

Virtuális valóság és haderő – technológiai háttér **II. rész**

A különböző alternatív valóságok alkalmazása alapvetően az emberi érzékszervek becsapásán alapszik, amelyek hatásfoka mindig az alkalmazott módszerektől, illetve technikai megoldások fejlettségétől függött és függ napjainkban is. Bár a tanulmány előző részében bemutatott kezdetleges megoldások, amelyeket az évszázadok során különböző művészeti ágak mesterei alkalmaztak, a maguk korában zseniálisak voltak és lenyűgözték a szemlélőket, a technológia fejlődése csak a 21. században tette lehetővé olyan technikai eljárások, eszközök, illetve rendszerek kidolgozását, amelyek a lehető legtöbb érzékszervünk bevonásával alkalmasak az immerszív virtuálisvalóság-élmény kiváltására. A fejlődéstörténeti áttekintést követően, a szerzők a tanulmány második részében a VR technológiai háttérét és technikai megoldásait mutatják be annak érdekében, hogy az érdeklődő olvasók kellő ismeretek birtokában értékelhessék a különböző célú felhasználási lehetőségeket.

A 21. SZÁZAD

Az információs technológia csak századunkban érte el azt a fejlettségi szintet, amely lehetővé teszi, hogy a korábbi évtizedek innovációi a gyakorlatban is hatékonyan felhasználható technikai megoldásokban öltsenek testet, és piaci részesedésüket az élet számos területén folyamatosan növelve váljanak húzóágazatok kialakulásának alapjává. A fejlődés dinamikájának leírására korábban megalkotott törvények nagyságrendileg helyesnek bizonyultak. A Moore-törvény kimondta, hogy az integrált áramkörök komplexitá-



15. ábra. A Control VR [22]

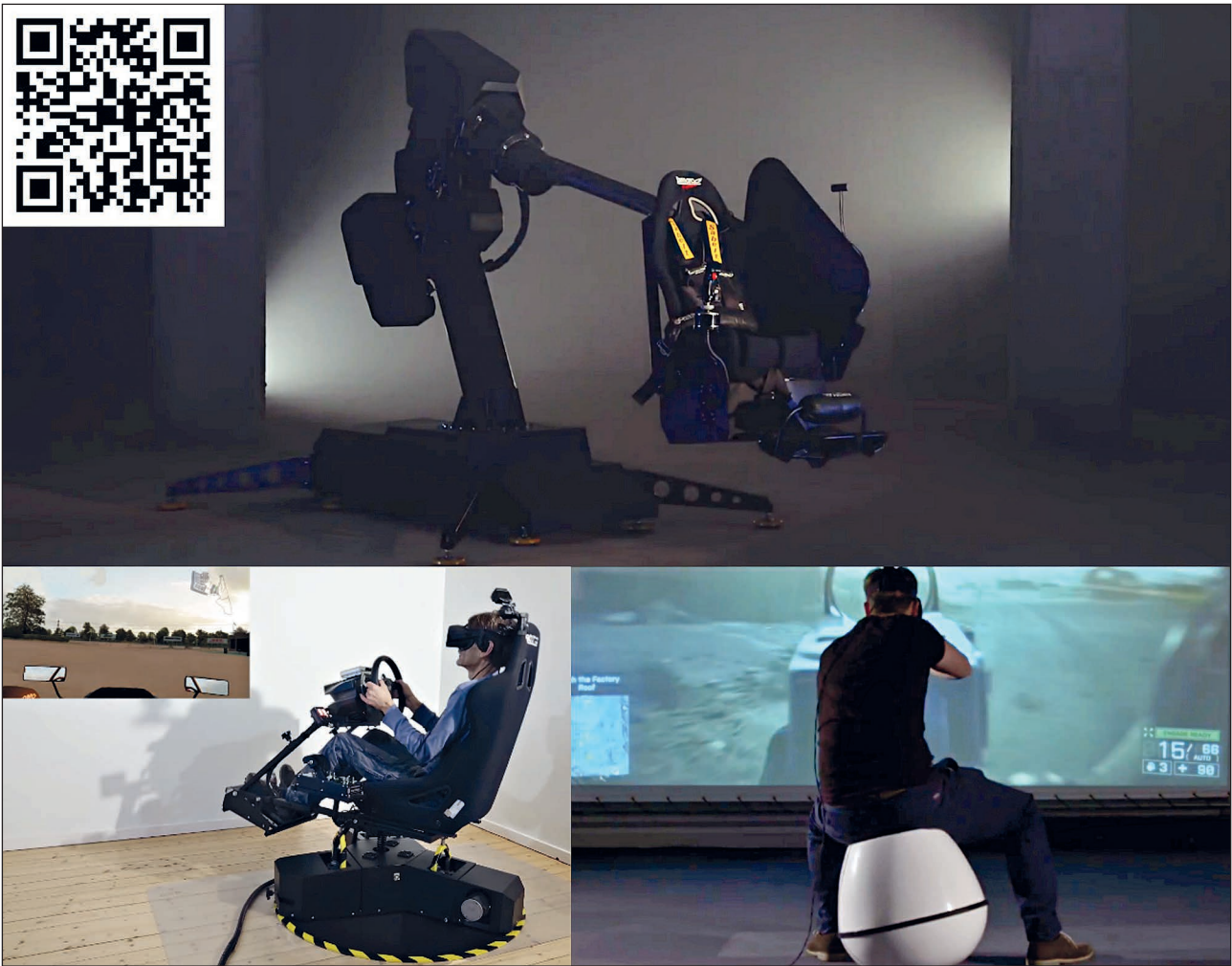
sa másfél évente, a Ruettggers-törvény szerint a memóriapok kapacitása pedig évente duplázódik, míg a Gilder-törvény alapján az adatátviteli sebesség évente a háromszorosára nő. [21] Ezeknek a folyamatoknak, valamint ezekkel összefüggésben a kutatási, fejlesztési és innovációs területeken létrejött kooperáció és piaci verseny erősödésének köszönhetően, az elmúlt két évtizedben számos VR-termék (sisakok, kesztyűk, mellények, helyzetkövető berendezések, térhatású hangrendszerek, futópadok/járószőnyegek) került kifejlesztésre, és a boltok polcaira. Ezek részletes bemutatása, vagy összehasonlító elemzése helyett célszerűbbnek látszik a legújabb eszköztípusok közül néhány jelentősebbet kiemelni.

