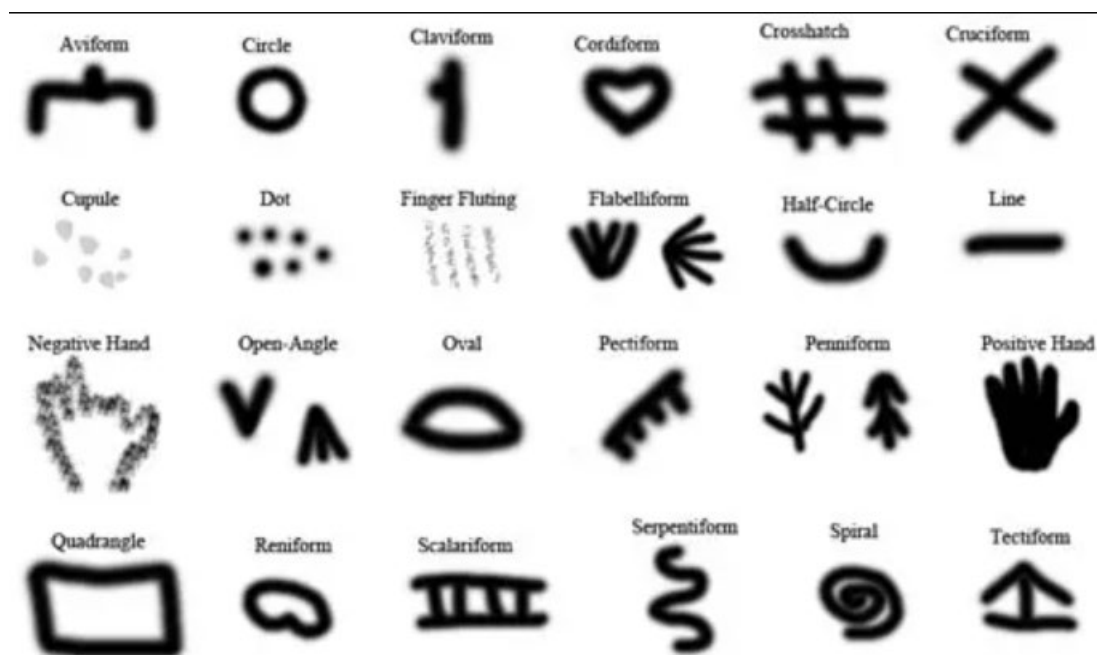
A sötétben ezeket az információkat csupán mozgással nem tudták átadni egymásnak, így hanggal kommunikáltak, ilyenkor volt nagy segítségünkre a hallásunk. Az elejtett vadakat érdemes volt megszagolni, esetleg megízlelni, hogy fogyasztásra alkalmas-e maga a hús, erre pedig a szaglásunkra és az ízlelésünkre volt szükség. Ezen információk halmazából tudtak olyan döntéseket hozni, amivel a saját túlélési esélyüket megnövelték. [1]

Az állatvilágban is hasonló a helyzet, hiszen ha belegondolunk egy kölyök elefántot könnyedén képes levadászni egy falkányi oroszlán, de a kommunikációjuknak hála, mindig nagy csoportokban mozognak és veszélyhelyzet idején egy nagy kört alkotnak, ahol a kör közepén a fiatalok, a legvégtelenebbek vannak, míg a kör szélén az erős bikák, így hiába támadják őket több helyről, minden irányból védik egymást.

Akkoriban a mimetikus kultúra volt a használt, ami gyakorlatilag a mutogatás és a még kifejeletlen hangok egyvelegét jelentette, amik segítségével kommunikáltak egymással. Ennek a segítségével, tudták egymás tudtára adni valami veszély közeledtét, esetleg egymás tapasztalatait továbbadni az egész törzsnek. A szociogenezis segítségével itt fedezhető először fel a csapatmunkára irányuló társas találékonyság.

A későbbiekben, ahogy egyre többet tapasztaltak, illetve fejlődtek, ez a kommunikációs forma elavulttá vált, hiszen nem tudták kellő alapossággal, gyorsasággal átadni a megszerzett tudást az újabb generációnak, így alakult ki a mitikus kultúra, vagyis a Homo sapiens már egy igen kezdetleges beszéddel tudtak információt megosztani egymással. Itt már a nyelvet is használva nem csupán hangokat adtak ki, hanem egyszerűbb szavakat használtak. [2]

Körülbelül I. e. 5000 évvel a teoretikus kultúra, másnéven a Homo tipograficus korában már rengeteg feljegyzett dolgot készítettek, ami nem csak szájhagyomány útján terjedt, a barlangrajzok mellett, külső emlékezeti mezőket használtak, ez is hozzásegítve a kultúrák megőrzését



1. ábra: Kezdetleges ábrák a barlangokban

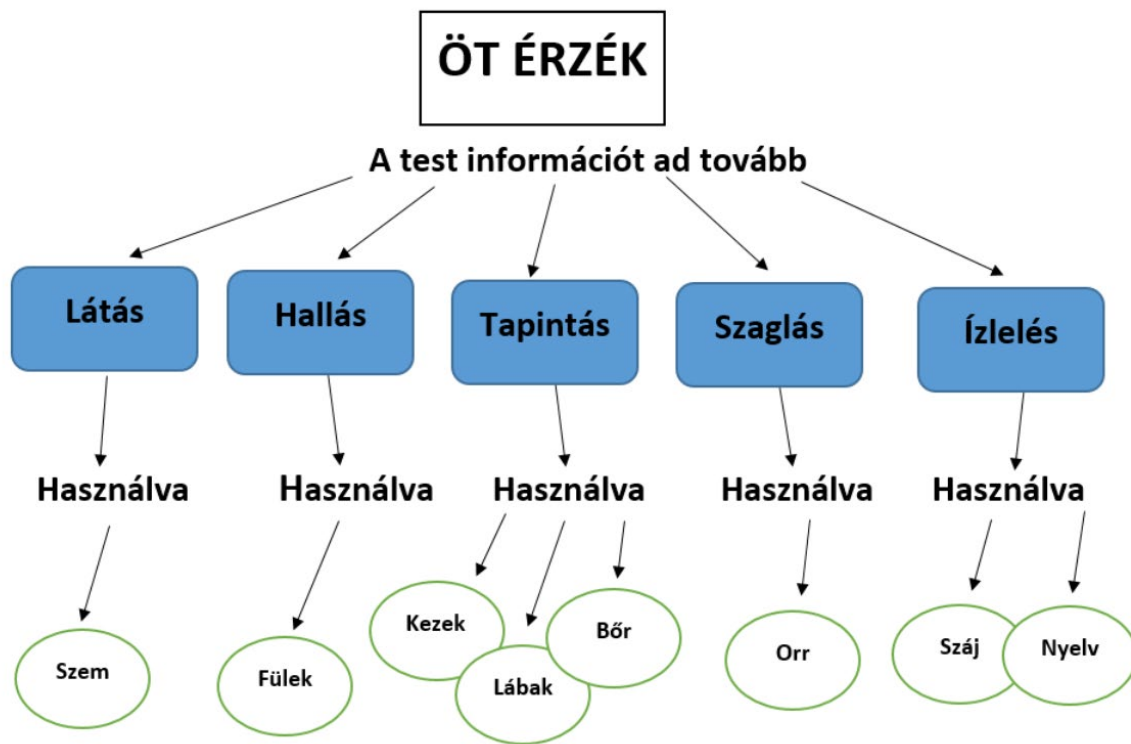
a későbbi nemzedékeknek. Az emberiség újonnan megjelenő habitusa, ami az információk átadását, a mitikus kultúra mellett egy teljesen új platformra helyezte, így az agyagtáblákba vésett iratoktól kezdve elérünk a Gutenberg galaxisba, ahol a kezdetleges könyvek lesznek az információcsere következő fejlődési foka.[2]

3.2. Napjaink információ cseréje

Napjainkban, már olyan világban élünk, ahol lassan a Homo interneticusról beszélhetünk, viszont jelen korunkban is a túlélésért küzd az ember, akárcsak pár ezer évvel ezelőtt. Őseinknek az elsődleges célja az életben maradás volt, míg a jelen kori embernek más fajta kihívásokkal kell szembe néznie, például rendszeresen el kell mennünk, dolgozni, hogy elegendő pénzt keressünk, amiből a Maslow piramis lehetőleg összes szintnek anyagi feltételeit képesek legyünk fedezni.[1][3]

Ami viszont az őskor óta nem változott, azok az érzékszerveink. Ezeket mind használnunk kell a túlélésben, hiszen ugyan úgy használni kell a látásunkat, hogy elkerüljünk egy munkahelyi balesetet, illetve szükségünk lesz a szaglásunkra, hogy megérezzük, ha egy étel esetleg már

romlott stb. Bármiféle nehezítő körülmény lép fel, például egy teljesen sötét helységbe érke-zünk, akkor a látásunk nélkül hirtelen sokkal bizonytalanabbak leszünk egy máskor rutin fel-adatban.



2. ábra Az 5 érzékszerv és azok használata

Viszont egy valamilyen szempontból akadályozott személy, akár látás vagy hallássérült ember a legalább egy érzékszerv helyett különféle segédeszközöket kell igénybe venniük, hogy mind a hétköznapi, mind a munkahelyi teendőit el tudja végezni. [3]

Ez az oktatási területen sincsen másképp, fiatal korban, amikor az ember rengeteg újat tapasztal, hatalmas hátrány, hogy korlátozva kell megtanulnia egy hallássérült gyermeknek ugyanannyi tudás mennyiséget, amit egy egészségesnek, lehetőleg ugyan annyi idő alatt.

Az őket segítő eszközök viszont még nem tartanak ott, hogy ezeknek a segítségével fel tudják venni a versenyt az egészséges társaikkal. Bizonyos tárgyak kapcsán, mint például az informatika, sokkal könnyebb tartaniuk a lépést, hiszen egy rettentő gyorsan fejlődő területről van szó, ahol 1 év alatt is rengeteg dolog történik.

Ezzel ellenkezőleg, a matematika világában, ha visszamegyünk körülbelül 20-30 évet, akkor se fogunk igazán nagy, alapjaiban megváltoztató dolgokat találni, gondoljunk csak bele, ehhez képest az informatika világában már egy 3-4 éves szemlélet is sok esetben teljesen elavultnak

mondható. A tárgyakhoz kapcsolódóan, a pedagógusoknak is más a tanítási lehetőségek mennyisége, hiszen egy informatika tanár színesen, többféleképpen is meg tudja értetni az anyagot, rengeteg segédeszközzel párosítva, egy matematika tanárnak ezek a lehetőségek már jóval korlátozottabbak.[2]

4. Magyar jelnyelvi ujj-ABC

4.1. Jelnyelv fajtái a világon

Maga a jelnyelv a nagyothalók és a siketek által használt kommunikációs forma, egy sajátos nyelv, ami a beszédétől eltérően, egy teljesen a vizuális kódrendszeren alapszik, ami a jelen kor legfejlettebb verziója. A jelelés a siket embereknek nagy többségének az elsődleges nyelve. Ezzel a kommunikációs lehetőséggel szinte teljesen mértékben ki tudják magukat fejezni, akár a nyelvi beszéddel.

