

Ember-Gép interakció eto-robotikai eszközei

NKFI-azonosító.:120501

beszámoló időszak: 2016-11-01 - 2021-10-31

projekt záró beszámoló

1. A jelentés felépítése

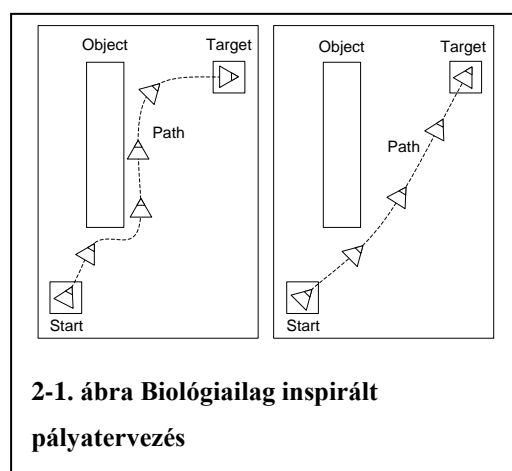
Először a már publikált eredményeket ismertetjük röviden. Ezek közül az érzelemkifejezésre alkalmas biológiailag inspirált mesterséges hangjelzéseket emeljük ki, mit az ember-gép etorobotikai interakciójának egyik legfontosabb tudományos eredményt. A Scientific Reports (D1) folyóiratban megjelent publikáció [12] nyomán több média felületen is interjú készült a kutatásról, többek között a Duna TV, Kossuth Rádió, Inforádió és a Magyar Krónika magazin számára, illetve rövid összefoglalók további híroldalokon is megjelentek. Ugyancsak részletesen számolunk be a munkatervben is hangsúlyosan megjelenő komplex viselkedés tesztről, amelyekről még nem jelen meg publikáció (a cikkek benyújtása az elkövetkező hónapokban várható).

2. Publikált eredmények

2.1. Robot mozgás, mint viselkedés elem,

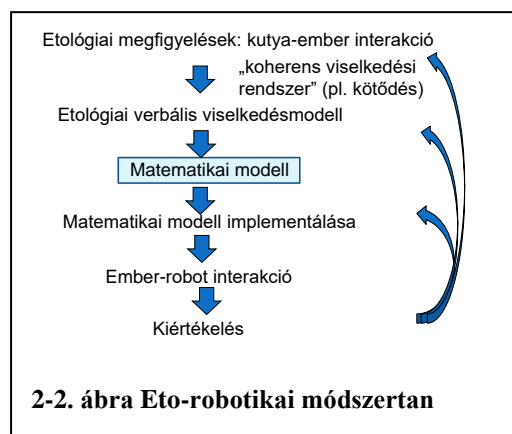
Holonomikus (élőlény szerű) robot mozgás

A viselkedés fontos eleme a mozgás ezért a pályázat első szakaszában sokat foglalkoztunk a mozgással [1, 2, 5, 15]. Itt az újdonság az, hogy a szokásos pályatervező algoritmusok nem foglalkoznak azzal, hogy a pályát követő mozgás közben milyen a robot testének orientációja. A legtöbb kerekeken guruló robot esetén ezt nem lehet különválasztani, pl az autókhoz hasonlóan a legtöbb robot sem tudnak oldal irányban mozogni, de az élőlények igen. Ezért az általunk megvalósított ún. holonom robotalapot is képes erre, a 2-1 ábrát illusztrációként mutatjuk be.



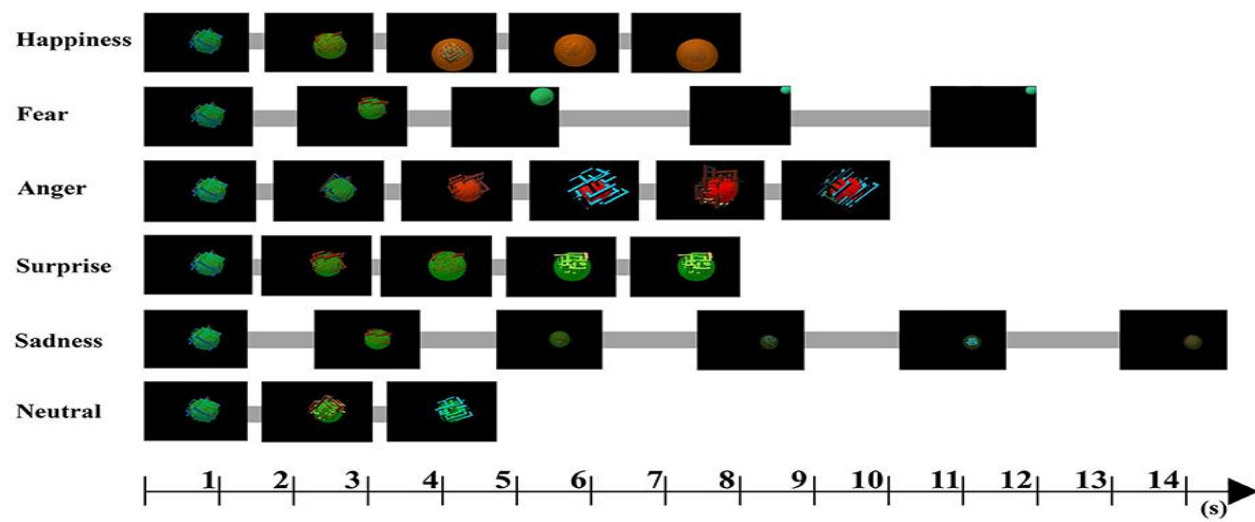
2.2. Az Etorobotika definíciója és módszertana