14. ábra. A Dexmo és a Senso Glove VR-kesztyűje [41]



* Alezredes, tanszékvezető, egyetemi docens, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, ORCID: 0000-0003-2397-189X

** Tanszéki mérnök, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, ORCID: 0000-0003-4184-9492



16. ábra. Az MM1 (felső), a Racing Cube (bal alsó) és a VR GO (jobb alsó) székek [42]



17. ábra. Az Axon VR (bal) és az InfinaDeck (jobb) [43]

Az immerszív virtuális valóság élményével történő találkozás alkalmával az emberek első reakciója, hogy maguk elé emelik a kezüket. Különböző mozgásérzékelő szenzorok segítségével érhető el, hogy a kéz finom mozdulatait az eszköz le tudja képezni a virtuális térben. Erre képes például a Control VR, ami jelenleg az egyik legfejlettebb technológia ezen a területen. [22]

A VR-kesztyűk (akár az exoskeletonok részeként), mind a megjelenítési lehetőségeknek, mind a vibrációs visszajelzéseknek köszönhetően képesek fokozni az élményt. Bár a technológia még gyerekcipőben jár, megjelentek már olyan technikák, amelyek lehetővé teszik a tapintásérzet keltését virtuális objektumok megérintésekor, illetve fejlesztés alatt állnak a hőérzet befolyásolására alkalmas megoldások is, →



18. ábra. A Pimax VR Headset [44]

amelyek jelentősen kiterjesztik majd a gyakorlati felhasználás lehetőségeit. A kesztyűk piacán találkozhatunk például Dexmo, Exoglobe, vagy Senso Glove termékekkel. [23, 24]

Az immerzításemény tovább fokozható különböző elektromechanikus eszközök, például VR-székek alkalmazásával, amelyeket először speciális szimulátorok (repülő, autó) tökéletesítése érdekében fejlesztettek. A mérnökök ma már azonban univerzális megoldásokon is dolgoznak, amelyek növelik az ilyen eszközök felhasználásának szabadságfokát. Az ukrán MM például jelenleg egy minden irányba forgatható szék tökéletesítését tűzte ki célként maga elé, miközben a FaseTech a Racing Cube-bal egy lényegesen egyszerűbb, „plug-and-play” elven működő hardvert fejleszt, ami akár az átlagos felhasználók számára is elérhető, és jelenleg közel 80 szoftverrel kompatibilis. [25] Elsősorban otthoni felhasználásra készült a VR GO, amely egy egyszerű, könnyű, kompakt VR-szék. [26]

A VR-székek mellett ugyanakkor ma már „mindenirányú” futópadok is léteznek, amelyek a virtuális térben való mozgás minden lehetőségére próbálnak megoldást kínálni, egyelőre inkább kevesebb, mint több sikerrel. Az AXON VR erre a célra fejleszt az Axon VR Exosuit-ot, amelynek segítségével nemcsak járni, lépcsőzni, de akár még sportolni is lehet majd a virtuális térben. Az Infina Deck egy egyszerűbb, olcsóbb, és akár otthoni felhasználásra is alkalmas futópad megépítésén munkálkodik. [27]

A VR-eszközök piacán ma a HMD megjelenítők jelentik a legnagyobb szeletet, hiszen vizualizációs platform nélkül nem beszélhetünk a mai értelemben vett virtuális valóságról. Ma az egyik legfejlettebb készülék a Pimax VR-sisakja, ami 8k felbontásban (4k+4k a két szemre) képes megjeleníteni a virtuális teret, 16 millió pixelével pedig többszörösen felülmúlja a legtöbb versenytársát. [28]

AZ INFORMÁCIÓS TECHNOLÓGIA DINAMIKUS VÁLTOZÁSA

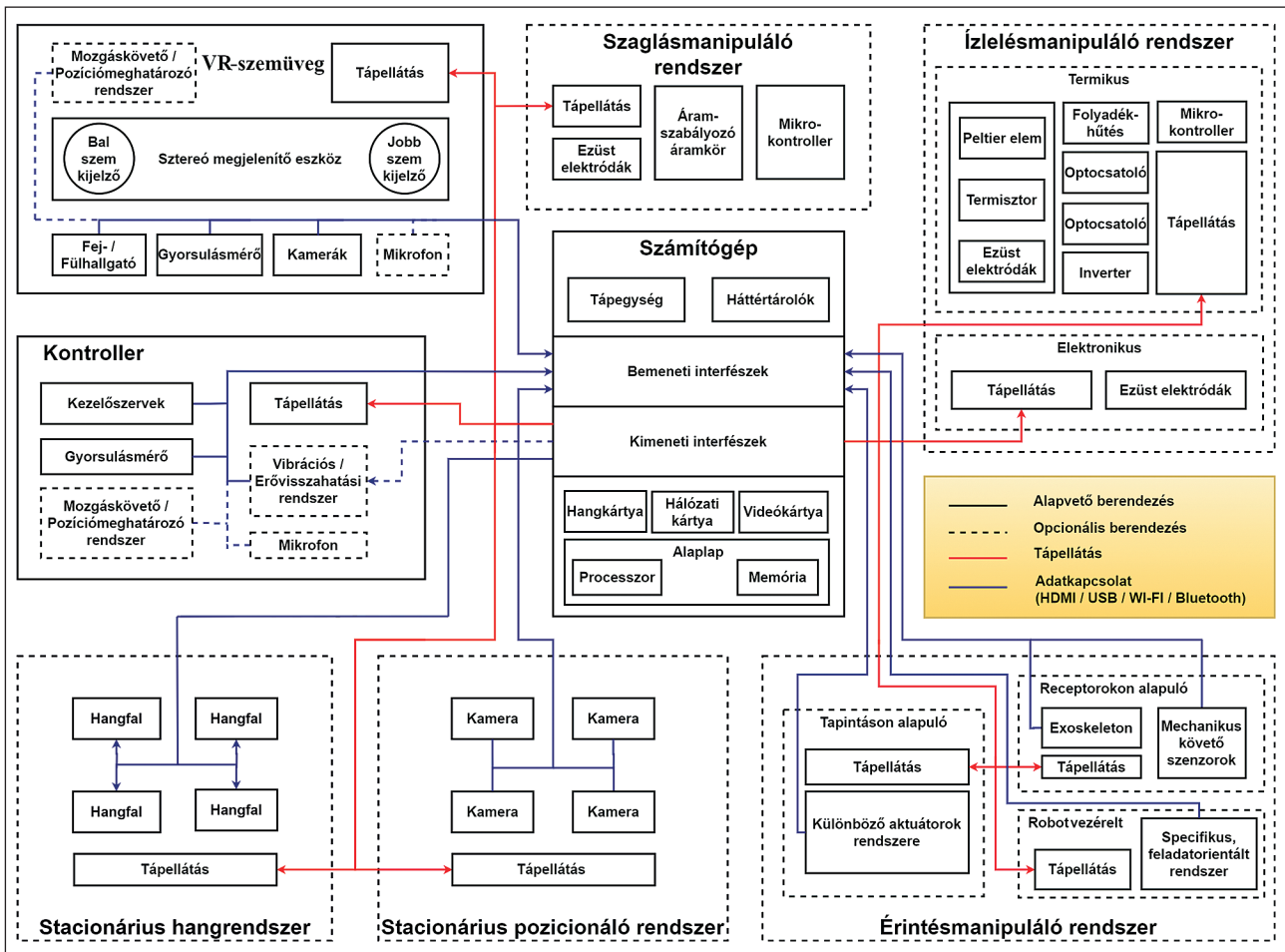
2019 végén, Budapesten nyílt meg az ország első VR-vidámparkja, amely akkor még Európában is kurióznak számított. A 2000 m²-es területen kialakított szórakoztatóközpontot az egykori Teréz körüti Szikra moziban alakították ki, ahol öt tematikus térrész áll a különböző típusú élményeket kereső érdeklődők rendelkezésére. Bár nem kimondottan tudományos szempontú megközelítés a 63 éves működést követően, 2013-ban végleg bezárt Budapesti Vidám Parkkal összehasonlítást tenni, mégis elgondolkodtató, hogy a 6,5 hektáron (65 000 m²) elterülő komplexum fenntartási és üzemeltetési költsége – a területi arányhoz hasonlóan – ugyancsak csupán 32-33-szorosa lehetett-e az új virtuális vidámparknak. E tény aligha meglepő, hiszen a nagy méretű, alapvetően elektromos meg-