A jelnyelv a siket emberek,

közösségében egy széles körben elterjedt, napi szinten használatos eszköz, ami így tudott kialakulni és fejlődni a siket közösségekben. A legnagyobb negatívuma a hétköznapi beszédhez képest, hogy míg egy átlagos ember már óvodás korától ki tudja magát fejezni és kommunikálni tud társai-val, mind addig, amíg meg van a közös nyelvismeret, addig a jelnyelvet a siket embereken és azok szűk hozzátartozóikon kívül egy nagyon kis réteg tudja ér-



3. ábra Magyar daktil ujjábécé

telmezni, illetve használni is. Nem ritka eset, hogy csak részleges és nem teljes halláskárosodásról beszélhetünk, ezen emberek közül nagyjából 1% körül mozog, aki aktívan képes használni a jelnyelvet, helyette a gyengébb hallására, esetleg hallássegítő eszközöket használ.

A jelnyelv nagyon hasonlít a beszélt nyelvekhez, hiszen nem egy adott jelnyelv létezik az egész világon, amit mindenki ismer, hanem akár csak a beszélt nyelveknél. minden országnak megvan a saját, egyedi jelnyelve.[2]

Az országok közötti jeleléseket, ha összevetjük, akkor kiderül, hogy szerkezetileg vannak hasonlóságok, de a jelnyelvben használt kifejezések, már olyan méretű különbségeket lehet felfedezni, hogy egyértelműen megállapítható, hogy különböző jelnyelveket használnak a világ több területén. Több kutatásból is kiderült, hogy a világon a legelterjedtebb jelnyelv forma, az American Sign Language (ASL) mellett több mint 60 féle felismerhető jelnyelv létezik, s amellett, hogy ennyi fajta nyelv létezik, akár csak a beszélt nyelveknél, léteznek akcentusok, térségektől függő „szóhasználatok”. Így előfordulhat, hogy ugyanazt a fogalmat egy országon belül is valamelyest másképp jelelnék el. Itt a különbségeket főleg a mozdulatok sebességében, testtartásban, arc mimikában kell keresni, hiszen egy-egy jel egy nagyon összetett, több dologból alkotott mozdulat folyamat. Emiatt egy teljesen hétköznapi helyzet lehet az, hogy egy ember, aki a French Sign Language (LSF) ismeri, az Franciaországban teljesen jól megérteti magát, még Svájcban se lenne gondja.[3]

Viszont ahogy távolabbra utazik, más kultúra jelei számára már idegenek lennének számára. Így lehet, hogy a Chinese Sign Language (CSL) számára már szinte érthetetlen lenne, hiszen egy jelelés a két kultúrában akár teljesen eltérőt is jelenthet.

4.2. Magyar jelnyelv

Magyarországon az 1960-as évektől kezdve egyre elterjedtebb kezdett lenni a jelelés. Az itthon kialakult jelnyelvnek a francia nyelvcsalád főképp az alapja, de sok jegyét hordozza az osztrák, illetve a német nyelvnek is.

A váci siketiskola, ahonnan leginkább visszavezethető a magyar jelrendszer. A mai nevén, Cházár András Egységes Gyógypedagógiai Módszertani Intézmény, ahol legfőképp a jelelést tanították a már siketen vagy valamilyen szinten halláskárosodással született gyermekeknek.

2009. évi CXXV. törvényben már hivatalosan el is ismerték, mint hivatalos nyelvet, a magyar jelnyelvet. 2021.07.01.-től már államilag elismert nyelvvizsgát is lehet tenni jelnyelvből.



4. ábra: Cházár András Egységes Gyógypedagógiai intézmény

A jelelésnél, egy jel nem egy betűt, vagy nem egy hangot jelent, hanem egy komplett kifejezést. Ennek a kiegészítésére hozták létre az ujjábécét. Ez inkább csak egy információ megerősítő, ritkán használt része a jelelésnek. Ennek nagyon egyszerű oka van, sokkal gyorsabb egy-egy jelet elmutogatni, ami egy komplex dolgot jelent, mint, hogy ugyan azt a dolgot, betűnként elmutogatni. [5]

4.2.1. Jelek formája

Az ujjábécék közül is a magyar jelnyelvben, kétféle kategóriában tudjuk őket sorolni. A fonomimikai, ami tulajdonképpen a népszerűbb verziója, illetve a daktil. A kettő között a legnagyobb különbség leginkább, hogy a fonomimikában a kéztartásnak egy nagyon fontos része, hogy hova helyezzük a testünkön, ez általában vagy az arcunknál történik, vagy valamelyik

testrészen. Ettől már nagyban függ a jelentése, de emellé még párosul egy arckifejezés a pontosabb információért cserébe.

Az ikonikus jelek egyértelműen utalnak valamilyen formára, mozdulatra, aki nem ismeri a jelnyelvet, az nem értheti a jelentését. Egy másik nagy csoportja a hangzó nyelv, ebben az esetben nem betűzik le a szavakat, hanem fonomimikával, gyakorlatilag eltárogják. Ilyen például a hivatalos nevek. [5]

Külön lehet bontani a jeleket egy, illetve kétkezes jelekre is, ez a hétköznapiakban akkor lehet egy nehezítő tényező, ha a jelelő személy egyik kezében épp tart valamit. Ilyenkor nehezebb megérteni, amit a személy szeretne jelezni, viszont itt tud nagy segítség lenni az arc-mimika, ami segítség, plusz információ a megértetésben.[4]

Mint mindenkinek, így a siketek és nagyot hallók világában is van egy domináns, ügyesebb kéz, illetve egy követő kéz. A domináns kéz végzi a bonyolultabb, komplexebb mozdulatokat a kétkezes jeleknél, az egy kezes jeleket pedig értelemszerűen csak a domináns kéz végzi. Ennek változtatása furcsán hat, olyan mintha egy jobbkezes ember mondatok után tollat cserél a kezében és bal kézzel folytatja az írást.

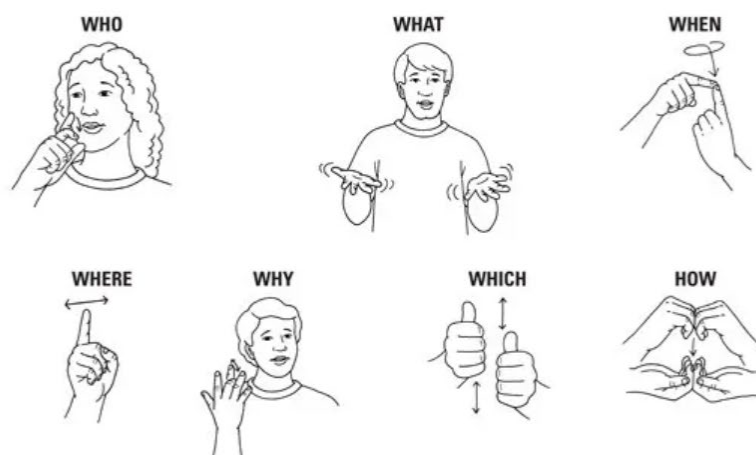
4.2.2. Szófajok

A jelekre alapvetően jellemző a többszófajúság, így egy jel gyakran lehet ige, főnév, melléknév vagy határozószó is. Tulajdonneveket ritkán alkalmaznak. A módhatározók leginkább csak az arcon jelennek meg, egy hozzá tartozó jellel.

A kérdőszavak ugyanúgy léteznek a jelezésben, viszont a kötőszavakat nem igazán alkalmaznak, ahogy viszonyiszavaknak sincs önálló jelei. Emiatt régebben elterjedt tévhiedelem volt, hogy a jelnyelv egy primitív információ átadására csak részben alkalmas nyelv, a viszonyító eszközök hiányában képtelenek összetett dolgokat megfogalmazni, amit csak a hangzó szöveggel lehet elérni. Ezt később cáfolták, hiszen ezek hiányát a jelek közötti idő és a térben formált jel helyettesíti.

Előfordul, hogy egy egész mondatot is akár egy jellel lehet helyettesíteni, emiatt is a poliszintetikus nyelvek családjába tartozik a jelnyelv. Természetesen a beszéd jóval gyorsabban értelmezhető, mint

az arcról leolvasható mimika, de ezt a jelnyelv az előnyére fordítja és így a térben párhuzamosan akár több dolgot is képes kifejezni.



5. ábra: A kérdőszavak jelei

A módhatáro-

zók, a fok- és mértékhatózó szavak gyakran csak az arcon, vagy a jelnek a kivitelezésében jelenik meg. Így a jelelő személy ezekkel az eszközökkel is tudja érzékeltetni a mondanivalója súlyosságát, a témához való hozzáállását, vagy éppen a véleményét is, de ezeken felül vannak nyomatékosítást segítő jelek is.[3]

Ilyen például a „mánia” jelelése, ami a mondat környezetétől függően lehet használni, mint egy nagyon erős szeretet kimutatását. Ha a „bomba”, „veszélyes”, „első” jelet használja a jelelő, az jelentheti a mondata nyomatékosítását, vagy éppen a gondolatmenet fokozását.

A tér kihasználását leginkább a viszonyító eszközként való használata jellemző, ilyen például a személyragozásra. Ilyen esetben, a szóban szereplő személyt elhelyezik egy virtuális térképen és így az elbeszélés későbbi szakaszában erre lehet hivatkozni. Az ilyen visszautalásokkor használatos elem a proform, amivel a már korábban megemlített dolgokra, körülményekre lehet visszautalni.

4.3. Mondatok

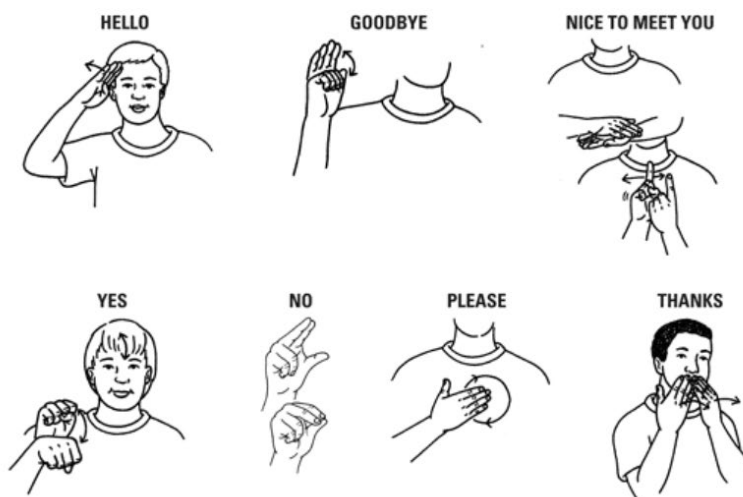
4.3.1. Egyszerű mondatok

Jelelésnél a szórend teljes mértékben eltér az általunk használt szabályoktól. A mondat minden esetben a már korábban elhangzott, ismert információkkal kezdődik, majd ezek után tér ki az új információkra. Emiatt a szórend megváltozhat és alany- többi mondatrész- ige sorrend lehet,

de ez nem egy szigorú szabály, mondat értelme szerint változhat. Akár a határozószók a mondat legelejére is kerülhetnek. Vannak viszont olyan szabályok, amik mondatfüggetlenek és minden esetben egy bizonyos szabály szerint kell alkalmazni. Ilyen például a jelző szavak, amik mindig a jelzett szavunk előtt vagy után kell, hogy álljanak. Nem ritka eset, hogy két jelző is van egy mondatban,

ilyen esetben az egyik a jelző elől, míg a másik hátul áll.

