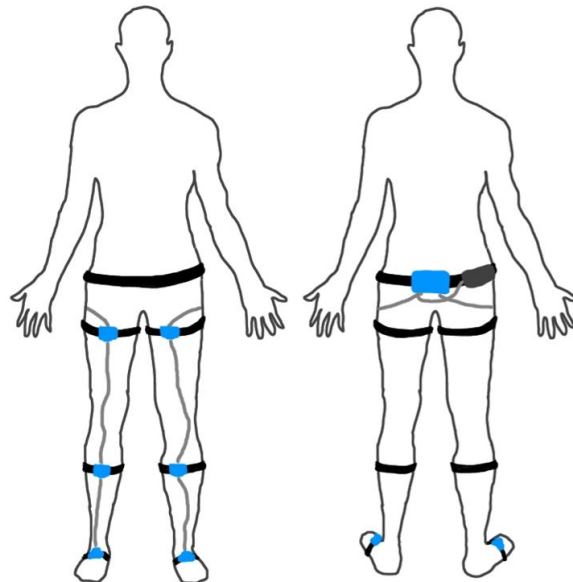


PosTracker

Járás során fellépő rendellenességeket kimutató eszköz

Kreinicker Gábor



Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium
Szeged
2020

Napjainkban egyre több adatot gyűjtünk, mint például az okos órák segítségével a pulzus vagy ECG, de akár gondolhatunk a telefonba épített lépésszámlálóra is, mégsem foglalkozunk járásunkkal eléggé. Sok embert érintenek a járásszervi problémák, ezek minél hamarabbi felismerése sok emberen nagyon sokat segíthet. Jelenleg a szűrővizsgálatok sokszor időigényesek vagy a rövidségükből adódóan pontatlanok. (Ilyenkor képes koncentrálni az ember és a lehető leghatékonyabban viselkedni.) Beható vizsgálatok csak járáslaborokban végezhetőek, melyek száma és kapacitása nem teszi lehetővé a nagy számú szűrést.

A egy olyan járáshibákat kimutató eszköz, mely a járás laborok pontosságát szeretné biztosítani, annak költségessége és összetettsége nélkül. Az orvosi rendelőben, vagy akár az iskola orvos általi, a felhelyezést követően az alany végezheti mindennapi dolgait, majd visszatérve az orvos azonnal kinyerheti az adatokat.

Az eszköz a járásproblémák diagnosztikáját jelentősen lerövidítené, ugyanis a műszerek és a járópád hosszas előkészületeket igényel, míg a felhelyezése csupán pár perc. Mivel az alany nem a rendelőben lévő járópádon végzi vizsgálatot, hanem hétköznapi környezetben, így valós, a rendelői környezettől és a megfelelési kényszer (az ún. *fehér köpeny* effektus) hibáitól mentes adatokat kapunk.

Azokat az adatokat, melyet a ki tud nyerni, jelenleg az orvosok futópádon való járásvizsgálattal és rengeteg nyomásérzékelővel, vagy Motion Capture technológiával képesek mérni.

A *Nature.com* oldalán a napokban megjelent egy cikk¹, ahol egy az enyémhez hasonló eszközt vizsgálnak.

A cikk rávilágít, hogy ezeknek a lábra erősíthető gyorsulásmérős és giroszkópos rendszereknek több hátránya is van. Egyrészt ezek a szenzorok hajlamosak időben elhangelődni, ami akár egy perc alatt méteres hibát is okozhat. Ezt drift-nek hívják, a kiküszöbölésére sok algoritmust fejlesztettek, de ezek használata nehéz és sokszor számítás igényes. Másrészt a technikai adottságok miatt egyszerre csak egy szenzor olvasása lehetséges. Ez két problémát idézett meg: A mintavételezések száma jelentősen lecsökken a Motion Capture technológiával szemben. A másik, hogy az egyes szenzorok adatai időben el lesznek tolódva. Ezekre mindre találtunk olyan megoldást, mely jelentős mértékben kiküszöböli ezeket a mintavételezési hibákat, melyeket a feldolgozó program részletes leírásánál fejtek ki.