Az Etorobotika egy újonnan megjelenő interdiszciplináris tudományterület, amelynek célja a robotika és az etológiai ihletésű viselkedésmodellek ötvözése [3,4,6,14,15]. Példaként tekintünk a 2-2, ábrát. Az etológusok a kutya gazda megfigyeléséből etológiai modellt állítanak fel, ezt az etológiai modellt mi matematikai formába öntjük és beépítjük a robotokba, megnézzük, hogy a robot miként viselkedik (általában nem úgy, mint a kutya). Elemezzük, hogy a modell milyen hiányosságai miatt van az eltérés, és ennek megfelelően finomítjuk az etológiai modellt, és a folyamat kezdődik előről. [6,7,13,17].



2.3. Érzelemkifejezés absztrakt képekkel

Az ember-gép interakció egy speciális területe, az érzelmek kifejezése a mesterséges ágensek, például a szociális robotok vagy az interaktív mobil alkalmazások folyamatos fejlesztésével kap jelentőséget. Kifejlesztettük egy absztrakt érzelevizualizációs ágens prototípusát, amely öt alapvető érzelmet és egy semleges állapotot fejez ki. A jól ismert szimbolikus karakterekkel (pl. smiley) ellentétben ezek a megjelenítések általános biológiai és etológiai szabályokat követnek. A kijelzők értékeléséről több kérdőíves vizsgálatot végeztünk magyar és japán alanyokkal. A legtöbb esetben a résztvevők sikeresen felismerték a megjelenített érzelmeket. Illusztrációként itt is csak egy képet mutatunk be. A 2-3. ábra az ágens dinamikus változásait mutatja az érzelemkijelzések során. A kiindulási állapot minden megnyilvánulásnál azonos (boldogság, félelem, harag, meglepetés, szomorúság, semleges) [16].



2-3. ábra Érzelemkifejezés absztrakt képekkel

2.4. Kézmozdulatok gépi felismerés

Egy új, felügyelt tanulási algoritmust javasoltunk spiking neurális hálózatokhoz. Az algoritmus ötvözi a Hebbian tanulást és a legkisebb átlag négyzetek módszerét, és jól működik kevés tanuló mintával és rövid tanulási ciklussal [10,15].



2-4. ábra Szolmizációs jelekkel vezérelt zenét lejátszó robotkar

2.5. Biológiai szabályszerűségeken alapuló mesterséges hangok

Érzelemkifejezésre alkalmas hangjelzések esetén a rendszertani csoportok közötti hasonlóságot az evolúciósan konzervatív hangképzés folyamata, illetve a szárazföldi tetrapódák hangcsatornájának lényegében azonos anatómiai felépítése okozza. Ezt a jelenséget leginkább a source-filter (forrás-szűrő) elmélet magyarázza, mely összekapcsolja a fiziológiai folyamatokat és az anatómiai struktúrákat a vokalizációk akusztikai sajátosságaival. A forrás-szűrő elmélet rávilágít továbbá a fiziológiai kapcsolatokra is az állat belső, érzelmi állapota és a kapcsolódó hangok hangtani paraméterei között. Az állati hangadások valószínűleg önkéntelen kilégzési hangokból fejlődtek ki (pl. amikor az állat gyors mozdulatokkal egy ragadozó elől menekül), melyek így összefüggésben állnak a helyzetre jellemző belső állapottal. Ezek idővel a ritualizáció evolúciós folyamata során kommunikációs szerepre tettek szert, megtartva a kapcsolatot az eredeti belső állapothoz tartozó fiziológiai változásokkal (pl. fokozott izgalmi helyzetben a légzőizmok feszülése és a hangszalagok megnyúlása hosszabb hanghosszhoz és magasabb alaphérfrekvenciához vezet). Kutatásainkban ezeket az általános biológiai szabályszerűségeket használtuk fel ahhoz, hogy megvizsgáljuk, a szabályszerűségek működnek-e mesterségesen generált, nem állati hangokban is, illetve hogy szociális robotok számára használható, és könnyen különféle funkciójú robotokhoz adaptálható nem-verbális érzelmkifejező hangokat fejlesszünk ki.