hajtású mechanikus játékok energiafogyasztása, beszerzési, karbantartási költségei, valamint a több száz alkalmazott bére reálértéken nagyságrendekkel haladhatta meg egy kizárólag VR-eszközökön alapuló, mai vidámpark létesítési, fenntartási, és üzemeltetési költségeit. Ez a körülmény pedig nem, hogy nem elhanyagolható szempont, de alapjaiban határozza meg a VR-alapú megoldások terjedésének dinamikáját az élet minden területén, legyen szó szórakoztatásról, az ipar, a kereskedelem és a közlekedés folyamatairól, egyézségügyi ellátásról, oktatásról, továbbá a katonai-, illetve rendészeti kiképzésről.

Természetesen ahhoz, hogy az elmúlt évtizedek során a tudósok sokszor bohókásnak tűnő ötleteiből, találmányai-ból a gyakorlatban is hasznosítható műszaki megoldások, piacképes termékek szülessenek, az információs technológia jelentős fejlődésére volt szükség mind a számítási és tárolási kapacitások, adatátviteli technikák, mind pedig a különböző perifériák területén. Mivel a valóságérzet mesterséges keltéséhez az emberi érzékelés befolyásolása szükséges, a VR-rendszerek esetén különösen nagy jelentősége van a szenzortechnikának. Szenzorokkal érzékeljük a felhasználók környezetét, pillanatnyi helyzetét, mozdulatait, egyéb reakciót (pl. pislogás, szemmozgás), vagy akár testük fiziológiai állapotát (pl. pulzus, légzésszám, bőrelenállás), majd a rendszer a mérési eredmények kiértékelését követően, ennek megfelelően különböző változtatásokat hajt végre a virtuális térben. Ennek a folyamatnak kétirányúnak kell lennie és kvázi valós időben szükséges lezajlania ahhoz, hogy az illúzió, az immerzítés élménye minél tökéletesebb legyen. Ezért a virtuális térben bekövetkező változások a perifériákon keresztül visszahatnak a felhasználóra, annak érzékszervein keresztül. Jelen tanulmány további részében ennek technológiai hátterét és egyes technikai megoldásait mutatjuk be.

A VIRTUÁLISVALÓSÁG-RENDSZEREK FELÉPÍTÉSE, ELEMEI

Annak módja, ahogy az egyes résztvevők a VR-térben interakcióba léphetnek a környezetükkel, illetve egymással, nagyban befolyásolja a virtuális világgal való tapasztalásukat, azt, hogy mennyire képesek az adott „jelenet” részeseivé válni. Ennek mértékét a felhasználóit szoftveres megoldások és technikák mellett alapvetően azok a perifériák határozzák meg, amelyekkel a felhasználó valamilyen fizikai kapcsolatba kerül. Ebből következik, hogy az embergép interfészt biztosító, a virtuális környezet kialakításáért, valamint az onnan érkező hatások érzékeltetéséért felelős különböző kimeneti eszközök, illetve a virtuális térben történő tevékenységek lehetővé tételéért (a fizikai térben végrehajtott változtatások, illetve a változások VR-térbe történő leképezéséért) felelős beviteli eszközök minősége, műszaki paraméterei és általános felhasználói tulajdonságai alapjaiban határozzák meg az immerzításemény fokát. Ezért fontos, hogy a folyamatos fejlődő technológiai háttér által biztosított új technikai megoldások mielőbb beépüljenek a minél valóságghűbb megjelenítést támogató vizualizációs [29] alrendszerbe, illetve az egyes perifériák legyenek képesek az érzékelés többi területén is (hangzás, tapintás – bőrérzékelés, szaglás, ízlelés) a valóságélmény fokozására. Ez különösen fontos olyan rendszerek esetén, amelyek igénybevétele valamilyen valóságos feladat végrehajtására történő felkészítés érdekében zajlik. A legbonyolultabbak közé tartoznak a katonai és rendészeti kiképző, harcszimulátor, illetve különböző járműszimulátor rendszerek, vagy a világűrben végzett tevékenységeket gyakoroltató komplex megoldások.



19. ábra Komplex VR-rendszer (változat) blokkdiagramja (Forrás: a szerzők szerkesztése)

A 19. ábrán a VR-rendszerek egy lehetséges sematikus felépítése látható, amely egyrészt olyan részegységeket, illetve alrendszereket tartalmaz, amelyek elengedhetetlenek az alap immerzítási élmény kiváltásához, illetve a virtuális környezetben történő tevékenységhez, másrészt olyan funkciókat megvalósító blokkokat, amelyek a valóságérzet fokozására használhatók a bevont érzékszervek körének kiterjesztésén keresztül.

Tekintettel arra, hogy egy egészséges ember a környezetéből származó információk 40-60%-ához a látásán keresztül jut hozzá, amely feldolgozásához aktív agyi kapacitása közel 40%-át használja fel [30], nemcsak fiziológiai szempontból tekinthetünk rá a legfontosabb érzékszerveként, hanem a valóságérzet mesterséges előállítása során is elsősorban a szemünk becsapására kell törekednünk, így a látás képezi a VR-rendszerek alapját. A rendszer központi eleme egy gyors, nagy számítási és tárolási kapacitással rendelkező számítógép, amelynek nagy teljesítményű videokártyája felelős a komplex virtuális környezet vizuális tartományának kialakításáért és kezeléséért, míg az ehhez valamilyen vezeték, vagy vezeték nélküli grafikus interfészen csatlakozó, fejre helyezhető sztereó kijelző (HMD – Head Mounted Display) annak megjelenítéséért.

Ez tulajdonképpen az úgynevezett VR-szemüveg, amely képes a felhasználó körül a virtuális világ megjelenítésére, míg az ott található objektumokkal történő interakció lehetőségét egy kontroller (játékvezérlő) biztosítja. Ez a két periféria és a számítógép, valamint az azon futó szoftver jelenti a minimális konfigurációt, amelyet további, különbö-

ző rendeltetésű alrendszerrel, kimeneti, illetve beviteli eszközzel egészíthetünk ki az immerzivitás élmény fokozása, új funkciók kialakítása, a meglévők kiterjesztése, tökéletesítése érdekében. Ide sorolhatók például a kiterjesztett virtuális hangtér előállítására, vagy éppen a virtuális térben történő mozgások precizitásának fokozására szolgáló sztereó hang-, illetve pozicionáló rendszerek, amelyek számos további kiegészítő szenzor jelére támaszkodva javítják a felhasználók valóságérzetét. Ugyanakkor megannyi speciális periféria, játékvezérlők (kormányok, pedálok, műszerfalak botkormányok), VR-székek léteznek különböző járműszimulátorokhoz, vagy éppen fegyveres harcshimulátorokhoz.