Amikor valamire rá szeretnénk erősíteni, akkor azt meg tudjuk tenni akár a mondat valamelyik ele-



6. ábra: Leggyakrabban használt jelek

mének az ismétlésével, vagy a megfelelő arcimikáival. Ilyenkor ez a mondat elejére kerül és a mozdulat kivitelezése lassabbá, részletesebbé válik. A fókusz viszont továbbra is a mondat végén marad. Onnan lehet érzékelni, hogy hol van a mondatban a fókusz, hogy előtte egy kisebb hatásszünet lép fel. Előfordulhat az is, hogy a kiemelni kívánt mondatrészt akár többször is elismétlik egy mondaton belül. [3][4]

Amennyiben egy kérdésről van szó, ami a már meglévő információra akar rávilágítani, akkor a kérdőszó a mondat végére kerül. Mivel a magyar nyelvben a mondat elején szokás használni a kérdőszavakat, ezért sokszor a mondat elején is eljelelik a kérdőszót, illetve a mondat végén is. Kiegészítő kérdés esetében az áll megemelkedik, eközben a szem hunyorít, szemöldök összevon, emiatt összességében egy kissé mérges tekintetet vesz fel az illető. Az eldöntendő kérdést a váll és a fejnek az előrehúzósa, tágra nyílt szem és felemelkedő szemöldök jelzi. Abban az esetben, ha egy eldöntendő kérdésre igenlő választ szeretne adni jelnyelven a másik félnek, akkor a beszélt nyelvhez hasonlóan, non verbális jellel, mint a fej billentése, illetve a mondat megismétlésével tehető meg. Ha nemleges választ szeretnénk adni egy ilyen kérdésre, akkor a szemöldök összehúzódik, a szájnak a széle legörbül és ezek mellett fejmagasságban kézrázással tehet egyértelművé.

Az ezektől eltérő, alternatívabb kérdések esetében, a választónak több lehetősége is van válaszadásra. Ilyen esetben a mondatot a „melyik” jel zárja, illetve az ujjain jelzi a lehetőségek mennyiségét. Szónoki kérdés esetében teljesen megváltozik a szórend, illetve a mimika is eltér az eddig felsorolt kérdésfajtáktól.

Abban az esetben, ha valamit tagadni szeretnénk, azt akár csak a hétköznapiakban, jobbra- balra történő fejrázással tudjuk kifejezni, de ezzel akár egy teljes mondatot is lehet tagadni. A negatív mimika hatására a mondat is egy negatívabb hangzatot vesz, de a kézrázással lehet pontosan jelölni, hogy melyik pontosan a tagadott elem.

Van néhány jel, aminek létezik önálló tagadó párja is, ilyen például a „nem tudom”, a „nem hiszem”, illetve az „alaptalan” jelek.

Amit gyorsan észre lehet venni, mint séma, hogy létezik egy általános fosztóképző a jelképzésben. Valaminek a hiányát, az ürességet önálló elemek fejezik ki. Maga a „nulla” jel utalhat arra is, hogy valami elfogyott és nincsen már semmi, az „kopasz” jelenthet egy teljesen üres helyiséget is.[5]

4.3.2. Összetett mondatok

A jelnyelv a kötőszavakat legfeljebb mellérendelő mondatokban használ, de ott sem kötelezően, hiszen a jelelés során ez csak a tagolást segíti, illetve a szövegösszefüggést kapcsolja össze. A kötőszavak használata a magyar beszélt nyelvnek a hatására alakult a magyar jelelésben.

Összetett mondatok esetében, a jelelő személy sokkal rövidebb szüneteket tart, mint egy egyszerű mondat esetében. Ellentétes mondatoknál, a mondat második részére, vagyis a második tagmondatra, ellentétet kifejező mimika ül. Ilyen lehet egy összetettebb jel, például a „pech” vagy a „téved”, de ezek nem tartoznak a kötőszavak családjába.

Választó mondatok esetében egy „melyik” jel kerül a mondat végére, de ez függ attól, hogy a mondatban kettő, vagy több lehetőség közül lehet-e választani. Az arc mindeközben semleges marad.[5]

Magyarázó mondat használata a jelnyelvben igen ritka, leginkább akkor jellemző, ha egy összetett kérdésre akar a jelelő választ adni. Az esetek döntő többségében inkább következtető mondatokat alkalmaznak, a két mondat típusnak a közös jellemzője, hogy a „miért” jel a kötőszavuk.

Érdekesség, hogy az alárendelő mondatokban a „hogya” jel mellett, egy időben egy egyszerű gesztus is megtörténik. Feltételes mondatoknál, a jel mellett, a megfelelő tagmondat alatt a fej előre dől, a szem pedig hunyorít. Ilyenkor a mondat első felére koncentrál a jelelő. Abban az

esetben, ha egy éles testtartás-váltás történik, az egész felsőteste hátrébb húzódik, az jelzi, a „hogymint” utáni, második tagmondatra akarja fordítani a figyelmet. Fontos azonban, hogy ezeknek a kötőszavaknak a jelei önálló elemként nem jelennek meg, illetve nem is használhatóak.

4.4. Szövegalkotás

Siketeknél a leginkább jellemző, hogy a mondatalkotásnál, először a háttérinformációról adnak egy bő leírást, majd ezután térnek át a mondanivalójuknak a lényeges részére. Képeknél ez a folyamat jól megfigyelhető, elsőként azt mondják el a képről, amit szabad szemmel is jól megállapítható, majd ez után térnek ki a lényeges részekre.

Ugyanezt a folyamatot nem csak tárgy leírásánál lehet megfigyelni, hanem egy hétköznapi találkozás során is. Ez a folyamat egy jellegzetes sajátossága a jelnyelvnek. A jelelés is tartalmaz szövegeket összekötő elemeket, amik segítségével például korábbi beszélgetések témájára lehet visszautalni.

5. Jelenlegi helyzet a hallássérülteket segítő eszközök piacán

5.1. Oktatás és kommunikációt segítő eszközök

Tanítás és a tanulás is mindig fontos szerepet játszott az emberek életében. Viszont fontos jól megválasztani, milyen eszközökkel, módszerekkel segítik a sérült embereket, hiszen könnyen lehet, hogy egy rosszul megválasztott tanítási eszköz vagy módszertan csak megnehezíti a tanuló dolgát.

Egy egészséges ember a környezetéből kapott információk közel 80%-át a szemével észleli. Abban az esetben, ha valaki elveszíti a látását, olyankor a másoknál másodlagos, kevésbé prioritizált érzékszervek kerülnek előtérbe és használják a külvilág információinak elérésére. A látott információtömeg nagyjából 30%-át tanuljuk meg, míg a hallott résznek pedig a 20%-a amire a későbbiekben is emlékezni fogunk. Természetesen, ha ezt a kettőt vegyítjük, és egyszerre érkezik a hallott és látott információ, akkor ez az érték sokkal magasabb is lehet, akár az 50%-ot is megközelítheti. Pedagógusoknak, tanítóknak, vagy jelen esetben egy tanító szoftvernek is a célja, hogy látás vagy hallássérült gyermekeknek a tanításuk elősegítése, törekedve az információk eltárolásában közel 50%-os hatékonysággal. Nyilvánvalóan sokkal nehezebb ezt a százalékot elérni egy hallássérült személy esetében.[5]

Fontos a továbbiakban, hogy a legmélyebben úgy marad meg a tudás, hogy ha az adott anyagot nekünk kell valakinek megtanítani. Így a tanítás előtt meg kell értenünk az anyagot, illetve minél többször tanítunk, annál jobban elmélyül és komplexebb lesz az adott információ, amit csak megtapasztalunk, annak körülbelül a 80%-át jegyezzük meg, viszont egyáltalán nem biztos, hogy a jelenségnek a következményeit, ok-okozat összefüggéseit értelmezni tudjuk, illetve, hogy később ezeken elgondolkodunk-e rajta. A megbeszélt eseményeknek a tudását szinte a 70%-osan el tudjuk sajátítani, viszont mind ez hallássérült emberek esetében, akik jelenleg segítségével kommunikálnak, máris 20%-ot csökken és közel 50% az ami hosszútávon megmaradó tudás.

Kesztyűmmel teljes mértékben a siketek, súlyos hallássérülteket, némákat és az őket tanítókat szeretném segíteni, hogy a tanulás számukra is legalább olyan sikeres legyen, mint egy egészséges embernek. Emellett pedig szeretném, hogy az őket tanítóknak lenne egy eszközük a könnyebb tanításhoz, hiszen, ha nem egy erre kialakított csoportba jár egy hallássérült, az

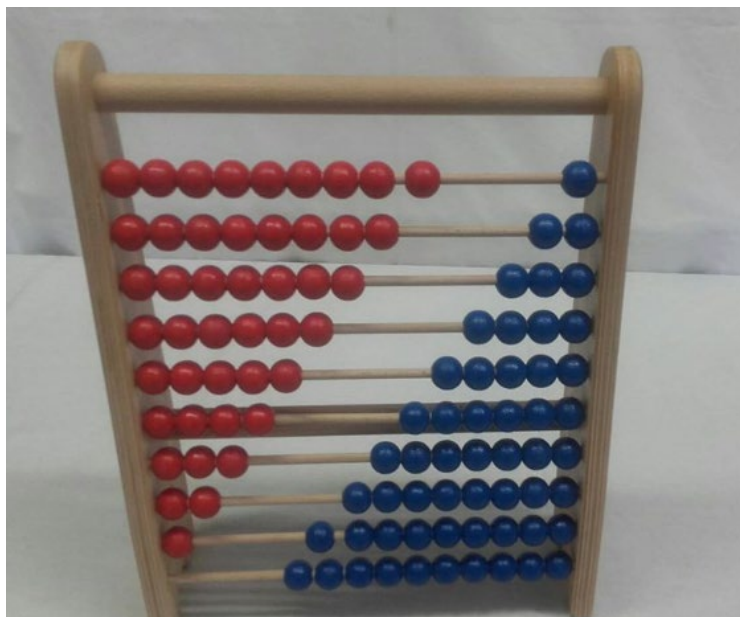
mind az ő, mind a csoport többi részének a tanulási hatékonyságát rontja, hiszen a tanárnak ugyanazt az anyagot kell több módszer szerint megtanítani.

Ha a Föld teljes lakosságát vesszük figyelembe, akkor az Egészségügyi Világszervezet felmérései szerint 45 millió vak ember él, emellett pedig 135 millió ember súlyos látási nehézségekkel küzd nap, mint nap. A Siketek Világszövetsége szerint nagyjából 70 millió siket él jelenleg a Földön. Sajnos előfordul az is, amikor valaki egyszerre nagyothalló és mellette látás-sérült is, de a teljes siketvak emberek száma is jelentős. Ez Magyarországon körülbelül 16 000 főt jelent, akik mind a saját érzéseiket, véleményüket csak nagyon nehezen, korlátozottan képesek kifejezni. A vakok vagy siketek számára kialakított iskolát is csak nehezen vagy egyáltalán nem tudják elvégezni, hiszen saját maguk teljes ellátása sem lehetséges.[4]

5.2. Oktatási eszközök

Magyarországon az oktatásban többféle tanítást segítő eszközt használtak már a 80-as évek közepétől, viszont ahogy minden más, ezek az eszközök is haladtak a korral és a modernebb, sokszor több funkcióval ellátott eszközök vették át a helyüket.