2.5.1. Kísérlet: Érzelmű töltet és intenzitás vizsgálata [12]

Mivel az emberi és állati hangok akusztikailag összetett jelek, szisztematikus megközelítést követtünk, hogy felfedjük a vokalizációk mely paraméterei járulnak hozzá az alapvető kódolási szabályokhoz, és vannak-e egyéb akusztikus paraméterek melyek befolyásolják őket.

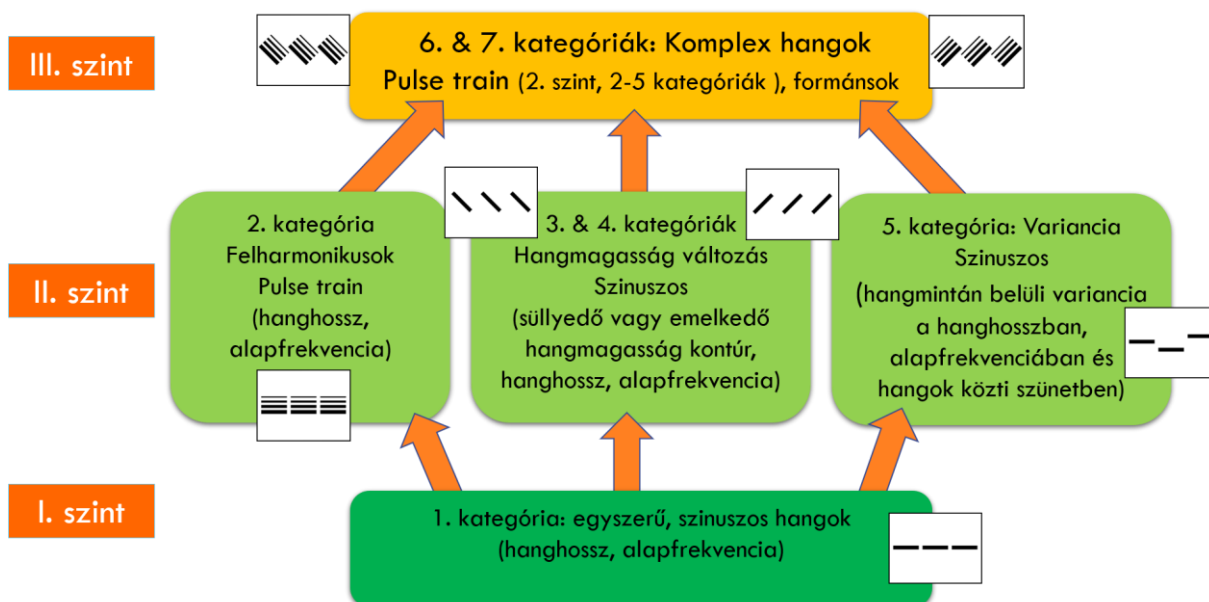
A hangok alapvető akusztikus paramétereinek változtatásával 588 db, szisztematikusán különböző hangot generáltunk Praat szoftver segítségével. A hangok 3 komplexitási szinten, összesen 7 kategóriába csoportosíthatóak, minden kategóriában 84 hanggal. A komplexitási szintek a legegyszerűbb, „gépi”, szabályos szinuszhullámból álló hangoktól indulnak, melyhez a 2. komplexitási szinten kategóriánként egy-egy olyan plusz változtatott paramétert adtunk, melyek a hangok biológiai jellegét növelte. A 3. szinten a hangok kialakításakor az összes 2. szinten bevont paraméter változtatásra került, így eredményezve a legkomplexebb, és leginkább biológiai jellegű kategóriákat. A kategóriák részletesen a változtatott paraméterekkel:

I. szint: 1. kategória: egyszerű hang (szabályos szinuszhullám), hanghossz és alaphérfrekvencia (f_0) változtatása

II. szint: 2. kategória: felharmonikusok: a hanghossz és az f_0 változtatása és felharmonikusok hozzáadása; 3-4. kategória: hangmagasság kontúr: a hanghossz és az f_0 változtatása, a hangmagasság kontúr folyamatos csökkenése (3.) illetve emelkedése (4.) a hangmintán belül; 5. kategória: variancia: a hanghossz, a hangok közti szünet hossza, és az f_0 változtatása, ezekhez variancia adása egy hangmintán belül.