A számítógép feladata leegyszerűsítve, hogy szabványos interfészein keresztül, meghatározott protokollok szerint fogadja az egyes perifériák szenzorai által küldött jeleket, fuzionálja és feldolgozza (értékeli, értelmezi, elemi) azokat, majd előállítsa a különböző kimeneti eszközök működtetéséhez szükséges (információs és vezérlő) válaszjeleket, azaz hogy kvázi valós időben összehangolja a csatlakozó alrendszerek működését, amely a perifériák számának növekedésével egyre bonyolultabb (számításigényesebb) feladattá válik.

A funkciók bővítése, a használat egyszerűsítése mellett fontos cél lehet a VR-eszközök alkalmazása közben a kényelem javítása, amely a különböző ergonómiai szempontok figyelembevételén túl, a vezetékcsatlakozások számának minimalizálására való törekvést is jelenti. A vezetékek és kábelek jelentősen korlátozzák a felhasználó mozgásának szabadságát, ezáltal gátolva a virtuális világban törté-



nő elmélyülést, a valóságélmény kialakulását. Ezért a fejlesztők a megfelelő adatátviteli sebességet biztosító hagyományos USB (Universal Serial Bus – univerzális soros sín) és HDMI (High Definition Multimedia Interface – magas felbontású multimédiás csatlakozási felület), vagy egyéb vezetékes megoldásokkal szemben egyre inkább előnyben részesítik a Bluetooth²³ vagy WiFi²⁴ alapú vezeték nélküli kapcsolatokat.

BEVITELI TECHNOLÓGIÁK

A VR-rendszerek egyik legfontosabb jellemzője, hogy képesek a felhasználót az általuk létrehozott alternatív valóság részévé tenni. Ehhez a különböző beviteli eszközöknek kvázi valós időben kell közvetíteniük számos információt a felhasználóról és környezetéről, amelynek részeként az emberi test lehető legtöbb részletének mozgását is követni kell annak érdekében, hogy a virtuális térben történő tevékenység minél valóságosabb hatást keltsen. Erre a célra ma már rendkívül sokféle eszközt, illetve ezek komplex rendszerét lehet alkalmazni, mint például billentyűzet, egér, joystick, botkormány, kormánykerék, játékkontroller, kamerák, mikrofonok, érintőpad, globális műholdas helymeghatározó rendszer (GNSS – Global Navigation Satellite System), inerciális szenzorok, mágneses szenzorok, nyomásérzékelők, bioszenzorok. A beviteli technológiákat alapvetően háromféle szempont szerint csoportosíthatjuk: mozgáskövetés (a rendszer hogyan látja a felhasználót), hangfelismerés (a rendszer hogyan hallja a felhasználót) és fizikai bemeneti eszközök (a rendszer hogyan érzi a felhasználót). [31]

SZENZOROK

Minden beviteli rendszer működésének alapját különböző szenzorok biztosítják, amelyek a környezet fizikai és/vagy kémiai állapotváltozásait képesek érzékelni, majd elektromos jelekké alakítva továbbítják azokat feldolgozásra. Az így nyert információk értékelést, majd értelmezést követően járulhatnak hozzá a rendszer által vezérelt különböző folyamatok hatékonyságának növeléséhez, mint például a tervezés vagy a döntéshozatal. [32] A mozgások detektálására, illetve megfigyelésére jellemzően különböző helymeghatározó, mozgáskövető szenzorokat, illetve kamera-rendszereket alkalmaznak. A VR-technológia esetén többnyire adott egy fixen telepített bázisállomás, amely fogadja annak a szenzorokkal felszerelt eszköznek a jelét, amelyet a bemérendő célobjektumon, követendő személyen (felhasználón) helyeztek el. Az érzékelők a fej, a kéz, az ujjak, a szemek, a törzs és a lábak mozgását is követhetik a rendszer kialakításától függően. A szenzorok kiválasztása során négy fontos tényezőt célszerű figyelembe venni: az érzékenységet/hatótávolságot (milyen távolságból, illetve távolságig képes érzékelni a változásokat), a pontosságot (a legkisebb érzékelt elmozdulás mértékét), a választóidőt (egy mozdulat által generált jelváltozás detektálásához szükséges időt) és a fajlagos költségeket. Természetesen olyan megoldások nem léteznek, amelyek minden szempont szerint a legjobb eredménnyel rendelkeznek, ugyanakkor érdemes megjegyezni, hogy a szenzortechnika napjainkban igen dinamikus fejlődik, ezért a paraméterek tekintetében is folyamatos javulásra számíthatunk. Számos szenzortípust különböztethetünk meg működési elvük, illetve annak alapján, hogy milyen jellemzők változását képesek érzékelni. Például az észlelt fizikai jelenség/hatás

szerint beszélhetünk többek között hő-, radioaktivitás-, elektromágneses, vagy fényérzékelőkről, illetve a működés során felhasznált jelek (elvek) szerint megkülönböztethetünk elektromos, mágneses, vagy optikai érzékelőket. [33] A szenzorok közül egyet – jelenlegi képességei és a perspektivikus alkalmazási lehetőségei miatt – mindenképpen érdemes kiemelni. A LIDAR (Light Detection and Ranging – lézer alapú távérzékelés) tulajdonképpen egy lézer alapú radar, amely nagy sűrűségű mintavételezéssel (távolságmérés) képes a környezet pontos feltérképezésére, és az általa szolgáltatott nagy mennyiségű adat integrációjával, szűrésével akár annak 3D digitális modellje is előállítható. Ez az eszköz, a többi tájékozódást segítő megoldással szemben, számos előnnyel rendelkezik. Ilyen lehet például, hogy egyrészt a képek minősége nem függ a napszaktól, másrészt a gyakori és többirányú mintavételezés eredményeinek feldolgozása során kiküszöbölhető a felszíni növényzet hatása, ezáltal akár a természetben alkotott képek minősége is megfelelő lesz. [34] [35] [36]

HANG- ÉS BESZÉDFELISMERŐ RENDSZEREK

A VR-térben történő együttműködést igénylő tevékenységek esetén fontos megoldandó probléma a (valós és virtuális) szereplők közötti kommunikáció (ember-ember, ember-gép) lehetőségének biztosítása, ezért a beszéd virtualizációjához is szükség van beviteli eszközökre. A mikrofon, illetve mikrofonrendszerek által analóg villamos jellel alakított hangok digitalizálása és feldolgozása ugyanakkor számos további lehetőséget is kínálhat akár a hangvezérlés, akár a tevékenységkövetés területén. A beszédfelismerés illetve értelmezés a mesterséges intelligencia (MI) alapú megoldásoknak köszönhetően ma már egyre hatékonyabb lehetőséget biztosít akár a gépekkel (virtuális szereplőkkel) folytatott, természetesnek ható kommunikáció megvalósítására is. Távolati cél lehet, hogy az ilyen rendszerek képesek legyenek a szavak, illetve mondatok felismerésén, illetve elemzésén és értelmezésén túl, megérteni a különböző társalgási kontextusokat, hangulati tényezőket, esetleg vizuális információkkal kiegészítve, azokkal komplexen kezelve a nonverbális kommunikáció eszköztárát. Ennek megvalósulása esetén a virtuális világ gépi algoritmusok által vezérelt szereplői képessé válnak a valós szereplőkkel, illetve azok „avatar”-jaival²⁵ történő folyamatos beszédalapú kommunikációra. Hasonló rendszerek már ma is léteznek, de ezek még nem képesek az emberekkel történő hiba nélküli, természetesnek ható szabad társalgás megvalósítására. [37]