A megalkotását az iskolai szűrővizsgálatokon tapasztalt pontatlan mérések ihlették. Az eszköz működési elvének alapját pedig az orvostudományban bevált és hazánkban is elterjedt ABPM (24 órás vérnyomásmérő) rendszerek adták.

Az eszköz felépítése több részre bontható: A központi eleme egy *Raspberry Pi*

¹<https://www.nature.com/articles/s41467-020-15086-2>

Zero W v1.1, mely feladata a mért adatok olvasása, kimentése, és egy előre kijelölt számítógépre küldése vezeték nélkül. Ez egy saját tervek alapján 3D nyomtatóval kinyomtatott házban van benne, melyet egy derékszíjjal az alanyra lehet erősíteni. Ez a ház alulról nyitott, így hozzá lehet férni a csatlakozóihoz, valamint innen jönnek ki a lábra erősíthető szenzorok kábelelei.

Hét *MPU9250* típusú szenzor alkotja a mintavételező rendszerét. Ezek képesek mérni a gyorsulást, valamint a szögsebességet x, y, és z irányban, emellett magnetométer is található bennük. Az egyik az előbb említett házban van a mellett. A további hat szenzor lábanként a következő módon oszlik el: 1-1 db a lábfejen, 1-1 db a vádlin és 1-1 db a combon. Ehhez szükséges a szintén saját tervek alapján 3D nyomtatott házakhoz erősített gumiszalagra varrt tépőzárak. Minden szenzorhoz csatlakozik 5db vezeték, melyből kettő az áramellátás, szintén kettő az adatátvitelhez szükséges és az ötödik határozza meg a szenzor olvasás állapotát.

Mindezek áramellátását egy *Huawei* márkájú 6700 mAh-s külső akkumulátor szolgálja, mely a háza mellett van a derékszíjra erősítve.

A teljes használatához három program szükséges. Ezek mindegyike python programnyelven íródtak.

Egyik a -n levő mintavételező, kimentő és továbbküldő program. Fejlesztés során egy olyan problémába ütköztem, hogy egyszerre csak egy szenzort tudtam olvasásra bírni. Utánaolvasást követően megértettem, hogy I²C buszon kommunikál a a szenzorokkal, ami alapján egy szenzor két állapotban lehet: alacsony jel esetén 0x68-as címen, magas jelnél 0x69-es címen. Az állapot attól függ, hogy az AD0 láb kap-e jelet az ötödik kábelről a -tól. Tehát nekem csak gyorsan kell váltogatnom a szenzorok állapotát úgy, hogy mindig pontosan egy legyen a 0x68-as címen, ahonnan az olvasás történik.

Ez alapján létrehozhattam egy mérési ciklust, melyek során minden szenzor egymás után egyesével aktívvá válik. Az olvasás 10 Hz-re adódott, ami azt jelenti, hogy 10 ciklus megy végbe egy másodperc alatt, tehát másodpercenként egy szenzortól tíz adatsort tudunk fogadni. Egy adatsor a hat mérendő adatot (gyorsulás és giroszkóp 3 tengelyen), a szenzor számát, és egy időbélyegzőt tartalmaz. Utóbbi célja, hogy a feldolgozás során időben el tudjuk helyezni az adatokat. Ezeket folyamatosan egy *kimenet.csv* nevű fájlba menti, mely a mérés megszakítását követően küldi el a másik számítógépre.

A másik program a fogadó számítógépen van *server* néven. Ez egy helyi szervert hoz létre, mely össze van hangolva a -n levő programmal. Ezt csak futtatni kell. Amikor adat érkezik, ez a program nekünk ki is jelzi azt. Később ez a program felhőben is futtatható, így nincs szükség lokális számítási kapacitásra, illetve a feldolgozás is gyorsulhat ez által.

A harmadik program a feldolgozó és megjelenítő program. Ez további két részre bontható: egy földolgozó részre és egy diagnózis felállító részre.