Ide sorolható az **abakusz** is, amit régóta használnak a látássérültek tanításában. Ez gyakorlatilag egy tábla, amin van 13 rúd és ezeken helyezkedik el az 5-5 golyó, hogy egy keresztrúd választ el minden oszlopról az 5.-et. A go-



7. ábra: Abakusz

lyók itt az alaki értéket jelentik, konkrét számjegyeket, a rudak határozzák meg, az elhelyezkedésük pedig a helyi értékeket. Ennek az eszköznek a segítségével mind egy látássérült, mind egy hallássérült gyorsabban és egyszerűbben képes elsajátítani az egész, vagy tizedes számokkal való feladatokat. Leginkább gyermekek körében népszerű, alsó és felső tagozatban, a matematika alapjaitól, egészen az összetettebb feladatokig nagy segítség lehet az abakusz.

A **hallókészülék** az egyik legismertebb segédeszköz hallássérültek körében. Ez gyakorlatilag egy kisméretű erősítő. A külső jeleket egy mikrofon fogja, majd ezeket felerősítve adja tovább a hangszórónak. Fül mögé kell elhelyezni, illetve ritkább esetben közvetlenül a fülbe, jelfeldolgozás szempontjából pedig van analóg, digitális és digitálisan programozható konstrukció is. Ez sok esetben hasznos megoldásként tud szolgálni, viszont elengedhetetlen feltétel, hogy a fülben lévő üllő és kengyel egészséges legyen.

Ellenkező esetben, ha a hallócsigának a szőrsejtei is teljesen elhaltak, akkor az átlagos hallókészülék helyett, a **cochleáris implantátum** lehet a megoldás. Ezt megelőzi egy teljes orvosi és pszichológiai vizsgálat, ahol megállapítják, hogy indokolt-e a műtét. Ilyenkor egy hallókészülékhez hasonló műszert ültetnek a fülbe, amelyből elektródákat a koponyába és a hallócsigába ültetnek be. Ezekhez tartozik egy mikrofon, egy adótekerccs és egy beszédprocesszor, amiket a műtét után finomhangolnak. Oktatás szempontjából fontos, hogy a tanár rendelkezik egy nagy hatótávolságú adóval, hiszen FM adó-vevő készülék elven működik az eszköz. Eközben a hallássérült diák pedig a cochleáris implantátumának beszédprocesszorához vagy hallókészülékéhez van csatlakoztatva a vevő eszköze. Amit még fontos kiemelni, hogy az adót többféle módon is lehet alkalmazni, így több környezeti zajt is ki lehet szűrni a működtetésével.



8. ábra: Cochleáris implantátum

Ez egy nagyon hatásos eljárás, viszont nem minden hallássérült emberen lehet elvégezni ezt a műtétet, illetve a kockázatok mellett az eszköz 5 millió forintos ára is meggátolja a világszinten való elterjedésében.

6. Jelkesztyű korábbi változatai

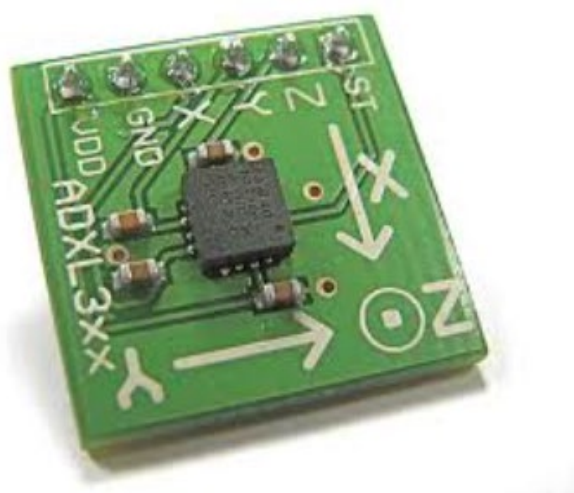
6.1. Koordináta-rendszerrel összekapcsolt kesztyű

A daktil ábécének egy nagy előnye a jelnyelvhez képest, hogy míg a jelelő mindkét kezét, testbeszédét és mimikáját is figyelembe kell venni egy jel megértéséhez, addig a daktil ábécénél, csupán a jelelőnek az egyik kezét elég figyelembe venni. Emellett amit még fontos kiemelni, hogy a magyar betűkön kívül a „j” és a „z” betű az, ami mozgást igényel az eljelelése, az összes többi viszont egy úgynevezett statikus jel, vagyis a mozgást nem kell figyelembe venni a jel megalkotásakor, csak maga az ujjak állását.

Ezen az elven tovább haladva, egy olyan kesztyű volt a cél, ami csupán az ujjak aktuális hajlását figyeli, így az öt ujj együttes állásának információja meg is adja az általunk mutatott jelet.

6.1.1. Kesztyű felépítése

Az adatokat az ujjak állásáról úgy mértem meg, hogy minden egyes ujjpercre egy gyorsulásmérő eszközt helyeztem el. Maga az eszköz képes a statikus gravitációs gyorsulás mérésre, illetve a mért tárgy a függőleges síktól való eltérésének szögének meghatározására is. Amit én ki akartam használni, az a kéz mozgása, ezzel egyben a vektor irányát, amit a kesztyűre szerelt gyorsulásmérő elektromos jellé alakítja, amely arányos az adott ujjperc pillanatnyi gyorsulásával. Közben a műszer, méréseket végez egy, két vagy a számomra fontos három síkban. Napjainkban a legelterjedtebb a háromtengelyes gyorsulásmérők, amely egyszerre három különálló gyorsulásmérő rendszerből alakítanak ki. Ami

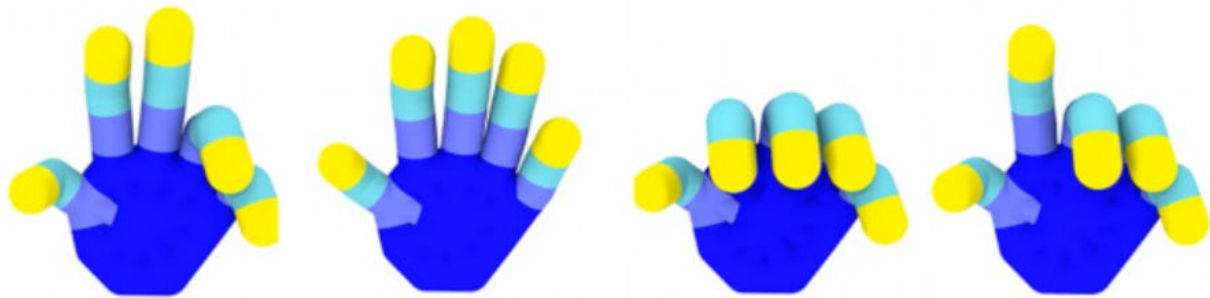


9. ábra: Gyorsulásmérő

számomra a legfontosabb így esett az ADXL3xx gyorsulásmérőre választásom, hiszen mellett, hogy méri a sebességet, minden ujjpercenk külön megméri az eltérő irányban történő gyorsulását- X Y és Z síkon. Feltételezve, hogy egy 3 tengelyes gyorsulásmérő úgy van elren-

devezve, hogy az X tengely érzékelője balra mutat, az Y tengely érzékelője lefelé mutat, a Z tengely érzékelője pedig előre, valamint a készülékre nem nehezedik erőhatás, a gyorsulásmérő a következőt mutatja majd: $X = 0$ g, $Y = 1$ g, $Z = 0$ g. Ha ugyanezt a gyorsulásmérőt balra irányítják, a következő értékeket fogja mutatni: $X = 1$ g, $Y = 0$ g, $Z = 0$ g. Ha ugyanezt az érzékelőt jobbra döntjük, akkor az X tengely $X = -1$ g értéket mutat. [6]

Ezen információk elegendőek a mikrokontrollernek, hogy ki tudja következtetni, mit szeretne



10. ábra: Minden ujjperc külön érzékelése a szenzorok segítségével

a jelelő mutatni. Kezdetnek megadom az alapértelmezett állapotot, ahol minden érzékelő minden értéke (X, Y, Z) nulla állásban van, ez pedig az ökölbe szorított kezlet jelenti, ahol a hüvelykujj a mutatóujj utolsó két ujjpercével párhuzamosan helyezkedik el szorosan. Ezt nevezhetjük alapállásnak (alapértelmezett) amit minden jel előtt fel kell venni a kezünkkel. Fontos, hiszen a kesztyű, ahogy megkapja ezeket az értékeket és az alapértelmezett álláshoz képest veszi figyelembe a kesztyű, hogy az ujjpercek merre mozognak el.

Példaként, ha veszünk egy egyszerűbb jelet, a daktil ábécé „a” jelét, akkor tudjuk, hogy az összes ujj marad az alaphelyzetben, kivéve a hüvelykujj, ami a tenyérrel lesz párhuzamos. Ebben az esetben nem elég figyelembe venni csak a mozgó ujjat, hiszen az aktuálisan passzív ujjaknak is szerepe van a jelképzésben. Így az 11. ábrán jól látszik, hogy az összes ujjtól 10-nál kisebb értéket várunk, míg a hüvelykujjtól az előre megadott értékeket és így áll össze a daktil „a” jel.[7]



11. ábra: daktil „a” jel

```

15
16 void loop ()
17 {
18     ax = analogRead (A0); //thumb
19     ay = analogRead (A1); //thumb
20     az = analogRead (A2); //thumb
21     cx = analogRead (A3); //index
22     cy = analogRead (A4); //index
23     cz = analogRead (A5); //index
24     dx = analogRead (A6); //middle
25     dy = analogRead (A7); //middle
26     dz = analogRead (A8); //middle
27     bx = analogRead (A9); //ring
28     by = analogRead (A10); //ring
29     bz = analogRead (A11); //ring
30     ex = analogRead (A12); //little
31     ey = analogRead (A13); //little
32     ez = analogRead (A14); //little
33
34     {
35         if (40 < ax < 60 && 60 < ay < 70 && az > 90 && bx < 10 && by < 10 && bz < 10 && cx < 10 && cy < 10 &&
36             cz < 10 && dx < 10 && dy < 10 && dz < 10 && ex < 10 && ey < 10 && ez < 10 )
37         {
38             Serial.println ("b");
39         }
40

```

12. ábra: Daktíl „a” programozása C nyelvben

Könnyen észrevehető, hogy egyik szenzornak se adtam meg fix értéket, hiszen az ember az nem egy robot, aki egy fix mozgatlansort ezerből ezerszer pontosan ugyanúgy fog elvégezni. Nagy valószínűség szerint egy ember ezerszer egy minimálisan is, de másképpen fogja tartani a kezét ugyanannál az „a” jel mutatása közben. Emellett arról sem szabad megfeledkezni, hogy ahány ember, annyi féle kéztartás és még lehet, hogy egy gyermek kisebb kezén a kesztyű teljesen más értékeket vesz fel, mint egy felnőtt férfi kezén.[7]

Ez esetben érdemes lehet az öntanulás, neurális háló használatának lehetőségét figyelembe venni. A rengeteg kéztípus különböző jelei már reprezentatív tapasztalati adat lenne, ahol eltároljuk bemeneti adatokat, illetve az elvárt értékeket. Így egy neurális hálózatot be lehetne tanítani, mégpedig, hogy a kezek minél inkább hasonlítsanak egymásra. Ezt követően a tanítási ciklus (epoch) után a háló a validációs mintákon keresztül tudná ellenőrizni, hogy a háló mekkorát növekedett. Ezt követően a megfelelő működés érdekében, egy ellenőrzésre lenne szükség, ahol minimum ezer kézjel teszt készülne. Ezek kiértékelését pedig az alábbi képlettel lehet számítani:

$$\text{Pontosság} = \frac{\text{Sikeres tesztminta felismerések száma}}{\text{Tanítóminták száma}}$$

13. ábra: Neuronháló pontosságának számítása

Ezt követően is, figyelembe véve minden betűnél, illetve számnál a fix érték helyett, egy –tól –ig értékpárt adtam meg, így kiküszöbölve a változó kéztartást és a különböző kézméreteket. Ezek az értékpárok a +/- 10 %-os hibahatáron belül lettek kijelölve, így a kesztyű az ebbe eső jeleket fogadja el. [8]

6.1.2. Konklúzió

Az alap koncepció egy megvalósítható lehetőség, viszont anyagilag egyáltalán nem hatékony. Jóval olcsóbb lehetőségek kellett keresnem, hiszen csak egy kéznek a detektálásához, minden ujjpercen egy szenzorra van szükség, ami 15 szenzort jelent, csak egy kéznél. Emellett a kábelezés is egy bonyolult megoldás, hiszen a kesztyűn kell elvezetni az ujjakon végig egészen a mikrokontrollerig, ami a kéz hátulján helyezkedik el és ilyen mennyiségű kábelnél már figyelembe kell venni, a működés során fellépő fizikai behatásokat, illetve a rengeteg csatlakozás miatt megemelkedett fizikai hibalehetőségeket.