III. szint: 6-7. kategória: összetett hangok: a II. szinten vizsgált összes paraméter felhasználásával (f_0 , hanghossz változtatása, nagyobb variancia, felharmonikusok, hangmagasság kontúr változás hozzáadása), illetve az emlős gégeműködést és hangutakban történő szűrést modellező formánsok hozzáadásával készült hangok.

A hangok struktúráját bemutató ábrákat és a változtatott paraméterek értéktartományait a 2-5. ábra és 1. táblázat tartalmazza.



2-5. ábra A mesterséges hangok komplexitási szintjei

Az online kérdőívben Russell dimenzionális érzelmi modelljének módosított változatát használtuk, melyben a résztvevők az egyes hangminták meghallgatása után egy koordináta rendszerben jelölték be, hogy a hangot milyen érzelmi töltetűnek (vízszintes tengely, -50-től 50-ig), és mennyire intenzívnek (függőleges tengely, 0-100-ig) értékelték. A 237 résztvevő válaszait R statisztikai környezetben többek között Linear Mixed Modeling segítségével és Tukey post-hoc tesztekkel elemeztük.

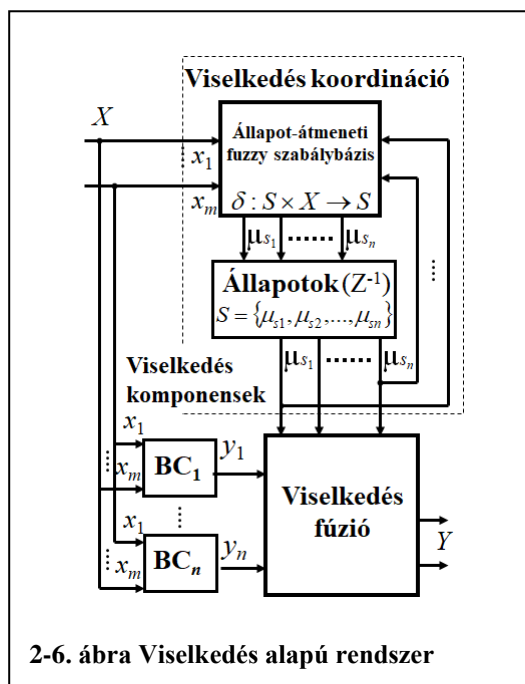
1. Táblázat: A mesterséges hangok akusztikai paraméterei

Paraméterek	Érték vagy értéktartomány (összes hangmintánál)	Variancia a 1, 2, 3, 4 kategóriákban	Variancia a 5, 6, 7 kategóriákban
Alapfrekvencia (f_0)	65Hz - 1365 Hz		Egyenletes eloszlású random érték, $\pm 5\%$ -a az f_0 -nak
Teljes hangminta hossz (hangok hossza + hangok közti szünetek)	~ 2 s (+ csend a teljes 3 s időtartamig)		
Hanghosszok	0,07; 0,16; 0,46; 0,76; 1,06; 1,96 s		Egyenletes eloszlású random érték, $\pm 25\%$ -a a hanghossznak
Hangok közti szünet hossza	0,2 s	Egyenletes eloszlású random érték, $\pm 25\%$ -a a hangok közti szünetnek	Egyenletes eloszlású random érték, $\pm 50\%$ -a a hangok közti szünetnek
Hangmagasság kontúr változása a 3, 4, 6, 7 kategóriákban	Egyenletes eloszlású random érték, $\pm 10\%$ -a az f_0 -nak		
Hangút hossza a 6, 7 kategóriákban	20 cm		
Formánsok száma a 6, 7 kategóriákban	10		
Első formáns (f_1) a 6, 7 kategóriákban	550 Hz		

Az eredmények azt mutatták, hogy az emberek a létrehozott mesterséges hangok értékelésekor is az állati és emberi hangoknál megfigyelt egyszerű szabályszerűségeket követték. A rövidebb hangok sorozatait pozitívabbnak, a magas hangokat pedig intenzívebbnek értékelték a hangok biológiai komplexitásától függetlenül. Ez alátámasztotta azt az elképzelést, hogy a vizsgált érzelmekódoló szabályszerűségek nagyon ősieks lehetnek, illetve hogy a szabályok fajtól függetlenül működnek. Ez a szociális robotok szempontjából rendkívül fontos eredmény, mivel így a szabályszerűségek betartása mellett létrehozhatóak különböző szituációkban kommunikációs szerepet betöltő érzelmekifejező hangok más-más funkciójú, megjelenésű és méretű robotokhoz.