A program feldolgozó részének első feladata az adatok szenzoronkénti, majd mért adatonkénti szétválogatása. Ezután elkészítettem egy grafikont, melybe mind a három gyorsulás és mind a három szögsebességadat benne van. Ez nem volt célra vezető, átláthatatlanná váltak miatta az ábrák, így szétbontottam szögsebesség-idő és gyorsulás-idő grafikonokra.

Ez már önmagában elég lehet egy diagnózis fölállításához, azonban lehet pontosítani rajtuk. A következő megoldásokat a derékon levő szenzor x irányú gyorsulását vizsgáltam, de természetesen minden csatornára megoldható.

A viszonylag alacsony mintavételezés miatt az adatok igen szögletesen jelentek meg az ábrákon. Ezt próbálja orvosolni a *négyszetes-spline interpoláció*, amely egy, a mért adatokat tartalmazó és a valós mozgást megközelítő görbét hoz létre. (A *szögletes-spline interpoláció* során egyre több plusz pontot építünk a mérték közé, ezzel egyre inkább próbáljuk közelíteni a valódi járás mintázatát.)

A másik probléma az időbeli elcsúszás. Elvégezve egy vizsgálatot, hogy mennyi idő telt el két mintavételezés között, hamar feltűnt, hogy a mérés nem azonos időközönként történik. Ennek okai a vezérlés pontatlansága és a kommunikációs hibák. A nem jól időzített mintavételezés a spline-os interpoláció segítségével könnyen javíthatjuk, mivel a spline függvényének ismerete miatt bármely időpillanatban kiszámolhatjuk a szenzor értékét.

Ha az *autokorreláció*-t alkalmazzuk egy másik mérhető adaton (jelen esetben az y irányú szögsebességen), akkor jól látható, hogy a periódusok kezdeti és végpontjai egy időpillanatba kerültek és ehhez 100 mintás elcsúsztatás kell, ami az újra mintavételezés miatt 1 másodpercet jelent. Ez azt jelenti, hogy egy lépés 1 másodperc volt, ami hihető.

A járás frekvenciáját is meg tudjuk határozni, ha létrehozunk egy periodogramot. Ezen jól látható, hogy az én általam mért alany járása ≈ 1 Hz. (Azonos az autokorrelációval kapottal)

A másik, diagnózist fölállító részének működési alapja egy konvolúciós neurális háló. Első lépésben a gép számára jobban értelmezhető formába kellett hozni az adatokat, itt ez azt jelentette, hogy az interpolált jelet wavelet transzformáltam és az ebből létrejött igen hosszú képet felszeleteltem. Erre azért volt szükség, mert a nyers jelet nehéz feldolgozni és egy kis előmunkával sokkal jobb eredményeket lehet elérni waveletek használatával.

A tanításra egy jól bevált MNIST-re használt konvolúciós neurális hálót írtam át. A gép megtanul több mintát, melyek már előre be vannak sorolva a beteg és az egészséges tartományokba. Amint mutatunk neki egy ismeretlen járásmintát,

ő képes lesz megmondani a korábbiak alapján, hogy mely tartományba eshet.

Mivel nem volt meg a megfelelő tudásom, és a határidő is közeledett, így felkészítő tanáromtól kaptam segítséget a gépi tanulás megalkotásához.

Egy mérés menete

A jelen egészségügyi helyzet miatt lényegesen kevesebb mérésre volt lehetőségem, mint terveztem. Így most egy mérést saját magamon mutatok be.

Miután fölcsatoltam magamra az eszközt és elindítottam az adatgyűjtést, nyolc percen keresztül sétáltam állandó sebességgel. A tudat, hogy rajtam van, bizonytalan járást eredményezett az elején. De a későbbi grafikon elemzés kimutatta, hogy tartós viselés esetén egy idő után megfeledeztem a viseléséről, és megfelelési kényszertől független adatok érkeztek. Éppen ezért igyekeztem későbbi időintervallumot vizsgálni.

Nyolc perc séta után a mérést megszakítottam, majd a két lábon különböző talpmagasságú cipővel járási rendellenességet imitálva szintén nyolc percet sétáltam.