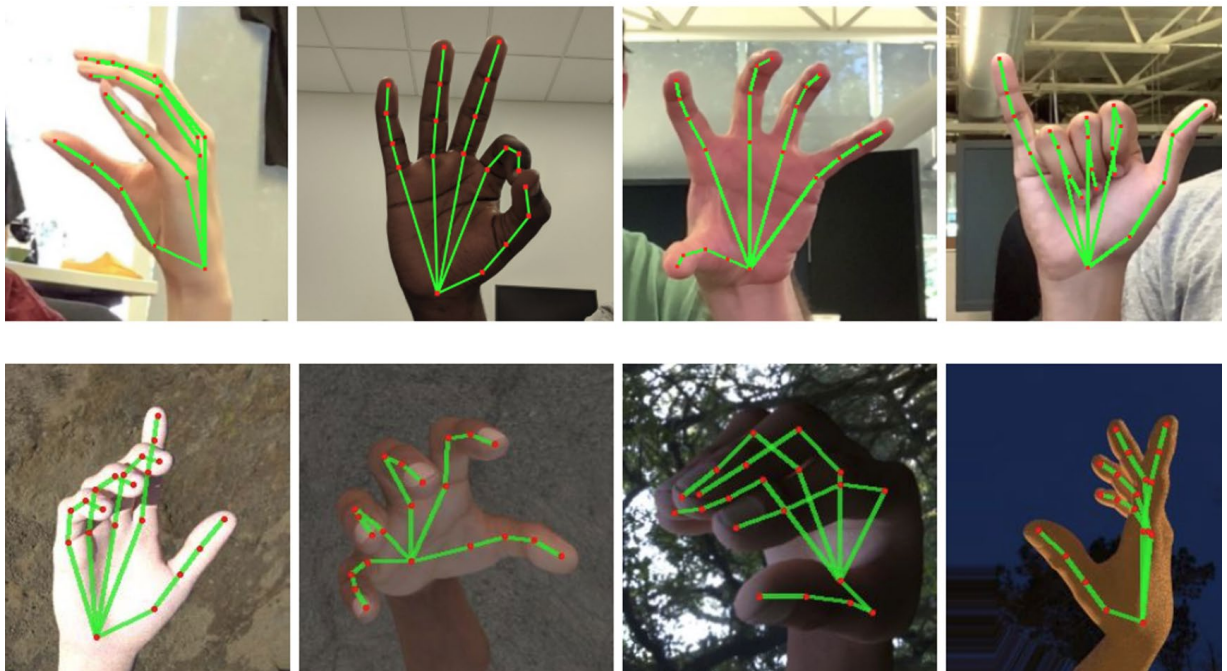
A fő érv azért a kesztyűt más szempontok szerint akartam fejleszteni, hogy a szenzorok mennyiségének köszönhetően hatalmas mennyiségű adatot kell feldolgozni véges időn belül. Így egy egyszerűbb jelet lekódolni is időigényes, hiszen rengeteg teszt mellett tudtam pontosan beállítani, mik, azok a pontos értékhatárok, amik mellett bármilyen kéznek a jelét felismeri a kesztyű. Bonyolultabb jeleknél, ez az energiabefektetés hatványozottan megnőtt, hiszen például a daktil „m” jel esetében, szinte minden ujj teljesen más helyzetet vesz fel. Úgy gondolom, hogy ha a szenzorokat egy háromdimenziós mezőben ábrázolnám és ott az ujjpercek egy-egy pontok lennének, és nem szedném szét őket három különböző értékre (X, Y, Z), akkor ez egy működőképesebb lehetőség lenne, viszont ennek az összetettsége és komplexitása miatt jutottam a kesztyű egy más irányból való megközelítésére.

6.2. Kézetektálás és gesztusfelismerés színes kesztyűvel

A kesztyű következő generációját egy teljesen új gondolat alapján építettem meg. Az előző verziónál a rengeteg kábel, illetve szenzor volt a legnagyobb akadály, így a szenzorok helyett, nem a kesztyű fogja az adatokból kiszámolni a jelet és ezt az információt tovább küldeni az okostelefonnak, hanem maga a telefon végzi el ezt a „számítást” és a kesztyű csak segít ebben. Itt azt vettem figyelembe, hogy manapság mindenki zsebében lapul egy okostelefon, aminek van akár hátlapi, akár előlapi kamerája is. A kesztyűt pedig jelen esetben szenzorok helyett csak különféle színek borítják be, ami a mozdulatok detektálásában segíti a telefonon lévő szoftvert.

Így a kesztyű teljesen elektronika mentes lesz és az előző kesztyű főbb hibáit ki is küszöböli, hiszen itt sokkal hangsúlyosabb az applikáció a kesztyűvel szemben.[8]

Elsőként megpróbáltam kesztyű nélkül detektálni a kezet. Ilyenkor ezt mélységi vagy színes kép alapján végezhető Több fajta lehetőség is ismert a színes kép felismerésének eljárására. Az egyik módszer, amikor egy RGB képen a bőr színhez hasonló intenzitásblokkokat keresünk. Ennek fontos előkövetelménye, hogy magán a kézen nem lehet semmit, ami meg tudná zavarni a kamerát, ilyen lehet egy ékszer vagy egy óra, amiről a fény máshogy verődik vissza, így rontja a végeredményt. A képfelismerő szoftver elindítása után a kamera elé helyezzük a kezünket, majd a szoftver így számol egy intenzitás tartományt, amely alapján a későbbiekben is felismeri majd ezt és erre támaszkodva képes megállapítani egyes pixelekről, hogy kézpixelek-e. Ez egy igen körülményes folyamat, így a legjobb, ha zárt térben, egyenletes fényviszonyok között zajlik a teszt és a mérés teljes ideje alatt, a kamerát nem szabad mozgatni, hiszen úgy teljesen más színeket fogunk kapni, ami véglegesen elronthatja a képfelismerést. Amire még fontos odafigyelni, hogy a háttér lehetőleg egy homogén, a kéztől elütő színű legyen, különben ez is könnyen az eredmény romlását tudja okozni.[9]¹



14. ábra: Kézetektálás, kesztyű nélkül

Ezeket a problémákat a színes kesztyű, vagy akár csak az ujjak végén elhelyezett különféle színek könnyedén tudják orvosolni. Ilyenkor a rendszernek jóval könnyebb dolga van, a kéz

helyzetének meghatározásához, hiszen a háttértől sokkal elütőbbek az élénk színek az emberi kézhez képest. Így a felismerés folyamata jelentősen felgyorsul.

Ha a kesztyű és szoftver célja a jelbeszéd fordítása lenne a hétköznapi életben, akkor nem ez lenne számomra a megfelelő választás, hiszen egyáltalán nem életszerű, hogy egy hallássérült ember a hétköznapi életben egy színes kesztyűvel mozogjon, majd ebben jeleljen is. Viszont az én célom az eszközömmel a tanítás és ezt akár otthoni, akár iskolában történő alkalmazásra is megfelelő. Teljes mértékben mobilis, hiszen mindenféle szenzortól mentes, így csepp, ütés és hőálló, már amennyire egy átlagos kesztyű az. A másik elengedhetetlen tartozéka pedig az okostelefonunk, ami mindig nálunk van.

6.2.1. Kesztyű felépítése

Szenzorok és érzékelők hiánya miatt a kesztyű összeállítása nem túl bonyolult. Az alapja elsőként egy orvosi szilikon kesztyű volt, viszont a sok le és felvétel miatt könnyen szakadt, így végül egy sok-

kal tartósabb poliészter szerelőkesztyűre esett a választásom. A színeket kesztyűn különféle színes szigetelőszalaggal oldot-



15. ábra: Színes kesztyű

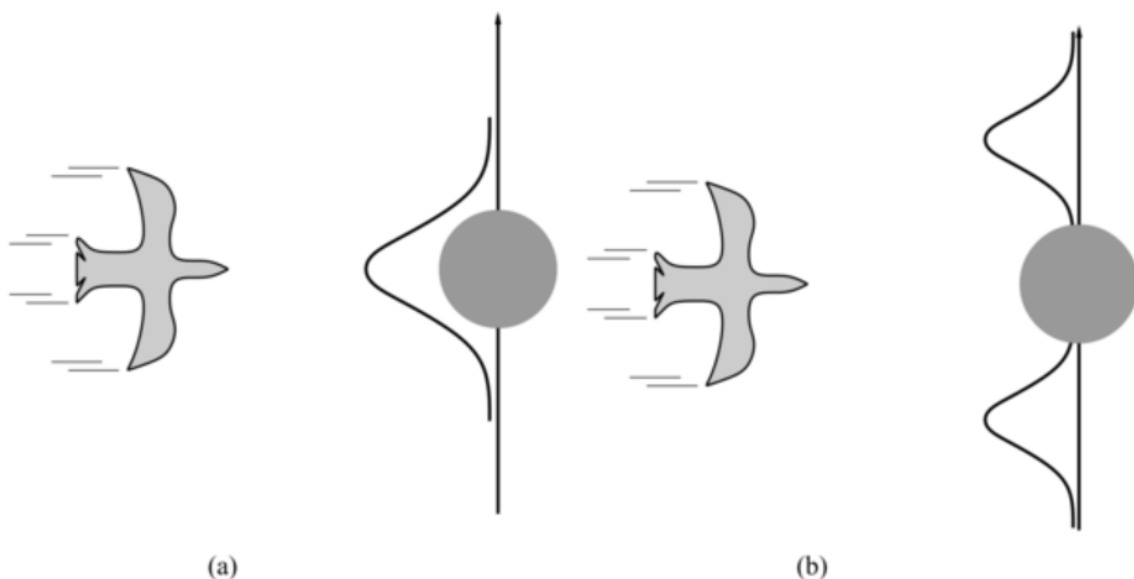
tam meg. A fő szempont az előző kesztyűtől kicsit eltérően, hogy itt nem kerül minden ujj minden ujjpercére különböző színű szigetelőszalag, elég, ha csak legalább két szín kerül egy ujra, hiszen a jelek felismerésénél az ujjak maximum három állást tudnak felvenni, így elég kevesebb információ a pontos állásukról.[9]