FIZIKAI BEVITELI ESZKÖZÖK

A bemeneti eszközöknek ma már vélhetően ez a legnagyobb csoportja. Ezeket a legtöbbször specifikusan tervezik egy adott alkalmazási módhoz optimalizálva, például játékokhoz, vagy kiképzéshez. Ide tartoznak [31]:

- a fizikai kontrollerek: pl. gombok, kapcsolók, joystickok;
- a kellékek (legtöbbször mozgathatók), amelyek egy adott objektumot szimbolizálnak: pl. fegyverek, dobók, orvosi eszközök;
- a platformok, amelyekben a felhasználó elhelyezkedve (vagy ahhoz rögzítve) részévé válhat a virtuális világnak, és amelyeken keresztül a fizikai kölcsönhatások egy része megvalósulhat a felhasználó és avatarja között: pl. különböző futópadok, VR-székek, VR-szobák vagy kioszkok.

Az ilyen eszközök gyakran alkalmaznak erővisszahatási megoldásokat is, amelyek segítségével a felhasználó érzékelési például a VR-térben megjelenő akadályokat, fizikai hatásokat, azaz nemcsak beviteli, hanem kimeneti funkciókat is megvalósítanak.

KIMENETI TECHNOLÓGIÁK

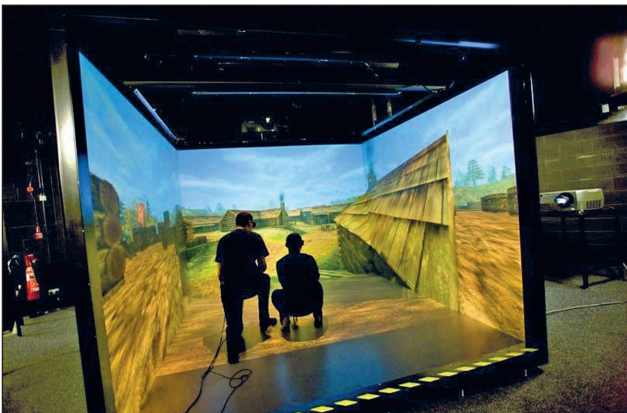
A megfelelő VR-tapasztalat megszerzése, a kívánt élmény elérése érdekében a felhasználókat fizikailag és mentálisan egyaránt integrálni kell a virtuális környezetbe. Ezt azzal érik el, hogy a különböző érzékszerveket, vagy alternatív módszerként az agy érzékelésért felelős területeit stimulálják. Ezeket a hatásokat különböző kimeneti eszközök segítségével lehet elérni, ezáltal fokozni a felhasználók immerzivitás élményét. Másképp megközelítve a kérdést, a kimeneti eszközök feladata, hogy a felhasználót minél nagyobb mértékben határolja el a külvilágtól, illetve az onnan érkező ingerektől annak érdekében, hogy a virtuális térbe történő integrációja a lehető legjobb hatással valósulhasson meg. A továbbiakban tárgyalt technológiákat, az egyes érzékszervekre kifejtett hatásuk alapján csoportosítottuk.

MEGJELENÍTÉS

A kimeneti technológiák közül a virtuális tér vizuális elemeinek megjelenítéséért felelős alrendszer a legmeghatározóbb az immerzivitás élmény kialakítása szempontjából, így annak minősége műszaki paraméterei és pszichofizikai jellemzői alapjaiban határozzák meg egy VR-rendszer alkalmazhatóságát. A legismertebb ilyen eszközök a HMD-k, annak ellenére, hogy nem feltétlenül ezek biztosítják a legjobb vizuális élményt. Az általános funkciók mellett minden megjelenítőnek vannak sajátos jellemzői, amelyek különböző alkalmazási területeken biztosítják a hatékony felhasználás lehetőségét. Léteznek projektorokat használó stacionárius megjelenítő eszközök, mint például egy környezet kivetítésére szolgáló CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) rendszer, fejre illeszthető eszközök, például az okkluzív vagy okostelefonos megjelenítéshez, vagy különböző kézben tartható megjelenítőkhöz, amelyeket gyakran kombinálnak stacioner megoldásokkal. [31]

A HMD-k csoportjába tartozó VR-szemüvegek képezik jelenleg a piac legdinamikusabban fejlődő szegmensét. Az ilyen eszközök a két szem számára két különböző nézőpontból készült képet jelenítenek meg a térélmény (mélységérzékelés) előállítására érdekében. Fontos műszaki jel-

20. ábra. A CAVE megjelenítő rendszer [45]



lemzőjük tehát az alkalmazott kijelző típusa, felbontása, képráfrissítési frekvenciája, a látómező kiterjedése, a fejlődés követésének módja. Emellett egy rendszer kialakítása során komoly figyelmet kell fordítani az eszköz optimális működéséhez szükséges számítógépes hardverkonfiguráció, különösen a videokártya helyes megválasztására.

HANGZÁS

Látásunk után a hallásunk útján juthatunk hozzá a második legnagyobb mennyiségű információhoz, így a VR-élmény megteremtésének is integráns része kell, hogy legyen a hangter mesteres elállítás. A különböző hanghatásokat kiváltó eszközöket a vizuális megjelenítőkhöz hasonló szempontok szerint lehet csoportosítani:

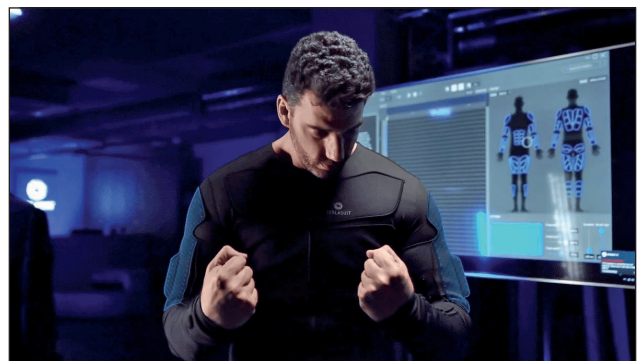
- stacionárius megoldások, hangszórókból felépülő hangrendszerek;
- fejre illeszthető eszközök, fej- és fülhallgatók;
- kézben tartható eszközök, kontrollerek, okostelefonok, táblagépek hangszórói.