2.6. Fuzzy viselkedésleíró nyelv (Fuzzy Behavior Description Language - FBDL)

A viselkedés-alapú rendszer (Behaviour Based System) egy hierarchikus struktúra (lásd pl. a 2-6 ábra [9]), amely viselkedés komponensekre, viselkedéskoordinációra és viselkedés-fúzióra épül. A kutatás célja egy deklaratív nyelv bevezetése, amelyet kifejezetten a viselkedés-alapú modellek beágyazott alkalmazásokba való egyszerű implementálását támogatja. A kutatás során kialakított Fuzzy Behavior Description Language (FBDL) segít a fuzzy szabály alapú rendszerek és kapcsolataik, így a viselkedés komponensek és viselkedéskoordináció fuzzy állapotgépként való meghatározásában. A kutatás során kialakított nyelv támogatja a változó konzekvensű fuzzy szabály definícióját, lehetővé téve a viselkedésfúziós függvények leírását. A hierarchikus szabálybázisok definíciójának egyszerűsítése érdekében az FBDL lehetővé teszi szabálybázis dominancia szerkezetek alkalmazását. A kialakított beágyazott alkalmazás szerint az FBDL kód, mint egy paraméter konfiguráció, közvetlenül "futhat" egy az ágenszt működtető fuzzy állapotgépen ("FRI Behavior Engine"). Ebben az esetben a FRI Behavior Engine által vezérelt ágens viselkedése közvetlenül módosítható az FBDL kód megváltoztatásával anélkül, hogy az ágenszt vezérlő szoftver más részeit át kellene programozni.



3. Még nem publikált eredmények

3.1. Kommunikációs jelzések szerepének vizsgálata felszolgáló robottal történő interakció során

A szociális robotok egyre inkább elterjednek a szolgáltatói szférában, melyek közül kiemelkedik a pincérrobotok szerepe. A szociális robotokkal történő interakciók kutatása jelentős részben jól kontrollált labor körülmények között zajlik, azonban az emberek mesterséges szituációban mutatott viselkedése eltérhet attól, amit spontán interakciók során mutatnak. Ezért kutatásainkban egyre inkább törekszünk a természetes emberi környezetben, spontán módon történő interakciók vizsgálatára, melyhez a pályázat során már kialakultak vendéglátói létesítménnyel az ehhez szükséges kapcsolatok. A Covid-járvány miatt az ember-robot interakciós tesztekre egyelőre egy

egyetemen kialakított étteremben került sor, az eredetileg tervezett valódi kávéházi környezet helyett.

A Biscee robottal végzett ember-robot interakciós kísérletünkben a kommunikációs jelzések hatását vizsgáltuk.

Kérdéseink és hipotéziseink a következők voltak:

Kiszolgáló robot esetében a robot interaktivitásának mértéke hatással van az emberek vele folytatott interakcióira és a robot kedvelhetőségére?

- Feltételeztük, hogy az interaktív robottal találkozó résztvevők többet fognak interakcióba lépni a robottal és többet fognak rá figyelni, akkor is ha a robot éppen nem velük foglalkozik.

- Feltételeztük, hogy az interaktív robottal találkozó résztvevők kedvelhetőbbnek és élőlény-szerűbbnek fogják értékelni a robotot, és jobban fogják preferálni a közelségét.

A robot interaktivitása befolyásolja a résztvevők robotokról alkotott általános attitűdjét?

- Feltételeztük, hogy az interaktív robottal találkozó résztvevők robotokkal kapcsolatos attitűdje nagyobb mértékben változik a teszt hatására, mint a minimálisan interaktív robottal találkozóké.



3-1. ábra: Biscee felszolgál a kísérlet során

A kísérletekhez használt robot, Biscee autonóm navigációra képes, melyet az alapon található LIDAR és a robot tálcáján található UH szenzorok tesznek lehetővé. A robot képes a kameraképe alapján emberi arcok felismerésére, követésére és feléjük nézésre. A tálcán található külön UH érzékelő elé rakott kézzel a robot a helyére küldhető.

Biscee, a pincér segéd robot a kísérlet során egy egyetemen berendezett étteremben szolgált fel pizzát önkéntes vendégeknek. A robot a kísérlet során autonóm módon navigált és viselkedett, a kísérletvezető csak azt az utasítást adta a robotnak, hogy melyik asztalhoz menjen.

A vendégeket a robot az ajtóban fogadta, majd odakísérte egy asztalhoz. A résztvevők elküldték a robotot, mely előbb kérdőívekkel tért vissza, majd később kártyák segítségével a rendelést vette fel. A kért pizzát a kísérletvezető helyezte a robot tálcájára, melyet a robot vitt az asztalhoz. A fizetés játékpénzzel történt, melyet a számla alapján a résztvevők tettek a robot tálcájára.



3-2. ábra: Biscee az asztalhoz kíséri a résztvevőket

adattalajukról (teszt előtt és után), személyiségükéről (11111 keruóív) és a teszt után Bisceeről alkotott véleményükről. A felvételek alapján vizsgáljuk a résztvevők által mutatott viselkedési változókat (pl. robotra való orientáció, robothoz való beszéd, robot megérintése, figyelemfelhívó jelzések használata stb.).

A kísérletben eddig több mint 80 résztvevő vett részt, a COVID-járvány okozta nehézségek miatt az eredmények publikálása jövő év elején várható.

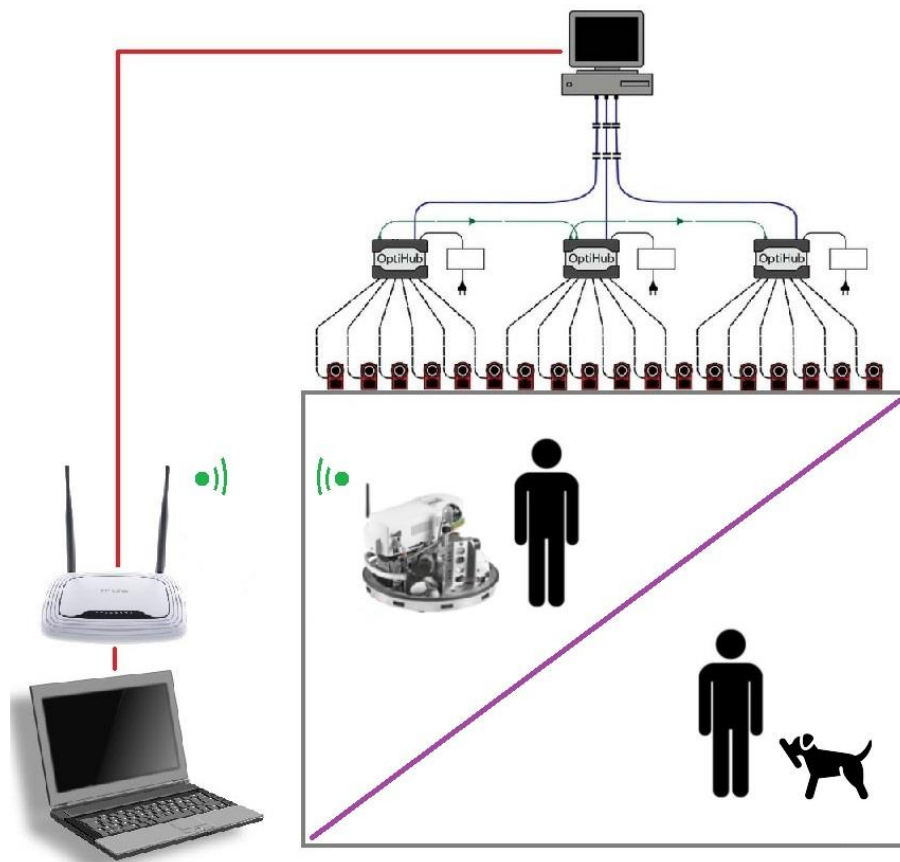
3.2. A végtagoktól független kutyaviselkedés mély tanuláson alapuló felismerése és elemzése ethorobotikai alkalmazáshoz

E kutatás alapja egy Behavior Transfer System (BTS), amely a kutyák viselkedési mintáit modellezi, és lehetővé teszi a viselkedési minták mobil robotokon való megvalósítását. A rendszer egy iSpace alapú mérési rendszerre és egy mély tanulási előrejelző algoritmusra támaszkodik. A mérési rendszer segítségével az etológiai mérések automatizálhatók az emberi kódolási hibák kiküszöbölése és az adatgyűjtési folyamat robusztusabbá és következetesebbé tétele érdekében. A betanított neurális hálózatnak kettős célja van. Először is, a neurális hálózat felhasználható etológiai mérések elemzésére és a kutya különböző viselkedési mintáinak előrejelzésére. A teszteredmények azt mutatják, hogy a megvalósított neurális hálózat 88%-os pontossággal képes hatékonyan előre jelezni a kutya figyelmét, 82%-os pontossággal a farokhajtást, 88%-os pontossággal pedig a kontaktuskereső viselkedést. Másodsor, a korábban kutyákon betanult neurális hálózat megvalósítása olyan robot működési viselkedési modellként szolgálhat, amely egy megfelelő matematikai absztrakció után utánozza a kutya viselkedési mintáját, amely a kutya mozgáskészletét robot mozgáskészletté képezi le. A kidolgozott módszer alkalmazható az etológusok viselkedéskódoló munkájának automatizálására, a betanított neurális hálózat pedig absztrakt robot viselkedést vezérlő modulként használható.