6.2.2. Kéz követése

Az okostelefon kameráján keresztül, a szoftvernek fel kell ismerni a kezet minden egyes képkockán. Ez nagyon megterhelné a telefon memóriáját, emellett pedig igen időigényes lenne a folyamat. Ennek egy alternatívája lehet a kéznek a követése, amely különféle algoritmusok segítségével, akár a mozgásvektorokat is képesek meghatározni. Ez azt jelenti, hogy az algoritmus

képes egy képkockából megjósolni azt, hogy a következő képkockán nagy valószínűséggel hol lesz a kéz a képen.[10]

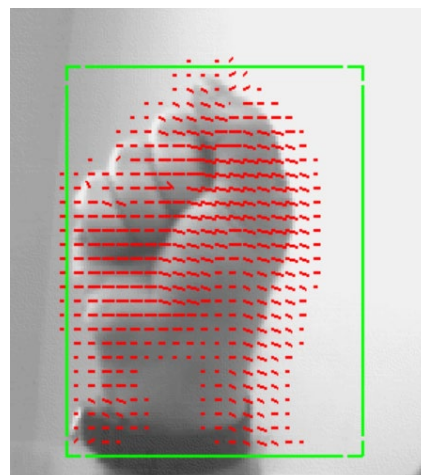
Erre a feladatra a **Kálmán szűrő** az egyik legalkalmasabb. Népszerűségét a valós idejű teljesítményének, illetve a bizonytalanságok kezelésének köszönheti. Ez a matematikai módszer képes meghatározni különféle becslésekkel a változó rendszerek időállapotait. Adott időpontokban végzett mérések segítségével, illetve a korábbi mérésekkel együtt, képes a rendszer jövőbeni állapotát megjósolni.



17. ábra: Kálmán szűrő a gyakorlatban

Az én esetemben a képkockáról képkockára történő változás igen kicsi, hiszen a kamera csak a kezet figyeli, illetve a kéz, az ujjak mozgásán kívül, mozdulatlan marad. Az ilyen kis deformációnak a lekövetésére alkalmas az **Optical flow** algoritmus. Az algoritmus lényege, hogy a kép intenzitása alapján becsüli meg a kétdimenziós mozgásmezőt, így tudjuk vektorral ábrázolni a háromdimenziós mozgást egy kétdimenziós képen. [9]

A telefonos szoftveremben az Optical flow-t illetve a szín alapján való detektálást kombináltam és ezek segítségével ismerje fel a feldolgozandó pixeleket. Két jól definiálható kényszerfeltételt határoztam meg, a két jellemző nem lehet közelebb egymáshoz egy előre meghatározott küszöbérték távolságánál, illetve nem lehet messzebb a mediánjától, mint egy másik küszöbérték távolság. Célja,



18. ábra: Optical Flow alkalmazása a kéz követésénél

pedig a megadott képsorozatnak a két szomszédos képkockáját összeveti, az adott képrészleteket megkeresi a két képen és ezután sebességvektort számol ebből.[10]

6.2.3. Konklúzió

A színes kesztyűs koncepció a második generációja a projektemnek, ami az első változatnak a hibáit már javította. A teljesen másfelől való megközelítés előnye lett, hogy a kesztyű kitettsége teljes mértékben megszűnt, az első szenzorshoz képest. Ennél a verziónál a kesztyű helyett az applikáció kapta a nagyobb hangsúlyt. Az első verziónál a telefon feladata csupán a kapott jel megjelenítése volt, a második generációnál már a telefon végezte a számításokat, amiket az első esetben a mikrovezérlő.

Az általam választott célokat a kesztyű meg tudja valósítani, viszont a kamerával való kézfelismerés közben más fajta kihívásokba ütköztem. Míg a szenzortól kapott jel és az applikáció között mindig egységesek a körülmények, úgy az okostelefonok száma változatai szinte határtalan. Emiatt a telefonok kamera beállításai között (képarány, látószög) is hatalmas eltérés lehet, ami nagyon megnehezíti egy egységes szoftver készítését. A szoftver első verzióját, csak android operációs rendszeren alapuló telefonokra akartam elkészíteni, az android egyszerűbb fájl küldése és nyílt forráskódja miatt. Ezzel szemben az IOS operációs rendszer egy zárt, sokkal bonyolultabb fájl megosztással rendelkezik, így az applikáció használatát IOS alapú készülékekre csak a későbbiekben bővíteném.

Miután egy adott telefon képét megkapja a szoftver, a másik nehezítő tényező a fények. A hideg, illetve meleg lámpa fénye mellett a szoftver még könnyebben fel tudja ismerni a kesztyűt, viszont ez természetes fénynél nehezebb feladat. Akkor nem beszélhetünk egyenletes fényről, ha valaki egy nyári napon, tűző napsütésben használja a kesztyűt egy ablakkal szemben, akkor a kamera képe teljesen ki fog égni és sokkal kisebb százalékban fogja a kesztyűt felismerni. Hasonló a helyzet gyenge megvilágításnál, vagy esetleg kültéren, már későbbi óráknál fellépő félhomálynál. A gyenge fények miatt már a színek megkülönböztethetősége is romlik a szoftver számára. Kültéren való használatnál további nehezítő tényező a háttér, hiszen még beltérben könnyen megoldható a homogén háttér, kültéren ez sokkal nehezebben kivitelezhető.

7. Végleges verzió

Az előző két verziója a kesztyűmnek teljesen más gondolatmenet alapján készült és a harmadik generációja, is követi ezt a sémát. Úgy gondolom ez egy kimeríthetetlen téma, a kesztyű fejlesztésére sose lehet azt mondani, hogy végleges, ugyanis mindig jöhetnek új ötletek, hasznosabb megoldások.

Miután tanultam az első két kesztyű hibáiból, arra a következtetésre jutottam, hogy egyszerűbben is meg lehet oldani a kesztyű jelének a kiolvasását, illetve a telefon kameráját sem kell ehhez használni, hiszen ez mind csak nehezítő tényező. Célom, a végfelhasználó számára egy egyszerűbben használható eszköz, amely az előző generációk tudását vegyíti, és azokra alapoz.

Így az első kesztyűhöz hasonlóan az ujjakon maradtak az érzékelők, viszont jóval olcsóbb kivitelben, ami a végfelhasználó számára egy fontos feltétel. Az alkalmazás pedig maradt [11]



19. ábra: A harmadik generációs kesztyű

7.1. Kesztyű felépítése

A kesztyű felépítésének főbb alkatrészei:

- Szerelőkesztyű
- Hajlítás érzékelő
- HC-05 Bluetooth modul
- Arduino Uno Microcontroller

7.1.1. Szerelőkesztyű

A kesztyűválasztásnál a legfőbb paraméterek a méret, illetve az elektromos vezető képesség volt. Emiatt esett egy szerelőkesztyűre a választásom, ami árban megfizethető, rugalmas

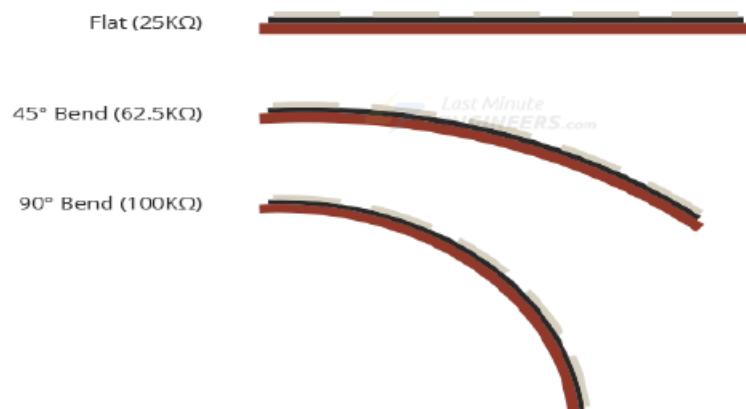
anyagú, így kisebb és nagyobb kezekre is egyaránt megfelelő. Emellett viszont van egy kellő tartása az anyagnak, így az aktuálisan nem használt kesztyű, megtartja magát a szenzorokkal együtt, így csökken a sérülékenysége a szenzoroknak.

Fontos kitétel volt, hogy az egész kezet beborítsa be a kesztyű, így kényelmesen elfér az összes érzékelő, emellett a továbbiakban van hely ezek bővítésére is. Anyagát tekintve, nagyrészt poliuretán, így az eszközt sem fogja zavarni működés közben.

7.2. Hajlítás érzékelő

A hajlítás érzékelők egy közép kategóriás szenzor árát figyelembe véve. Darabja drágább, mint az első kesztyűnél használt gyorsulásmérő, viszont nekem csak 5 darabra lesz itt szükségem, hiszen ujjanként elég egy. Ezért esett az én választásom az A1070 rövid flex érzékelőre.

Ez a kis szenzor az egyirányú elhajlást képes érzékelni. Elsőként a Nintendo kezdte alkalmazni a PowerGlove nevű kesztyűben, innen jött az ötlet nekem is, mint megfelelő alternatíva a gyorsulásmérő kiváltására.



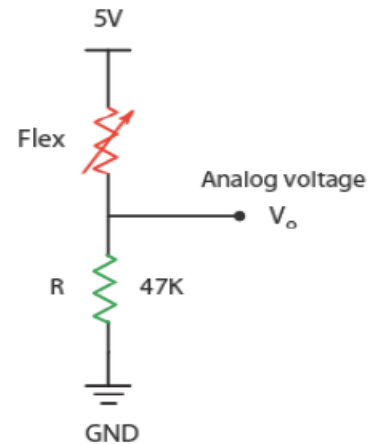
20. ábra: Hajlítás érzékelő működése

Működése igen egyszerű, hiszen gyakorlatilag ez az érzékelő egy kis ellenállás, amelynek a nagysága a szerint változik, hogy mennyire hajlítjuk meg. Nyugalmi állapotban, amikor teljesen ki van egyenesítve az érzékelő, az alap ellenállás körülbelül 25k Ω. Ehhez képest a teljesen meghajlított szenzor (90°) eléri a 100k Ω-ot. A szenzor 77,57 mm hosszú, 6,41 mm széles és 0,48 mm vastag. Így gyakorlatilag mindegyik újra megfelelő méretű, hiszen a jel felismerése szempontjából, nem akadály, ha az utolsó ujjpercet teljesen végig éri a szenzor, vagy egy pár milliméterrel rövidebb.[11]

7.2.1. Hajlítás érzékelő kiolvasása

A hajlítás érzékelő leolvasásának legegyszerűbb módja, ha egy fix értékű ellenállással (általában 47k Ω) kötjük össze, így feszültségosztót hozunk létre. Ehhez csatlakoztatni kell az érzékelő egyik végét a tápellátáshoz, a másik végét pedig egy lehúzó ellenálláshoz, ahogy az a 21. ábrán is látszik. Ezután a fix értékű lehúzó ellenállás és a hajlításérzékelő közötti az Arduino ADC egyik bemenetére csatlakozik. Így lehet létrehozni egy változó feszültségű kimenetet, amelyet az Arduino ADC bementről lehet kiolvasni. Számolását az alábbi képlettel tudjuk:[8]