A valóságoshoz minél hasonlatosabb térélmény elérése érdekében több megoldás együttes alkalmazására is lehetőség nyílik komplex adaptív hangrendszerek kialakításával. [38]

ÉRINTÉSÉRZET

Az érintésérzet fogalma hallatán a legtöbben kizárólag a bőrfelszínnel történő tapintásra, illetve érzékelésre asszociálnak, holott ez egy ennél lényegesen komplexebb folyamat, amelyben az izmoknak és csontoknak is van szerepük. Ennek megfelelően az érintéssel történő érzékelésnek két alapvető típusa van, amelyet a virtuális térben való tevékenységek során is felhasználhatunk, a bőrérzékelés és a proprioceptív²⁶ érzékelés. Előbbibe tartozik például az, amikor egy hideg vagy egy forró felületet érint meg a felhasználó, míg utóbbiba az, amikor meg akarunk emelni egy dobozt, és érezzük az ehhez szükséges erőt az izmainkban, a terhelést pedig a vázrendszerünkben. Az érintésérzetért felelős eszközök esetében eltér a csoportosítás a vizuális megjelenítésért és a hanghatásokért felelős eszközökétől. Ezen a területen megkülönböztethetünk tapintáson alapuló, effektorokon alapuló²⁷ és robotvezérelt eszközöket. Tapintáson alapuló eszközök lehetnek például a VR-kesztyűk, VR-mellények, amelyeket fel lehet szerelni akár effektoralapú mechanikus eszközökkel (exoskeleton) is, amivel a végtagok már terhelhetővé válnak. Nagyon ritkán alkalmaznak különböző feladat-specifikus céllal kifejlesztett robotvezérelt eszközöket, amelyek ma még

21. ábra. A Teslasuit VR-mellénye [46]



többnyire csak prototípus formában léteznek, ugyanakkor idő kérdése, hogy ezen a területen is forradalmi változások kezdődjenek. [39]

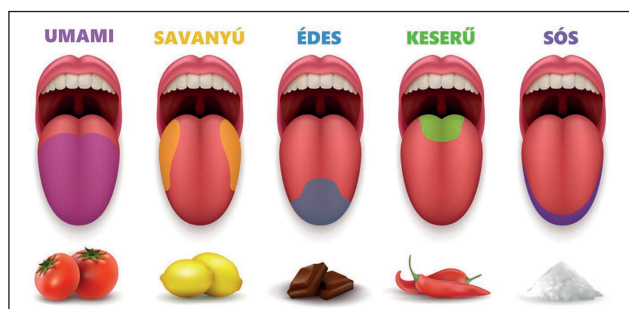
Az eddigi rendszerekkel ellentétben, az ízlelés és szaglász digitális térben történő megvalósítása ma még csak a kezdeti fázisnál tart, de a jövő katonai VR-alapú kiképzési rendszereinek a most kísérleti stádiumban lévő megoldások várhatóan már integráns részévé válhatnak.

DIGITÁLIS ÍZLELÉS

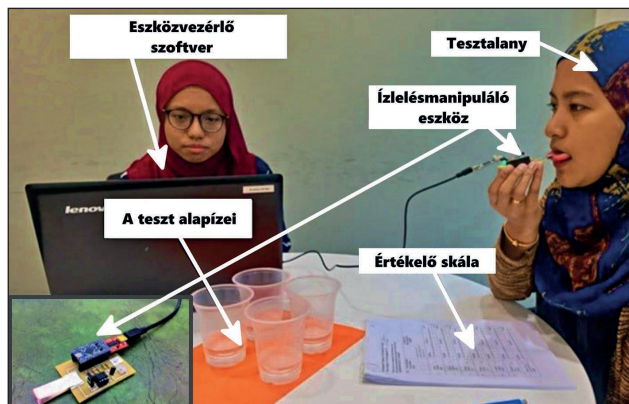
Az ízlelés olyan érzékünk, amelyre a fejlesztők a virtuális technológiák között mostanáig nem helyeztek nagy hangsúlyt. Ízérzetet létre lehet hozni különböző kémiai anyagok segítségével, azonban a digitalizáció során nem használhatunk ilyen megoldásokat. Jelenleg a digitális ízlelésnek két csoportját különböztethetjük meg aszerint, hogy milyen módszert használnak az ízérzet kiváltására. Ez történhet hőszabályozással, és elektromos jelek alkalmazásával. Az első megoldás esetén a nyelv felületi hőmérsékletének (hőmérséklet eloszlásának) változtatásával manipulálják az ott található receptorokat, így hozva létre a kívánt íz érzetét. Egy ilyen kísérleti eszköz látható a 22. ábrán.

A másik megoldás alapelve, hogy ha elektromos impulzusokkal stimuláljuk a nyelv megfelelő részeit (23. ábra), akkor előállítható az öt alapíz érzetének (édes, keserű, savanyú, sós, umami) egyike, illetve több terület különböző intenzitású villamos stimulációjával akár tetszőleges ízek is előállíthatók.

A 24. ábrán egy villamos elven működő kísérleti ízlelésmanipuláló rendszer tesztelése látható, amellyel már több íz érzetét is sikerült előállítani. [40]