A két kísérleti csoportban a robot vagy interaktívan (üdvözlés, real-time generált hangadás biológiai szabályszerűségek alapján, arcra nézés és nézésváltás az emberek között, tálcára nézés és figyelemfelhívó jelzések, elköszönés, UH érzékelővel elküldés), vagy minimálisan interaktívan (csak UH érzékelővel elküldés) viselkedett az emberekkel való találkozások során. A résztvevők és a robot közötti interakciókról videófelvétel készült, illetve a résztvevők kérdőíveket töltöttek ki robotokkal való előzetes tapasztalataikról,

3.2.1. MÉRÉSI RENDSZER

Mérési rendszerként egy intelligens tér (iSpace) koncepciót használtunk. A rendszer egy OptiTrack rendszert tartalmaz, 18 infravörös kamerával, és a Motive 3.10 szoftverrel. A megfigyelt tér nagyjából 5 m x 2,5 m. Az iSpace vázlatos rajza a 3-3 ábrán látható.



3-3. ábra: Intelligens tér

A rögzített kamerák mozgásrögzítő rendszerként képesek követni az infrareflexiós markereket és markerkészleteket. Ha egy markert egyszerre legalább három kamera lát, a gömb alakú marker helyzete kiszámítható. Három vagy több marker merev testként definiálható. Amíg a merev test összes markere nyomon van követve, a merev test 3D helyzete és tájolása kiszámítható és lekérhető az OptiTrack rendszerből. A rendszer helyzetkövetési hibája körülbelül 0,2 mm. Az iSpace minden egyes mozgó ügynöke egyedi markerkészlettel rendelkezik, és a rendszer nyomon követi az egyes ágensek helyzetét és tájolását. A 3-4. ábra két jelölőkészletet mutat egy játékot tartó ember esetében.



3-4. ábra: Kézi markerek

A játék-marker készlet eltolt forgáspontja megegyezik a labda tömegközéppontjával. Ezzel a kialakítással a rendszer akkor is követni tudja a labdát, ha megragadják. A követett adatok naplózhatók vagy streamelhetők WiFi kapcsolaton keresztül, ha egy autonóm robotágens tartózkodik a megfigyelt térben.

Az első forgatókönyvben az iSpace beállítást használtuk a kutya viselkedésének megfigyelésére. Az etológiai mérési terv a kutya mozgására összpontosít, miközben interakcióba lép az emberekkel. A kísérlethez az ún. idegen helyzet tesztet használtunk. Az eredeti tesztet Ainsworth vezette be, hogy megvizsgálja a csecsemő és a gondozó közötti kötődést. Később a teszt módosított változatát használták az etológusok a kutyák kötődési viselkedésének vizsgálatára. A mérési forgatókönyv hét epizódot tartalmaz, mindegyik epizód két perces. Ebben az esetben a mérés jól definiált és megismételhető, ami lehetővé teszi azoknak a változóknak a vizsgálatát és azonosítását, amelyek a kutya eltérő viselkedését okozhatják. A robot működése során olyan változókra kell támaszkodnia, amelyek egy robot esetében azonosíthatók és mérhetők. A robottól vagy kutyától való emberi távolság, vagy az ágensek egymáshoz viszonyított orientációja. A mérés során használt markerkészleteket: DOG kutya, OWN a gazda, OHA tulajdonos keze, STR idegen (a kutya számára), SHA idegen kéz, TOY játék (teniszlabda), DOOR ajtó a szobába. A fő cél az volt, hogy elegendő mennyiségi adatot gyűjtsünk egy neurális hálózat tanításához. Feljegyeztük a DOG, STR és OWN markerkészlet helyzetét és tájolását. Csak a TOY, SHA és OHA markerkészletek helyzetadatait követtük nyomon, mivel ezeknek a markerkészleteknek az orientációja elhanyagolható. Markerkészlet-rövidítések és hivatkozások segítségével kiszámítottuk a megfigyelt markerkészletek relatív távolságait és szögeit a kutyához képest. Illusztrációként tekintünk a 3-5-ábrát, ahol Ainsworth idegen helyzet tesztjének 2. epizódja látható. A bal oldalon lévő tulajdonost az OWN és az OHA markerkészletek jelölik. A kutyát a DOG marker készlet jelöli meg. A jobb oldalon lévő idegent az SHA és STR markerkészletek jelölik.



3-5. ábra: Ainsworth idegen helyzet tesztjének 2. epizódja

4. Publikált cikkek listája

- [1] Bence Kovács, Géza Szayer, Ferenc Tajti, Mauricio Burdelis, Péter Korondi: *A novel potential field method for path planning of mobile robots by adapting animal motion attributes*, ROBOT AUTON SYST 82: 24-34, 2016
- [2] Ferenc Tajti, Géza Szayer, Bence Kovács, Péter Barna, Péter Korondi: *Optical flow based odometry for mobile robots supported by multiple sensors and sensor fusion*, AUTOMATIKA 57: (1) 201-211, 2016
- [3] Horváth Csongor, Kovács Szilveszter: *New cognitive info-communication channels for human-machine interaction*, Recent Innovations in Mechatronics, 2017
- [4] Miklosi A, Korondi P, Matellan V, Gacsi M: *Ethorobotics: A New Approach to Human-Robot Relationship*, Frontiers in Psychology, 2017
- [5] Szayer Géza, Kovács Bence, Tajti Ferenc, Korondi Péter: *Feasible utilization of the inherent characteristics of holonomic mobile robots*, ROBOTICS AND AUTONOMOUS SYSTEMS, 2017
- [6] Abdai, Judit ; Korcsok, Beáta ; Korondi, Péter ; Miklósi, Ádám: *Methodological challenges of the use of robots in ethological research*, Animal Behavior and Cognition, Vol 5, Issue 4, November, 2018.
- [7] V Konok, B Korcsok, Á Miklósi, M Gácsi: *Should we love robots? – The most liked qualities of companion dogs and how they can be implemented in social robots*, Computers in Human Behavior, 2018
- [8] Balázs Nagy, Beáta Korcsok, József Nánási, Mihoko Niitsuma: *EthoCar, Human-Dog Interaction Inspired Human-Autonomous Car Communication*, CAx technologies, ISSN 1314-9628, 2019.

- [9] Imre Piller, Szilveszter Kovács: *Fuzzy Behavior Description Language: A Declarative Language for Interpolative Behavior Modeling*, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 16 : 9 pp. 47-72. , 26 p. (2019), 2019.
- [10] Nagy, Balázs ; Botzheim, János ; Korondi, Péter: *Magnetic Angular Rate and Gravity Sensor Based Supervised Learning for Positioning Tasks*, Sensors 2019, 19(24), 5364, 2019.
- [11] Natabara Máté Gyöngyössi, Márk Domonkos, János Botzheim, Péter Korondi: *Supervised Learning with Small Training Set for Gesture Recognition by Spiking Neural Networks*, IEEEExplore, 2019.
- [12] Beáta Korcsok, Tamás Faragó, Bence Ferdinandy, Ádám Miklósi, Péter Korondi, Márta Gácsi: *Artificial sounds following biological rules: A novel approach for non-verbal communication in HRI*, SCIENTIFIC REPORTS 10 : 1 pp. 1-13. Paper: 7080, 2020.
- [13] Balint Tamás Rozgonyi, Natabara Máté Gyöngyössi, Beáta Korcsok, János Botzheim: *Bacterial Evolutionary Algorithm-based Feature Selection for Word Sentiment Interpolation in Hungarian Language 2021*.
- [14] V. Farkas Zita, Nádas Gergely, Kolossa József, Korondi Péter: *Robot Compatible Environment and Conditions*, PERIODICA POLYTECHNICA-CIVIL ENGINEERING 65 : 3 pp. 784-791. , 8 p. (2021).
- [15] Korondi Péter: *Machine-learning algorithms in the field of motion control and mechatronics (keynote) IEEE-PEMC konferencia 2021*.
- [16] Korcsok, Beáta ; Konok, Veronika ; Persa, György ; Faragó, Tamás ; Niitsuma, Mihoko ; Miklósi, Ádám ; Korondi, Péter ; Baranyi, Péter ; Gácsi, Márta *Biologically Inspired Emotional Expressions for Artificial Agents* FRONTIERS IN PSYCHOLOGY 9 Paper: 1191 , 17 p. (2018)
- [17] David, Vincze ; Marta, Gacsi ; Szilveszter, Kovacs ; Mihoko, Niitsuma ; Peter, Korondi ; Adam, Miklosi *Towards the Automatic Observation and Coding of Simple Behaviours in Ethological Experiments* In: Institute of Electrical and Electronics Engineers - Institute of Electrical and Electronics Engineers (szerk.) 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2021) New York (NY), Amerikai Egyesült Államok, Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok : IEEE (2021) pp. 841-842. , 2 p.