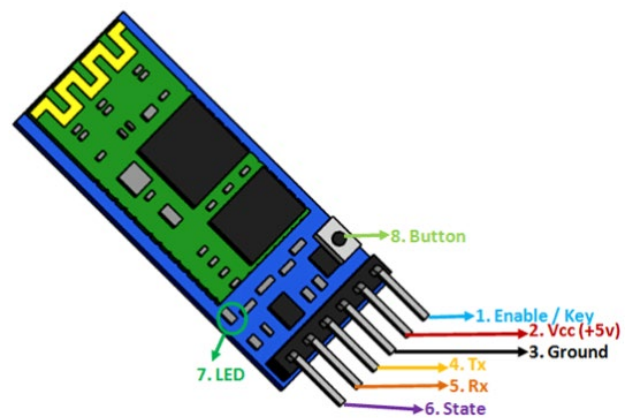
$$V_0 = V_{CC} \frac{R}{R + R_{Flex}}$$



21. ábra: Feszültségosztó

7.3. HC-05 Bluetooth modul

A választásom azért esett erre a típusú modulra, hiszen ez egy könnyen használható Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) modul, amelyet az átlátható vezeték nélküli soros kapcsolat létrehozására szolgál. Mikrokontrollerek esetében a legnépszerűbb típus. Kommunikációja soros portokon keresztül zajlik, ami nagyban megkönnyíti a kommunikációt a kesztyű és a telefonos applikáció között. Képes a master-slave kapcsolatra. Bármilyen eszközzel képes kommunikálni, (itt is kivétel azonban az IOS alapú telefonok), hatótávja a néhány méter-től egészen a körülbelül harminc méterig terjed. Ezt főként a falaktól, illetve több elektromos eszköztől függ. Viszont a telefonnal való használathoz maximum másfél-két méternél több értelmetlen lenne, erre pedig bármilyen körülmények között képes.[9]



22. ábra: HC-05 modul felépítése

7.3.1. HC-05 modul specifikáció

- Arduino és ehhez hasonló mikrokontrollerekhez fejlesztett modul

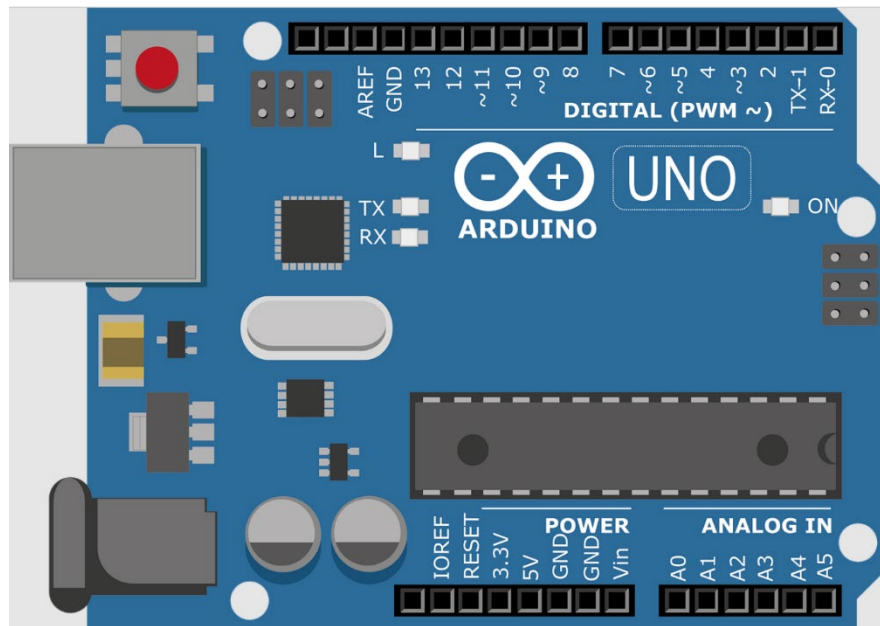
- Üzemi feszültség: 4V-6V (Általában +5V)
- Üzemi áram: 30mA
- Működési távolság: <30m
- Soros kommunikációval működik (USART) és TTL-kompatibilis
- Követi az IEEE 802.15.1 szabványos protokollt
- Frekvenciaugrásos szórt spektrumot használ
- Tud váltani master, slave vagy master/slave módok között
- Támogatott bitsebesség: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800 bit/s

7.3.2. HC-05 kivezetés kiosztás

1	Key	Ezen a kivezetésen lehet váltani az adatmód (alacsony beállítás) és az AT parancsmód (magas beállítás) között. Alapértelmezetten, az adat módban van.
2	Vcc	Működteti a modult, +5V tápfeszültségre van szüksége.
3	Föld	Földeli a rendszert.
4	TXD-adó	Soros adatokat továbbít, mindent, amit Bluetooth-on keresztül fogad, soros kivezetés porton adatként továbbít.
5	RXD-vevő	Soros adatokat fogadására alkalmas.
6	Állapot-jelző	A LED-ekkel van csatlakoztatva, visszajelzést tudunk kapni, hogy a Bluetooth modul megfelelően működik-e.
7	LED	Jelzi az aktuális állapotát a modulnak: Egy villogás 2 másodperc alatt: Parancsmódban van az eszköz. Folyamatosan villog: Az eszköz várakozik, hogy csatlakozhasson adatmódban. Két villogás egy másodperc alatt: Sikeresen csatlakozott adatmódban.
8	Gomb	A key kivezetés vezérlésére szolgál, az adat- és parancsmód közötti váltáshoz.

7.4. Arduino Uno

Az Arduino Uno egy nyílt forráskódú mikrovezérlő kártya, amely ATmega328P mikrochipen alapul. Számomra teljesen alkalmas ez az eszköz, hiszen digitális és analóg ki és bemenettel is rendelkezik. A fejlesztőpanel 14 digitális I/O kivezetésnél rendelkezik, ezek közül 6 PWM ki-



23. ábra: Arduino Uno

menet, 6 analóg I/O kivezetés és ezek programozhatók az Arduino segítségével. Valódi USB kommunikációra nem képes, a lapon elhelyezett kicsi SMD mikrovezérlő USB soros kommunikációs átalakító feladatok lát el. Külső tápegység fogadására alkalmas.[6]

7.4.1. Arduino Uno specifikáció

- ATmega328 mikrovezérlő 16MHz-es órajellel
- Üzemi feszültség 5V
- Bemeneti feszültség 7-12V között javasolt
- 14db digitális be/kimenet, ebből 6 PWM képes
- 6db analóg bemenet
- 40mA maximális áramerősség I/O lábanként
- 3,3V-os lábak terhelhetősége max. 50mA
- 32kB program memória (ebből 0,5kB lefoglalt a bootloader részére)
- 2kB adat memória
- EEPROM 1kB
- Méretek: 68.6x53.4mm
- Tömeg: 25g

7.5. Applikáció

A második kesztyű verzióval ellentétben, itt nem kell egy összetett alkalmazást megírni. Elsődlegesen a legfontosabb lépés, hogy egyszerűen csatlakoztatható legyen a kesztyűvel, majd ezután Bluetooth modulon keresztül érkezett jeleket kiírja a telefon és mellette hangosan ki is mondja. A későbbiekben fontosnak tartom az alkalmazást fejlesztését, hogy egy felhasználóbarát környezetben tudják használni az alkalmazást. Mivel gyermekek a fő célközönsége a kesztyűnek, ezért fontos, hogy mindezt a tudást játékosan, színekkel, animációkkal, hangokkal legyen átadva, ami leköti a figyelmüket.

Még egy egyszerűbb APK fájlok készítéséhez mind az Android Studiot, a Java Development Kitet, valamint az Eclipse-t is átfogóan kell ismerni. Ezeknek az elsajátítása részben az előző kesztyűk készítése közben elkezdődött, viszont a tudásom még nem magabiztos. Az alkalmazás viszont elengedhetetlen része a teszteknek, hogy ténylegesen szemléltethető legyen a kesztyű működése. Emiatt egy alternatív megoldást választottam és az App Inventor nevű program segítségével készítettem el a saját APK-m, ami után már a tesztelési fázis is megkezdődhet.

8. Kesztyű működése

8.1. Hajlítás érzékelő és az Arduino Uno kommunikációja

Miután elkészült a kesztyű és hozzá a telefonos alkalmazás is, elsőként a jeleket kell definiálni a mikrokontrollernek, hogy az ujjakat összevetve, milyen analóg értékeket várjon és az a daktíl ábécének melyik betűje, illetve száma.

Három állást kell megkülönböztetnünk egy ujj esetében, a teljesen nyújtottat, ami 0° -nak felel meg, a félig hajlítottat, ami 45° -nak felel meg, illetve a teljesen behajlott ujjat, ami nagyjából 90° -ot jelent. Fix értékeket itt sem szabad használni, ugyanis nagyon kicsi a valószínűsége, hogy pontosan a helyes fokok szerint tudod tartani egyszerre az összes ujját a jelelő.[8]



24. ábra: „I” betű jele

Majd miután az Arduino megkapta a jeleket, a szoftver összeveti ezeket. Ha például egy „I” betűt szeretnénk eljelelni (24. ábra), az leprogramozva így néz ki.

```
9  #include <stdio.h>
10
11  int main()
12  {
13      int a = 0;
14
15      int b = 0;
16
17      int c = 0;
18
19      int d = 0;
20
21      int e = 0;
22
23      void setup()
24      {
25          pinMode(A0, INPUT);
26          pinMode(A1, INPUT);
27          pinMode(A2, INPUT);
28          pinMode(A3, INPUT);
29          pinMode(A4, INPUT);
30          Serial.begin(9600);
31
32      }
```

25. ábra: „I” jel C nyelven kódolva I.

```

34 void loop()
35 {
36   a = analogRead(A0); //huvelyk
37   c = analogRead(A1); //mutato
38   d = analogRead(A2); //kozepso
39   b = analogRead(A3); //gyurus
40   e = analogRead(A4); //kis
41
42   if (a > 800 && b > 800 && c > 800 && d > 800 && e < 100 ) {
43     bluetooth.print(I);
44     delay(200);
45   }
46
47
48 }

```

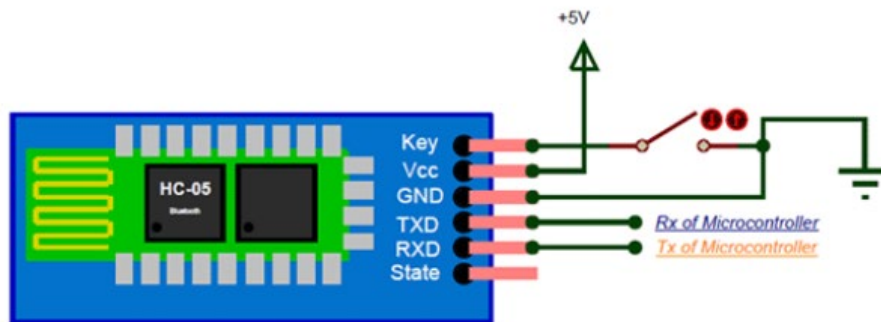
26. ábra: „I” jel C nyelven kódolva II.

Ahogy a kódban is látszik, a kisujj kivételével az összes ujjon lévő analóg jel értékét a maximum értékhez közelire várom. Csak határértékekkel dolgozok, ezzel megelőzve egy jel mutatasának a különféle variációit. Így aki nem teljesen hajlítja be az ujjait a jel formázása közben, annak is felismeri a jelét a kesztyű. A kisujj pedig szintén határértékhez van kötve, de itt pont ellentétesen, a szinte teljesen nyújtott szenzort vár a program.

A többi jel esetében is így lehet eljárni, az ujjak értékét 3 állásra lehet osztani és azokhoz kell egy meghatározott határértéket társítani.

8.2. Arduino Uno és a HC-05 Bluetooth modul kommunikációja

Miután helyesen összekötöttük az Arduinot Uno-t a HC-05 modullal, könnyű dolgunk van, hiszen előre definiált parancsokat tudunk alkalmazni.



27. ábra: Arduino Uno és a Bluetooth modul kapcsolása

A HC-05 modul két féle üzemmóddal rendelkezik, az egyik az Adat mód, amelyben küld és fogad más Bluetooth-eszközökről származó adatokat, jelen esetünkben az Arduinóról, a másik pedig az AT Command mód, ahol az alapértelmezett készülék beállításai módosíthatók. A hozzákapcsolt perifériákat e két mód bármelyikében működtethetjük, a key kivezetés segítségével tudjuk ezeket váltogatni.[9]

A HC-05 modult a mikrokontrollerrel történő párosítása nagyon egyszerű, mert a Soros port protokoll (SPP) szerint működik. Egyszerűen táplálja a modult +5 V-tal, és összeköti az Rx kivezetést az MCU Tx-el és a modul Tx kivezetését az MCU-hoz Rx-hez, ahogy az a 18. ábrán is látszik.

Bekapcsoláskor a key kivezetés földelhető, hogy Command módba tudjunk lépni, ha szabadon hagyjuk, akkor alapértelmezetten az adat módba lép be. Amint a modul áram alá kerül, aktív eszközként fog működni. Ezt követően „HC-05” néven fog működni alapértelmezetten, majd a hozzá tartozó „1234” jelszóval lehet rácsatlakozni és onnantól kommunikál is a modul.

8.3. HC-05Bluetooth modul és az applikáció kommunikációja

Könnyebb helyzetben vagyok, mint a második generációs kesztyűnél, hiszen itt a telefonos alkalmazásnak, már csak meg kell jeleníteni a Bluetooth modultól kapott jelet, illetve ezt a telefon ki is mondja. Elsőként a felső sorban egy „connection” gombot hoztam létre, majd ahogy összejött a kapcsolat a kesztyűvel ez eltűnik és a képernyő bal oldalán egy „begin” gomb található, a jobb oldalán pedig egy „stop” gomb. Az App Inventor segítségével pedig minden egyes jelhez, amit kaphat a kesztyűtől a telefon, külön hozzárendeltem egy JPG fájlt, amit az applikáción belül mentettem el, illetve ugyan e logika alapján minden jelhez egy kis hangfájlt is elmentettem, ami egyenként hangosan kimondja a betűket, illetve számokat.

Jelen esetben a feladat nehéz részét a kesztyű oldja meg. Így az alkalmazás gyengébb telefonokon is elfér és el is fut, hiszen az app a mindig a megkapott jelhez tárolt képet és hangot jeleníti és indítja le.



28. ábra: Applikáción a kesztyű által küldött „I” jel

9. Fejlesztési lehetőségek

9.1. Kesztyű napi használatra való tervezése

Jelenleg ez még egy fejlesztés alatt álló kesztyű, napi használatra alkalmatlan. Amikor eléri a hardver szinten a kész állapotot, akkor mindenképp szeretnék tervezni hozzá egy jobb anyagú kesztyűt, ami rugalmasabb anyagból van, így gyermekek és felnőttek számára is alkalmas lesz, illetve egy jóval lazább, jobban szellőző anyagot, amiben hosszútávon se melegedik be a jelelő keze. Itt a szenzorokat és a modulokat elrejttem a kesztyűben, így védettebb is lesz, kényelmesebb a viselője számára és persze a kesztyű design-át is nagyot lendítene.

9.2. Saját áramkör tervezése

Célom az, hogy miután teszteltem, egy bevált mikrokontrollerrel, hogy működik az általam megálmodott projekt, a továbbiakban a saját magam által tervezett áramkörrel működtetni a kesztyűt. Az Arduino teljes mértékben elegendő a kesztyű hardveres elvárásainak, sőt bőven többet kínál, emiatt is szeretnék a jövőben egy olyan áramkört tervezni, ami méreteiben is illeszkedik a kézhez, illetve a teljes eszköz ki lenne használva, így a későbbiekben ez a kesztyű gyártásánál ez anyagilag rengeteget jelentene és sokkal jobban személyre tudnám szabni a kesztyűt.

9.3. Újabb érzékelők használata

A kesztyű daktil ábécé jeleit, ha szinte 100%-os felismeréssel szeretném használni, akkor a jövőben szükség lesz több szenzorra, ami pontosítja a jelet.

Az olyan jeleknél, amiknél a kéz, egy minimálisan is, de mozog, olykor érdemes lenne giroszkópot vagy gyorsulásmérőt alkalmazni. A jel mellett, így mérni tudunk egy vektort, a kéz alaphelyzetéhez képest és ebből már ki lehet következtetni, hogy melyik jelet mutatta a jelelő. A mozgás használat nagy segítség lenne a kesztyűnek, hiszen miután észlelte, hogy egy mozgással együtt járó jelről van szó, a jelek nagy részét már ki is zárhatja a program.

Így a továbbiakban a kesztyű párját is el lehet készíteni, így utána már csak egy alaposabb bekalibrálásra van szükség. Ez azért nagyon fontos, hiszen, így a jelelő a testrészei megérintésével betaníthatná a kesztyűt, hol helyezkedik el a válla, a szája, a szeme, így ezeket a kesztyű

képes lenne memorizálni. Így viszont nem csak a daktil ábécét, hanem szinte a teljes jelnyelvet képes lenne megtanítani a kesztyű.

9.4. Program fejlesztése

Mivel a kesztyű gyermekek fejlesztésére készítem, az egyik legfontosabb fejlesztési rész az applikáció fejlesztése. Hiába van jól megírva a program és helyesen is működik, egy fekete alapon fehér betűt láttán, egy felnőtt is gyorsan elveszti az érdeklődését, nemhogy egy gyerek.

Mindenképpen rengeteg illusztrációval, animációval mesével egybefont tanítással, játékosan vezetné bele a kesztyű egy gyereket, hiszen, ha több impulzus éri egyszerre, az sokkal jobban képes lekötni a figyelmét.

Ehhez egy sokkal komolyabb alkalmazást kell írni, ami mellé szinte biztosan külső segítséget is kell kérnem, ugyanis ezeket esetlegesen meganimálni, vagy megrajzolni nekem óriási kihívás lenne.

Így, ha a például gyakorolni szeretne a kesztyűvel egy gyermek a daktil ábécét, akkor sokkal maradandóbb emlék marad, ha például az „O” betű jelelésénél nem „O” betű jelenik meg, hanem egy meganimált orrszarvú jelenik meg a képernyőn és ki kell választania, hogy milyen betűvel kezdődik az állat neve. Ha helyesen jelelt, akkor hanghatást kiadva valamiféle animációt tölt be a szoftver. Így egyszerre hat a kesztyű a látására, hallására, így sokkal jobban memorizálja a mozgást.

10. Összegzés

Jelen dokumentumban megpróbáltam kitérni a jelnyelv sajátosságaira, illetve a dolgozat összes olyan szegmensére, ami fontos lehet. Azt a projekt elkészítése közben is észrevettem, hogy egy olyan témát választottam, amire gyakorlatilag soha nem tudnám késznek nyilvánítani, hiszen csak amióta én dolgozom a projekten, három generációt is megélt a kesztyű és szinte biztos vagyok benne, hogy a jövőbeli tervek folytatása közben, több, újabb generáció születne, mind hardver, mind szoftver téren.

A témával kapcsolatban több hasonló projektet is találtam, főképp idegen nyelvűeket. Viszont az általam megcélzott terület, a gyermekeknek készíteni egy kesztyűt, amit nem az utcán, mindennapi teendőiben segítség, hanem az alapokra fókuszál. Aki semmiféle tudással nem rendelkezik, az is könnyedén és gyorsan tudja elsajátítani az alapokat, amivel már meg tudja magát értetni.

Sikeresen létrehoztam egy olyan eszközt, amivel ki tudja magát fejezni az, akinek erre valamiért eddig nem volt lehetősége. Emellett pedig egy nagyon jó alap, a bonyolultabb jelnyelv megtanulásához is.

A kesztyű fejlesztése egy folyamat, amiben mindig lesz egy következő lépcsőfok. Miután az idei Tudományos Diákköri konferencián első helyet sikerült a témával elnyernem, ez egy nagyon jó visszajelzés volt számomra, hogy komoly szaktekintélyek szerint is van lehetőség a projektembe és jó úton haladok. A kesztyű fejlesztése emiatt is, se szakdolgozat, se OTDK-n való szereplés után sem állna le, mert úgy gondolom, a későbbiekben a projektemnek nagy haszna lehetne a szélesebb körökben is.

11. Summary

In this document, I have tried to focus on the specificities of sign language and all the segments that are important for the work. During the development of the project, I realized that I had chosen a topic that I could never declare finished, since three generations have passed since I started working on the project, and I am almost sure that more new generations will be born in the future, both in terms of hardware and software.

I found several similar projects, mostly in foreign languages. However, the area I was targeting, making a glove for children, was not to help them in their everyday tasks on the street, but to focus on the basics. Even those without any knowledge can easily and quickly learn the basics to be able to express themselves.

I successfully created a tool that allows those who had no opportunity to do so to express themselves. In addition, it is a very good base for learning more complex sign language.

The development of the glove is a process that will always have a next step. After winning first place in the Science Student Conference this year with the topic, it was a very good feedback for me that according to serious experts, there is a possibility for my project and I am on the right track. Therefore, the development of the glove would not stop after the completion of the thesis or the participation in the OTDK, as I believe that in the future, my project could be of great benefit to a wider audience.

12. Irodalomjegyzék

- [1.] <https://magyarjelnelyv.eoldal.hu/cikkek/az-ujj-abc/az-ujj-abc.html> 2022.10.17
- [2.] <https://adoc.pub/vonzatszerkezetek-a-magyar-jelnelyvben-mta-nyelvtudomanyi-in.html> 2022.10.19
- [3.] <https://www.britannica.com/topic/sign-language> 2022.10.21
- [4.] <https://academic.oup.com/jdsde/article/19/3/285/416899?login=false> 2022.10.21
- [5.] <http://dspace.unimap.edu.my/xmlui/bitstream/handle/123456789/2911/Literature%20review.pdf?sequence=5&isAllowed=y> .] 2022.10.24
- [6.] <https://academic.oup.com/book/34430/chapter-abstract/292168189?redirectedFrom=full-text&login=false#no-access-message> 2022.11.13
- [7.] <https://www.engineersgarage.com/sign-language-glove-with-voice-synthesizer/> 2022.10.13
- [8.] http://szfi.nik.uni-obuda.hu/storage/app/media/szakirany-projektmunkak/danko_bence.pdf 2022.10.14
- [9.] https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/6431/0055_nik_pub_keszt-helyi_tezsla_palyamunka_20018_0179.pdf?sequence=1&isAllowed=y 2022.10.14
- [10.] http://publikacio.uni-eszterhazy.hu/6307/1/313_346_Alm%C3%A1di.pdf
- [11] <https://homes.cs.washington.edu/~jovan/papers/wang-2009-rth.pdf> 2022.10.14
- [12.] <http://midra.uni-miskolc.hu/document/35448/32005.pdf> 2022.10.22