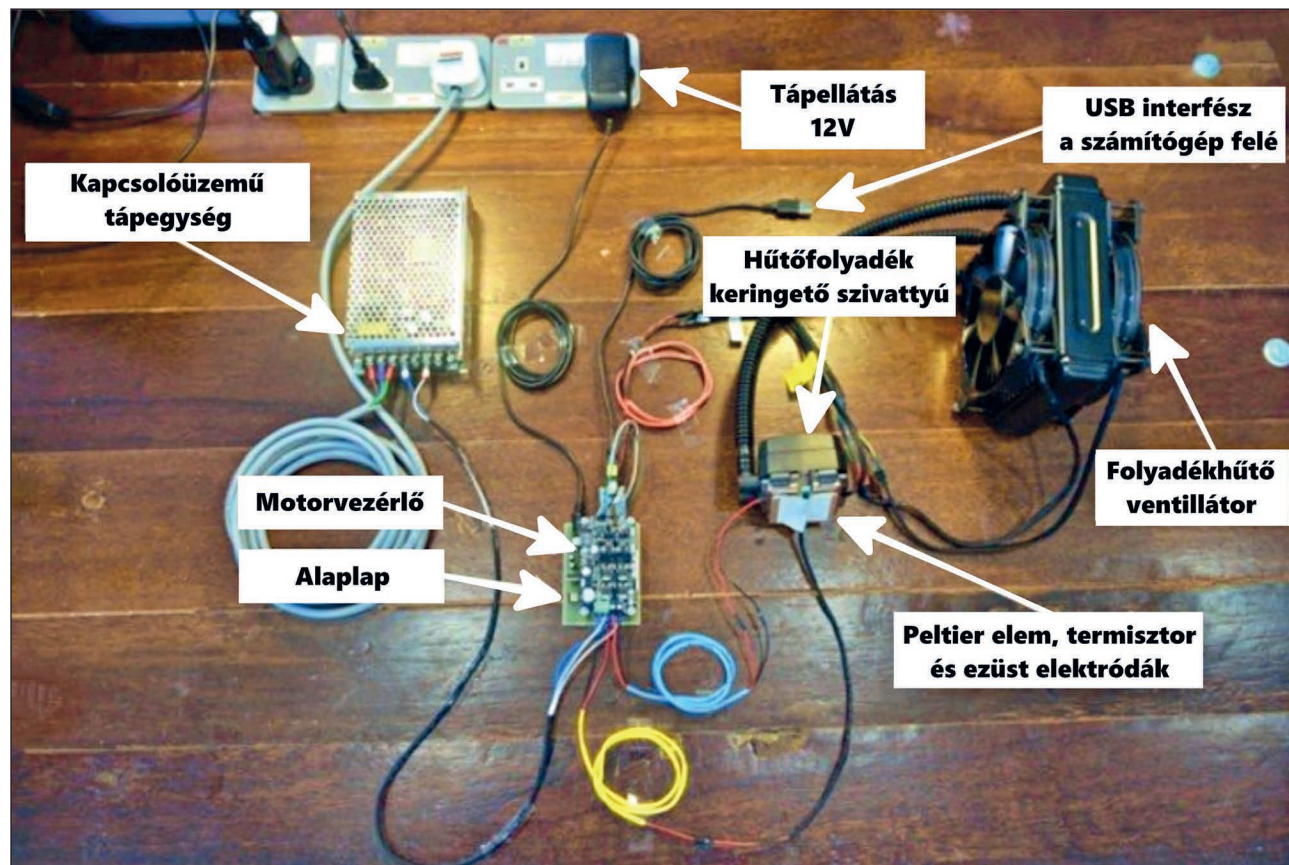


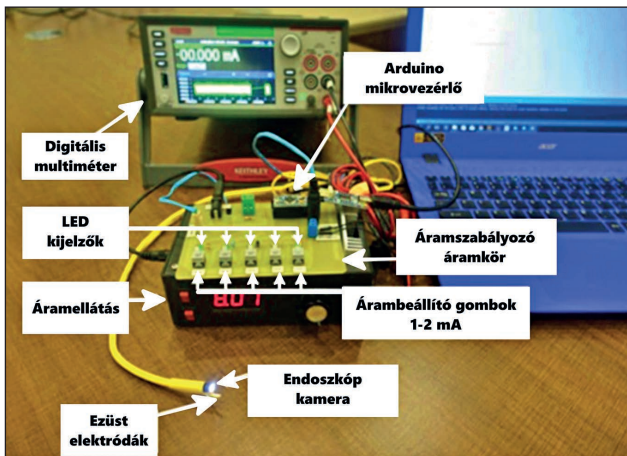
23. ábra. A nyelv öt alapízre vonatkozó érzékelési tartományai [47]



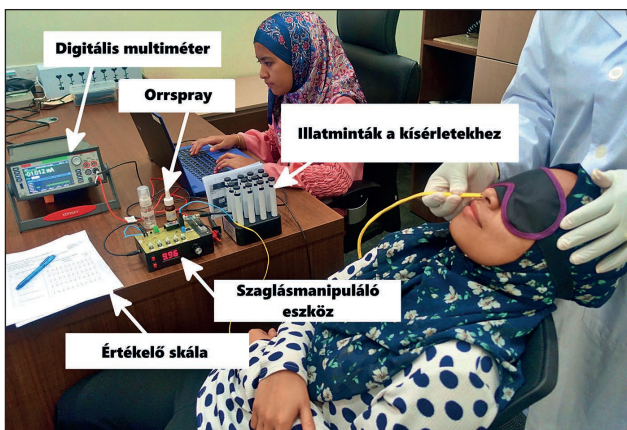
24. ábra. Az elektromos elven működő ízlelésmanipuláló eszköz tesztelése [40; 56., 59. o.]

22. ábra. A termikus elven működő ízlelésmanipuláló eszköz felépítése [40; 72. o.]





25. ábra. A szaglásmanipuláló testrendszer felépítése [40; 103. o.]



26. ábra. A szaglásmanipuláló rendszer tesztelése [40; 108. o.]

DIGITÁLIS SZAGLÁS

Az immerzivitás élmény tovább fokozható az emberi szaglás VR-környezetben történő aktiválási lehetőségének megteremtésével. Csakúgy, mint az ízlelés esetében, kémiai anyagok, gázmolekulák segítségével szaglásérzetet is létre lehet hozni mesterségesen, a virtuális térben ugyanakkor ilyen anyagok alkalmazására nincs lehetőség. A szaglóhám kémiai receptorainak stimulálása elektromos impulzusok alkalmazásával válik lehetővé, ami lehetőséget teremt különböző illatérzetek kiváltására. A 25. ábrán egy villamos elven működő kísérleti szaglásmanipuláló rendszer látható, amelynek segítségével sikerült különböző illatokat éreztetni a tesztalanyokkal, míg a 26. ábra a tesztek végrehajtását szemlélteti. [40]

A rendszernek nem képezi funkcionális elemét az endoszkópos kamera, feladata a kísérletben a megfigyelésen kívül az, hogy segítségével az ezüst elektródákat az ornyálkahártya megfelelő területére lehessen pozícionálni.

ÖSSZEZÉS

Napjaink VR-rendszereinek műszaki-technikai hátterét még alapvetően a VR-szemüvegek, integrált hangzórendszerek és kontrollerek, illetve az azok működtetéséhez szükséges számítástechnikai kapacitás, valamint szoftveres platformok jelentik, miközben a többi érzékszerv bevo-

nására irányuló fejlesztések jelenleg különböző stádiumokban tartanak. Az immerzítási élmény fokozása érdekében különböző VR-szettek is elérhetőek már a piacon, amelyek kimeneti eszközként biztosítják a felhasználó mozgását (elsősorban járműszimulátorok esetén) a virtuális térben, az „avatar”-ját érő erőhatások közvetítése céljából. Ugyanakkor előrehaladott állapotban vannak már olyan újabb fejlesztések is, amelyek fizikai beviteli eszközként a felhasználó valós térben végzett mozgását képezik le a virtuális térben, miközben az erővisszahatásnak köszönhetően képesek akadályozni is azt a szcenárió és a feladat függvényében. Ezek a funkciók jelentős potenciált hordozhatnak a különböző katonai kiképzési és harcszimulátor rendszerek fejlesztése során, a szaglás- és ízlelésmanipuláló rendszerek integrálásának lehetőségéhez hasonlóan. Ezek a megoldások, illetve az egyes alrendszerek fejlesztésére irányuló erőfeszítések a jövőben hozzájárulnak majd az immerzivitás élmény folyamatos fokozásához, a VR-rendszerek felhasználhatóságának bővüléséhez. A VR technológiai hátterének és technikai megoldásainak, valamint a fejlődés irányainak bemutatását követően a tanulmány következő részében a különböző polgári alkalmazási lehetőségek kerülnek majd górcső alá.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [21] Bartolits István. „Korlátlan sávszélesség és tárolókapacitás.” In: *Információs Társadalom Technológiai Távlatai, Tanulmány, 2. kötet, Technológiai jelenségek részletes elemzése, 7–15*. Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács, 2005.;
- [22] Azwan Jamaluddin. „Control VR: Turn Your Hands Into a Virtual Reality Controller.” November 19, 2017. <https://www.hongkiat.com/blog/controlvr-virtual-reality-hand-controller/> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [23] Bobby Marinov. „Exoskeletons for Gaming and Virtual Reality.” February 13, 2017. <https://exoskeletonreport.com/2017/02/exoskeletons-for-gaming-and-virtual-reality/> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [24] Paul James. „Senso is a VR Input Glove With Per-finger Haptics and Simulated Temperature.” December 26, 2016. <https://www.roadtovr.com/senso-vr-input-glove-per-finger-haptics-simulated-temperature/> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [25] <https://fasetech.com/about> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [26] Alex Phoenix. „The Best VR Motion Chairs.” April 20, 2018. <https://vrborg.com/review/best-vr-motion-chairs> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [27] Scott Hayden. „AxonVR is Making a Haptic Exoskeleton Suit to Bring Your Body and Mind into VR.” May 13, 2016. <https://www.roadtovr.com/axonvr-making-haptic-exoskeleton-suit-bring-body-mind-vr/> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [28] „Pimax: The World’s First 8K VR Headset.” June 9, 2020. <https://www.kickstarter.com/projects/pimax8kvr/pimax-the-worlds-first-8k-vr-headset> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [29] András Németh, András Szabó, Ferenc Balog, „3D Virtualisation and Visualisation Technologies for Archiving the Results” In: Gábor Hausner; András Németh, *Zrínyi-Újvár: A Seventeenth-Century Border Defence System on the Edge of the Ottoman Empire*. Budapest, Magyarország: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2020 pp. 225–268.;