Ez után következhetett a feldolgozás. Első esetben a nyers adatok szép szimmetriát, és periódikusságot mutattak, valamint észrevehető különbséget állapítottam meg ez és az imitált járáshibás között. Így jöhetett az autokorreláció, majd ezt követte a gépi tanulás. Véletlenszerűen kiragadva a nyolc perc sétából kettő másodpercet a gép átlagosan $\approx 80\%$ pontossággal fel tudta állítani a helyes diagnosztikát általa még nem látott mintán.

A járáshiba egyetlen szenzor egyetlen gyorsulás csatornájából meghatározható volt $\approx 80\%$ pontossággal. Ha a többi hat szenzort, és minden mért adatot ráállítunk a rendszerre, akkor ez még sokkal pontosabbá tehető. Sajnos ez bonyolultabb feladatnak bizonyult, mint terveztem, de a közeljövőben remélem sikerül, minden mért adatot felhasználni a kiértékelésnél.

A egyszerűségének és sokoldalúságának köszönhetően széles körben hasznosítható.

Kezdve az ötletadó iskolai szűrővizsgálatokkal. Nagyon fontos, ha egy gyermeknek járási rendellenessége van, erről minél előbb tudomást kell szerezni. Ezzel az eszközzel egy szűrés során nagyon egyszerűen meg tudná mondani a szűrést végző orvos, érdemes-e további vizsgálatra küldeni a gyermeket.

A szintén jó lehet sérült emberek rehabilitációs gyakorlatainál. Nyomon lehet követni a fejlődés irányát és mértékét jóval kevesebb szakember igénybevételével. Ez mint fiataloknál, mint idősebbeknél hasznos lehet. Több orvostól is kaptam ígéretet, hogy amint kész van az eszköz, akkor tesztelhetem.

Sportolóknál is hasznos lehet ez az eszköz. Én - a jelen állapotoktól eltekintve - rendszeresen sportolok, így tudom, milyen fontos, hogy megfelelően mozgjunk. Például labdarúgásban kimutatható lehetne egy jól és egy rosszul elrúgott

labdánál a két technika közötti különbség, és ezáltal hatékonyabban tanulhatóvá válna a lövőtechnika. Alig néhány mérést követően bármely sportágban jelentősen lecsökkenthetnénk a sérülések számát azzal, hogy az elejétől fogva megfelelő mozgástechnikát tanulnak a sportolók.

A sokoldalúságának köszönhetően több továbbfejlesztési lehetőség is fennáll.

Jelenleg az érzékelőknek nagy házra van szüksége, ugyanis egy aljzatra vannak szerelve. Ennek oka a fejlesztés során történő gyors javítási lehetőség. Azonban az aljzat elhagyásával felére csökkenthetnénk a ház magasságát, ezzel még kényelmesebbé téve a viselését.

Ez a gondolat továbbvihető azzal, ha nem ruhára vesszük fel az eszközt, hanem egyenesen olyan ruhát készítünk, ami tartalmazza a szenzorokat. Ezeken lehetnének valamivel drágább, de praktikus és felvarrható MbientLab MetaMotion szenzorok, amelyek gombelemmel működnek, így vezeték nélkül is használható lenne.

A -t természetesen vezeték nélkülivé lehetne tenni, azonban az szenzoronként igényelne plusz jeladót, valamint a korábban említett akkumulátor probléma miatt sem biztos, hogy célszerű lenne. (Emellett a költségeket is megnövelné.)

Egy elrugaszkodott, mégis lehetséges, érdekes és sokoldalú fejlesztési lehetőség lenne, ha reverzibilissé tennénk az adatforgalmat. Elképzelhetőnek találom, hogy az olvasott jelek alapján valós időben járást korrigáló jelet küldjünk vissza az adott testrészre. Ez történhet inger kiváltó elektromos impulzussal, de akár egy mechanikus rendszerrel is. Ezzel lehetne gyorsítani a tanulást, vagy a rehabilitációt. Ez természetesen történhet vizuális visszacsatolással is.