- [30] Balázs Barbara, Bubik Veronika, Hadabás Gitta, Hegyi Béla, Kárpáti Andrea, Király Andrea, Péntek Csilla, Váradi Judit, Zsupponits Anett, *Vizualizáció a tudománykommunikációban* ELTE, 2013. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_vizualizacio_tudomanykommunikacioban/ch02s02.html;
- [31] William R. Sherman, Alan B. Craig, *Understanding Virtual Reality*. Elsevier, 2019. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-18583-2>;
- [32] Bognár Eszter Katalin. „Szenzorok és Szenzorhálózatok.” (ppt) Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019.;
- [33] Jacob Fraden, *Handbook of Modern Sensors, Physics, Designs, and Applications*. New York: Springer, 2010 <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6466-3>;
- [34] Verőné Wojtaszek Malgorzata. „Fotointerpretáció és távérzékelés 3., A lézer alapú távérzékelés.” Nyugat-magyarországi Egyetem, https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FO13/index.html (Letöltve: 2020.07.10.);
- [35] Négyesi, Lajos; Németh, András; Padányi, József; Szabó, András Zrínyi-Újvár kutatása a hadirégészeti eszközeivel II. rész. *Haditechnika* 55: 1 (2021) <https://doi.org/10.23713/HT.55.1.13>;
- [36] Németh András Szabó András, *Zrínyi-Újvár hadszíntérkutatási eredményeinek hasznosulása a katonai műszaki oktatásban* Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2020.;
- [37] Tóth László. „A mély neuronhálók beszédtechnológiai alkalmazásai.” *Digitális Katona 2.0 – „Fókuszban a katona” nemzetközi konferencia* (Április 2019);
- [38] Alan B.Craig, William R. Sherman, Jeffrey D. Will, *Developing Virtual Reality Applications, Foundations of Effective Design* Burlington: Morgan Kaufmann, 2009. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-20103-6>;
- [39] Bernhard Jung, „Virtuelle Realität, Teil 6: Aural and Haptic Displays.” http://www.informatik.tu-freiberg.de/lehre/pflicht/VR/ws06/VR06_Nonvisual-Displays.pdf (Letöltve: 2020.07.10.);
- [40] Adrian David Cheok, Kasun Karunanayaka, *Virtual Taste and Smell Technologies for Multisensory Internet and Virtual Reality* Cham: Springer, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73864-2>.
- [41] *Senso VR Gloves* January 11, 2017. https://www.youtube.com/watch?v=1ziu_iad5Es (Letöltve: 2020.07.09.) [2016] *Dexmo: An exoskeleton for you to touch the digital world* August 23, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=Sif7cY8qwjM> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [42] http://vcdn.computec.de/ct/2017/4/73740_hd.mp4 (Letöltve: 2020.07.09.) *RacingCUBE Release Trailer – 4DOF Racing Simulator* December 15, 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=urrow1AV8dE&t=44s> (Letöltve: 2020.07.09.) *The VR Go Chair First Look* April 23, 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=gzHn1InCEul> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [43] *Axon VR Exosuit – Feel and Move in VR* August 30, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=jk-3kZ7ytZs&t=136s> (Letöltve: 2020.07.09.) *The NEW Infinadeck – CES 2016* January 2, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=7uO8Z34f0xE> (Letöltve: 2020.07.09.);
- [44] „Pimax, el casco de VR que funciona a 8K y que ha revolucionado Kickstarter,” October 3, 2017. <https://www.nitro-pc.es/blog/pimax-8k/> (Letöltve: 2020.07.09.) https://ksr-video.imgix.net/projects/2753528/video-818910-h264_high.mp4 (Letöltve: 2020.07.09.);
- [45] Christopher Zimmermann, „The History of VR – In VR,” May 20, 2019. <https://blog.magnolia-cms.com/author/christopher-zimmermann/history-of-vr-in-vr.html> (Letöltve: 2020.07.13.);
- [46] <https://i.gzn.jp/img/2019/12/27/teslasuit-vr-glove-feel-virtual-object/001.png> (Letöltve: 2020. 10.11);
- [47] https://sake-culture.com/wp-content/uploads/2019/11/shutterstock_1095395525-1-scaled-1.jpg.

JEGYZETEK

- 23 A Bluetooth egy rövid hatótávolságú adatcseréhez használt, nyílt, vezeték nélküli szabvány, amely alkalmazásával automatikusan létesíthető kis hatótávolságú rádiós kapcsolat.
- 24 A WiFi a vezeték nélküli mikrohullámú kommunikációt (WLAN) megvalósító szabvány (IEEE 802.11) népszerű neve. Nem az angol Wireless Fidelity kifejezés rövidítése, ugyanis az elnevezést egy marketingcég találta ki, játékosan utalva a Hi-Fi szóra.
- 25 A valós személy (játékos, résztvevő, katona) virtuális mása.
- 26 A propriocepció egyfajta érzékelést jelent. Érzékelői (a receptorok) az izmokban, szalagokban, ízületi tokokban megtalálható proprioceptorok. Ezek finom visszajelzéseket küldenek a testrészeink és a végtagok egymáshoz viszonyított helyzetéről. A propriocepciót másképpen ízületi helyzetérzésként is szokták említeni.
- 27 Az effektor olyan sejt vagy szerv, amely fízziológias válaszreakciót hoz létre valamilyen inger hatására. A harántcsikolt izmok, a sima izmok és a belső elválasztású mirigyek tartoznak ide.

HADITECHNIKA FOLYÓIRAT

A *Haditechnika* folyóirat korábbi számai megvásárolhatók:

Líra Könyvruház, Récsei Center 1146 Bp., Istvánmezei út 6., (telefon: 411-1543);

Stúdió könyvesbolt 1138 Bp., Népfürdő u. 15/D, (telefon/fax: 359-1964, 359-6461);

HM Zrínyi Nonprofit Kft. Ügyfélszolgálat (Budapest II., Fillér u. 14., 1087 Budapest, Kerepesi út 29/b.)

Nyitvatartás: H.–P. 9–15 óra ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu.