

Németh András¹, Virágh Krisztián²

Virtuális valóság és haderő II. rész, Technológiai háttér

The virtual reality and the armed forces (part II.), Technology background

Absztrakt

Bár a virtuális valóság nem a 21. század találmánya, a technológia csak az elmúlt évtizedben érte el azt a fejlettségi szintet, ami megteremtette szélesebb körű elterjedésének technikai feltételeit. Az utca embere ma még csak többnyire filmekben, illetve VR vidámparkokban, vagy szórakoztató központokban találkozhat fejlettebb virtuális élményt kínáló megoldásokkal, ugyanakkor néhány százezer forintos befektetéssel már az otthonunkban is meg tapasztalhatjuk a technológiában rejlő lehetőségeket. A katonai kiképzés területén a VR számos elemét használják már akár évtizedek óta, a komplex, magas valóságérzetet keltő megoldások integrációja mégis további, nagy dinamikával fejlődő lehetőséget kínál a hazai kiképzés rendszerének reformjára és folyamatos modernizálására. Jelen tanulmányunkban a VR technológiai háttere és az alkalmazott technikai megoldások kerülnek bemutatásra.

Kulcsszavak: virtuális valóság, szenzortechnika, VR beviteli és kimeneti eszközök, ízlelésmanipuláló rendszer, szaglásmanipuláló rendszer

Abstract

Maybe the virtual reality is not the invention of the 21st century, but the technology has just reached the level that made possible the widespread of it. Nowadays people can use VR devices while watching films, being in theme parks or entertaining facilities. However with some investment they can experience the VR even at home. In the field of military training lots of elements of VR are used for many decades, although the integration of the most immersive VR devices still offers further development. In our study we review the technological background of virtual reality.

Keywords: virtual reality (VR), sensor technology, VR input and output devices, virtual taste and smell systems

¹ Alezredes, tanszékvezető, egyetemi docens, Nemzeti Közszerolálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, ORCID: 0000-0003-2397-189X

² Tanszéki mérnök, Nemzeti Közszerolálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, ORCID: 0000-0003-4184-9492

Bevezetés

2019 végén nyílt meg az ország első VR vidámparkja Budapesten, ami akkor még Európában is kuriózumnak számított. A 2000 m²-es területen kialakított szórakoztatóközpont egy épületben, az egykori Szikra moziban került kialakításra öt tematikus térrésszel a különböző típusú élményeket kereső érdeklődők számára. Bár nem túl tudományos 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 is vajon mindössze 32-33-szorosa lehetett-e az új virtuális vidámparknak? A válasz aligha meglepő, hiszen a nagyméretű, alapvetően elektromos meghajtású mechanikus játékok energiafogyasztása, beszerzési, karbantartási költségei, valamint a több száz alkalmazott bére reálértéken biztosan nagyságrendekkel haladta meg egy kizárólag VR eszközökön alapuló mai vidámpark létesítési, fenntartási, és üzemeltetési költségeit. Ez a tény pedig nem hogy nem elhanyagolható szempont, de alapjaiban határozza meg a VR alapú megoldások terjedésének dinamikáját az élet minden területén, beszéljünk akár szórakoztatásról, az ipar, kereskedelem és közlekedés folyamatairól, egészségügyi ellátásról, oktatásról, továbbá a katonai-, illetve rendészeti kiképzésről.

Természetesen ahhoz, hogy az elmúlt évtizedek során a tudósok sokszor bohókásnak tűnő ötleteiből, találmányaiból 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 befolyásolására van szükség, 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, bőrellenállás), 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 lezajlania ahhoz, hogy az illúzió, az immerzitás élmény minél tökéletesebb legyen, ezért a virtuális térben bekövetkező változások a perifériákon keresztül visszahatnak a felhasználóra, annak érzékszervein keresztül. Jelen tanulmányban ennek technológiai háttere és egyes technikai megoldásai kerülnek bemutatásra.

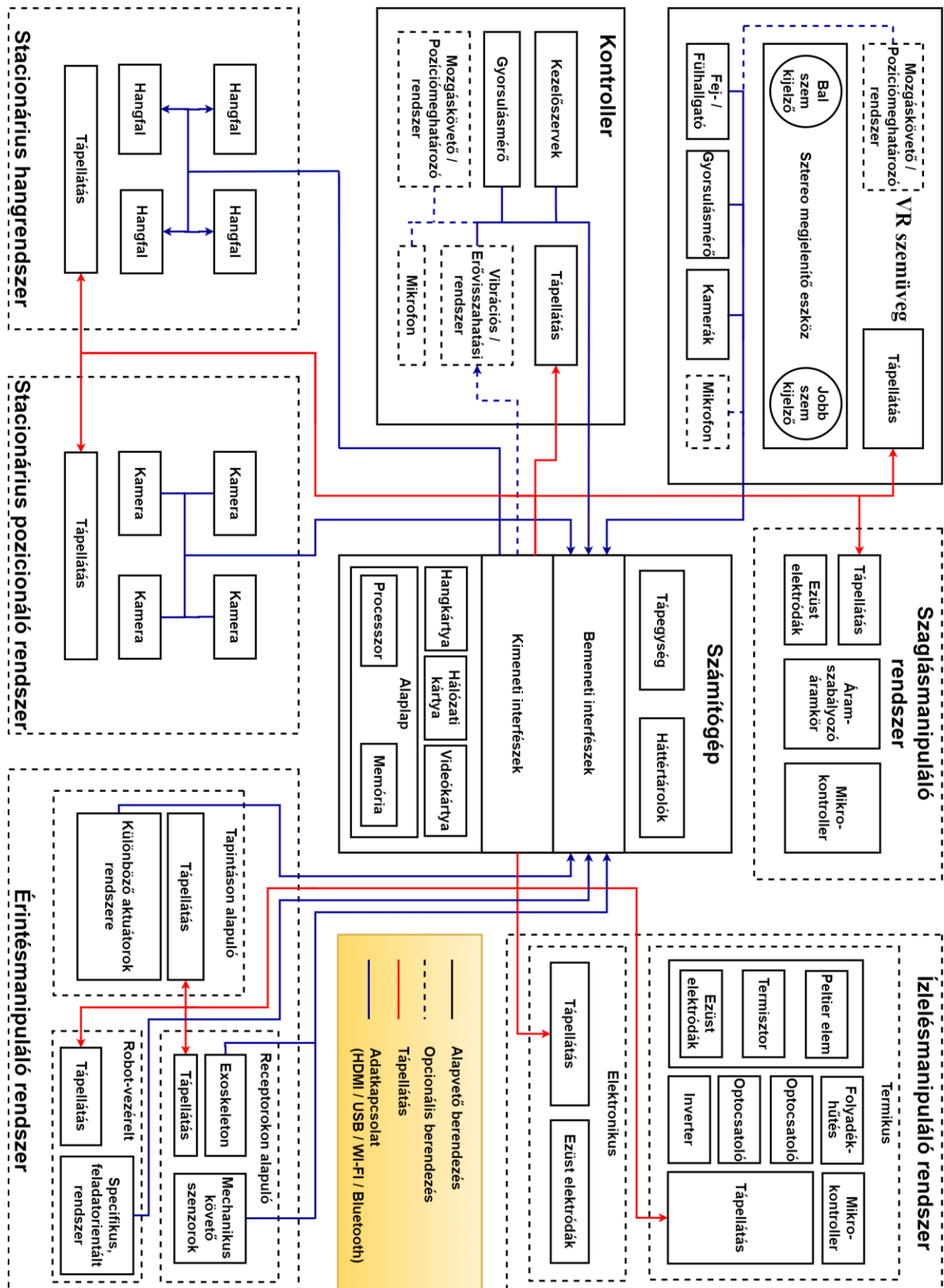
A virtuális valóság rendszerek felépítése, elemei

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 tudnak az adott „jelenet” részesévé válni. Ennek mértékét a felhasznált szoftveres megoldások és technikák mellett alapvetően azok a perifériák határozzák meg, amelyekkel a felhasználó valamilyen fizikai kapcsolatba kerül. Ebből következik, hogy az ember-gép interfészt biztosító, a virtuális környezetet kialakításáért, valamint az onnan érkező hatások érzékelteséért felelős különböző kimeneti eszközök, illetve a virtuális térben való tevékenységek lehetővé tételéért (a fizikai térben végrehajtott változtatások, illetve változások VR térbe történő leképezéséért) felelős beviteli eszközök minősége, műszaki paraméterei és általános felhasználói tulajdonságai alapjaiban határozzák meg az immerzításerlmény fokát. Ezért fontos, hogy a folyamatosan fejlődő technológiai háttér által biztosított új technikai megoldások mielőbb beépüljenek a minél valóságghűbb megjelenítést támogató vizualizációs [1] alrendszerbe, illetve az egyes perifériák legyenek képesek az érzékelés többi területén is (hangzás, tapintás – bőrérzékelés, szaglás, ízlelés) az valóságélmény fokozására. Ez különösen fontos olyan rendszerek esetén, amelyek igénybevétele valamilyen valóságos feladat végrehajtására való felkészítés érdekében történik. A legbonyolultabbak közé tartoznak a katonai és rendészeti kiképző-, harcszimulátor-, illetve különböző járműszimulátor rendszerek, vagy az űrben való tevékenységeket gyakoroltató komplex megoldások.

Az 1. képen a VR rendszerek egy lehetséges sematikus felépítése látható, amely egyrészt tartalmaz olyan részegységeket, illetve alrendszereket, amelyek elengedhetetlenek az alap immerzításerlmény kiváltására, illetve a virtuális környezetben való tevékenykedéshez, másrészt ábrázolásra kerültek olyan funkciókat megvalósító blokkok, amik 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 [2], nem csak fiziológiai szempontból tekinthetünk rá a legfontosabb érzékszervként, de a valóságérzet mesterséges előállítása során is elsősorban szemünk becsapására kell törekednünk, így ez képezi a VR rendszerek alapját. A rendszer központi eleme egy gyors, nagy számítási és tárolási kapacitással rendelkező számítógép, amelynek nagyteljesítményű videokártyája felelős a komplex virtuális környezet vizuális tartományának kialakításáért és kezeléséért, míg az ehhez valamilyen vezetékes, vagy vezeték nélküli grafikus

interfészen csatlakozó fejre helyezhető sztereó kijelző (HMD – Head Mounted Display) annak megjelenítéséért.



1. kép Komplex VR rendszer blokkdiagramja (egy változat) (szerk. a szerzők)

Ez tulajdonképpen az úgynevezett VR szemüveg, ami képes tehát megjeleníteni a felhasználó körül a virtuális világot, 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, különböző rendeltetésű alrendszerrel, kimeneti, illetve beviteli eszközzel egészíthetünk ki az immerzitásélmény fokozása, új funkciók kialakítása, a meglévők kiterjesztése, tökéletesítése érdekében. Ide sorolhatók például a kiterjesztett virtuális hangtér előállítására, vagy éppen a virtuális térben való mozgások precizitásának fokozására szolgáló stacioner hang-, illetve pozicionáló rendszerek, amelyek számos további kiegészítő szenzor jelére támaszkodva javítják a felhasználók valóságérzetét. Ugyanakkor számos speciális periféria, játékvezérlők (kormányok, pedálok, műszerfalak botkormányok), VR székek léteznek különböző járműszimulátorokhoz, vagy éppen fegyverek harcszimulátorokhoz.

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

A funkciók bővítése, a használat egyszerűsítése mellett fontos cél lehet a VR eszközök használata kényelmének javítása, ami a különböző ergonómiai szempontok figyelembevételén túl a vezetékes kapcsolatok számának minimalizálására való törekvést is jelent, mivel ezek jelentősen korlátozzák a felhasználó mozgásának szabadságát, ezáltal gátolva a virtuális világban való elmélyülést, a valóságélmény kialakulását. Ezért a fejlesztők a megfelelő adatátviteli sebességet biztosító hagyományos USB (Universal Serial Bus – Univerzális Soros Busz) és HDMI (High Definition Multimedia Interface – Magas Felbontású Multimédiás Interfész), vagy egyéb vezetékes megoldásokkal szemben egyre inkább előnyben részesítik a Bluetooth vagy WiFi alapú vezeték nélküli kapcsolatokat.

Beviteli technológiák

A VR rendszerek egyik legfontosabb jellemzője, hogy képesek a felhasználót az általuk létrehozott alternatív valóság részesévé tenni. Ehhez a különböző beviteli eszközöknek kvázi valós időben kell közvetíteniük számos információt a felhasználóról és környezetéről, melynek részeként az emberi test lehető legtöbb részletének mozgását is követni kell annak érdekében, hogy a virtuális térben való 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 Satellite Navigation 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 bementi eszközök (a rendszer hogyan érzi a felhasználót). [3]

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 döntéshozatal. [4] A mozgások detektálására, illetve megfigyelésére jellemzően különböző helymeghatározó, mozgáskövető szenzorokat, illetve kamerarendszereket alkalmazunk. A VR technológia esetén többnyire adott egy fixen telepített bázisállomás, amely fogadja annak a szenzorokkal felszerelt eszköznek a jelét, amely a bemérendő célobjektumon, követendő személyen (felhasználón) került elhelyezésre. Az érzékelők a fej, kéz, ujjak, szemek, törzs és 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 válaszidőt (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 azt érdemes megjegyezni, hogy a szenzortechnika napjainkban igen dinamikusan fejlődik, ezért a paraméterek tekintetében is folyamatos javulásra számíthatunk. Számos szenzortípust különböztethetünk meg működési elv, 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. [5] A szenzorok közül egyet mindenképpen érdemes kiemelni jelenlegi képességei, és a perspektivikus alkalmazási lehetőségei miatt. A LIDAR (Ligh Detection and Ranging – Lézer Alapú Távérzékelés) tulajdonképpen egy lézer alapú radar, ami nagysűrűségű

mintavételezéssel (távolságmérés) képes a környezet pontos feltérképezésére, és az általa szolgáltatott nagymennyiségű adat integrációjával, szűrésével akár annak 3D-os digitális modellje is előállítható. Ez az eszköz számos előnnyel rendelkezik a többi tájékozódást segítő megoldással szemben. Ilyen lehet például az, hogy egyrészt a képek minősége nem függ a napszaktól, másrészt a gyakori és többirányú mintavételezés eredményeinek feldolgozás során kiküszöbölhető a felszíni növényzet hatása, ezáltal akár az erdőkben alkotott képek minősége is megfelelő lesz. [6] [7] [8]

Hang- és beszédfelismerő rendszerek

A VR térben való 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 mikrofon rendszerek által analóg villamos jellé alakított hangok digitalizálása és feldolgozása ugyanakkor számos további lehetőséget is kínálhat akár a hangvezérlés, akár a tevékenységek követés 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. A távlati cél az 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”-jaival történő folyamatos beszédalapú kommunikációra. Hasonló rendszerek már ma is léteznek, de ezek még nem képesek az emberekkel való hiba nélküli, természetesnek ható szabad társalgás megvalósítására. [9]

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 [3]:

- a fizikai kontrollerek: pl. gombok, kapcsolók, joystickok;
- a kellékek, amelyek egy adott objektumot szimbolizálnak (legtöbbször mozgatható): pl. fegyverek, dobozok, 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 „avatar”-ja között: pl. különböző futópadok, VR székek, VR szobák vagy kioszkok.

Az ilyen eszközök gyakran alkalmaznak erővisszahatási megoldásokat is, amelyek segítségével a felhasználó érzékeli például a VR térben megjelenő akadályokat, fizikai hatásokat, azaz nem csak 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 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 immerzításeményét. 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 való integrációja a lehető legjobb hatásfokkal valósulhasson meg. A továbbiakban tárgyalt technológiák az egyes érzékszervekre kifejtett hatásuk szerint kerültek csoportosításra.

Megjelenítés

A kimeneti technológiák közül a virtuális tér vizuális elemeinek megjelenítéséért felelős alrendszer a legmeghatározóbb az immerzításemény 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 megjelenítők, amelyeket gyakran kombinálnak stacioner megoldásokkal. [3]

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

jellemzőjük tehát az alkalmazott kijelző típusa, felbontása, képfrissítési frekvenciája, a látómező kiterjedése, a fejmozgás követésének módja. Ezen felül egy rendszer kialakítása során komoly figyelmet kell fordítani az eszköz optimális működéséhez szükséges számítógépes hardverkonfiguráció, különösen a videokártya helyes megválasztására.



2. kép A CAVE megjelenítő rendszer³

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 hangtér mesterséges előállítása. 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, kontrollereket, okostelefonok, táblagépek hangszórói.

A valóságoshoz minél hasonlatosabb térélmény elérése érdekében több megoldás együttes alkalmazására is lehetőség nyílik komplex adaptív hangrendszerek kialakításával. [10]

³ 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.)

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 proprioceptív⁴ 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 alapuló⁵ és robot-vezérelt eszközöket. Tapintáson alapuló eszközök lehetnek például a VR kesztyűk, VR mellények, melyeket fel lehet szerelni akár effektoralapú mechanikus eszközökkel (exoskeleton) is, amivel a végtagok már terhelhetővé válnak. Nagyon ritkán alkalmaznak különböző feladatspecifikus célzattal kifejlesztett robot-vezérelt eszközöket, melyek ma még többnyire csak prototípus formában léteznek, ugyanakkor idő kérdése, hogy ezen a területen is forradalmi változások kezdődjenek. [11]



3. kép A Teslasuit VR mellénye⁶

⁴ 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.

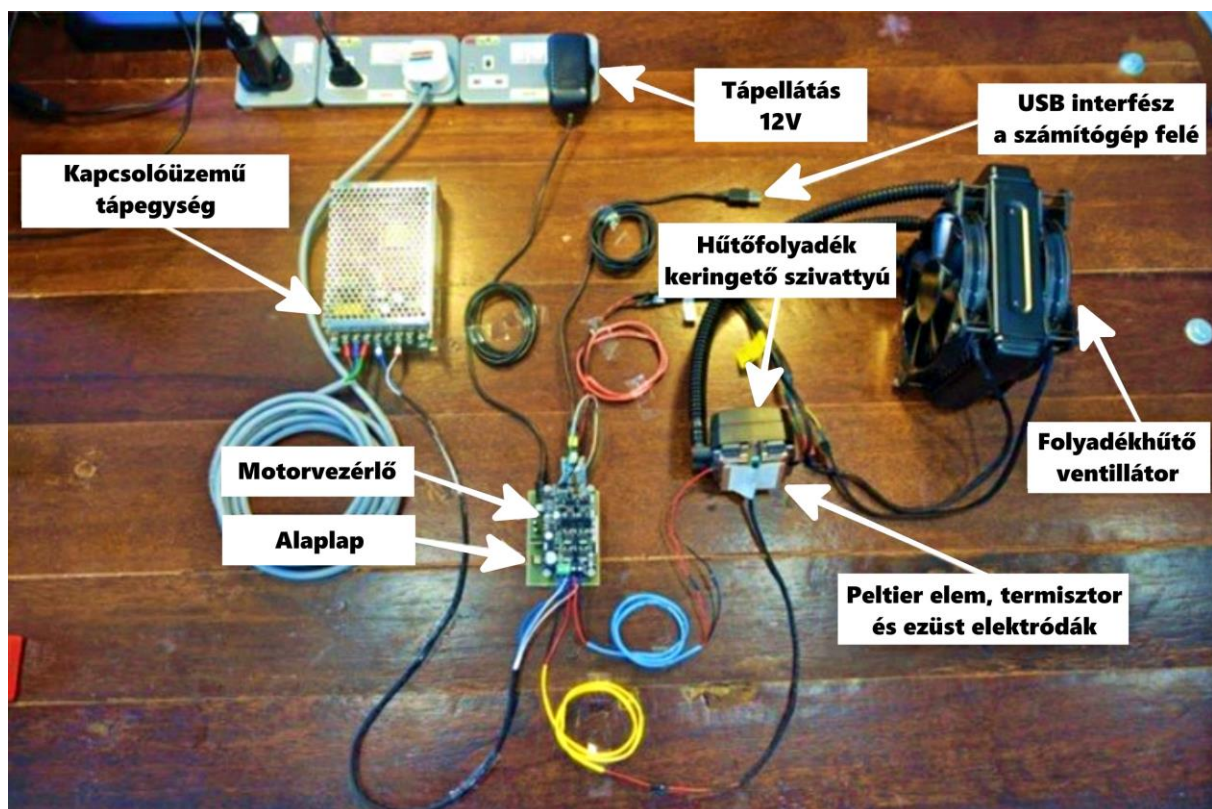
⁵ Az effektor olyan sejt vagy szerv, amely fiziológias válaszreakciót hoz létre valamilyen inger hatására. Harántcsíkolt izmok, sima izmok, belső elválasztású mirigyek tartoznak ide.

⁶ <https://i.gzn.jp/img/2019/12/27/teslasuit-vr-glove-feel-virtual-object/001.png> (Letöltve: 2020. 10.11)

Az eddigi rendszerekkel ellentétben az ízlelés és szaglás digitális térben történő megvalósítására ma még csak gyerekcipőben jár, de a jövő katonai VR alapú kiképzési rendszereinek a most kísérleti stádiumban lévő megoldások várhatóan már integráns részévé válhatnak.

Digitális ízlelés

Az ízlelés egy olyan érzékünk, amelyre a virtuális technológiák között mostanáig nem helyeztek nagy hangsúlyt a fejlesztők. 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 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 4. képen.



4. kép A termikus elven működő ízlelésmanipuláló eszköz felépítése⁷

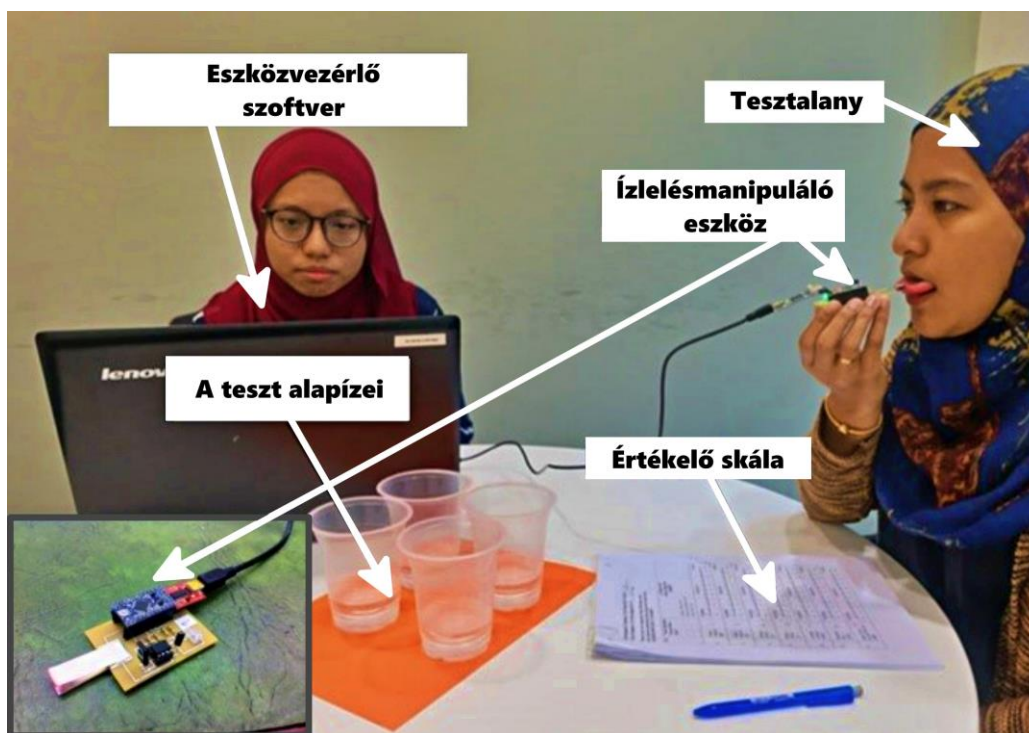
⁷ Adrian David Cheok, Kasun Karunanayaka, *Virtual Taste and Smell Technologies for Multisensory Internet and Virtual Reality* (Cham: Springer, 2018), 72.

A másik megoldás alapelve, hogy ha elektromos impulzusokkal stimuláljuk a nyelv megfelelő részeit (5. kép), akkor előállítható az öt alapíz érzetének (édes, keserű, savanyú, sós, umami) egyike, illetve több terület különböző intenzitású villamos stimulációjával akár tetszőleges ízek is előállíthatók.



5. kép A nyelv öt alapízre vonatkozó érzékelési tartományai⁸

A 6. képen egy villamos elven működő kísérleti ízlelésmanipuláló rendszer tesztelése látható, amellyel már több íz érzetét is sikerült előállítani. [12]



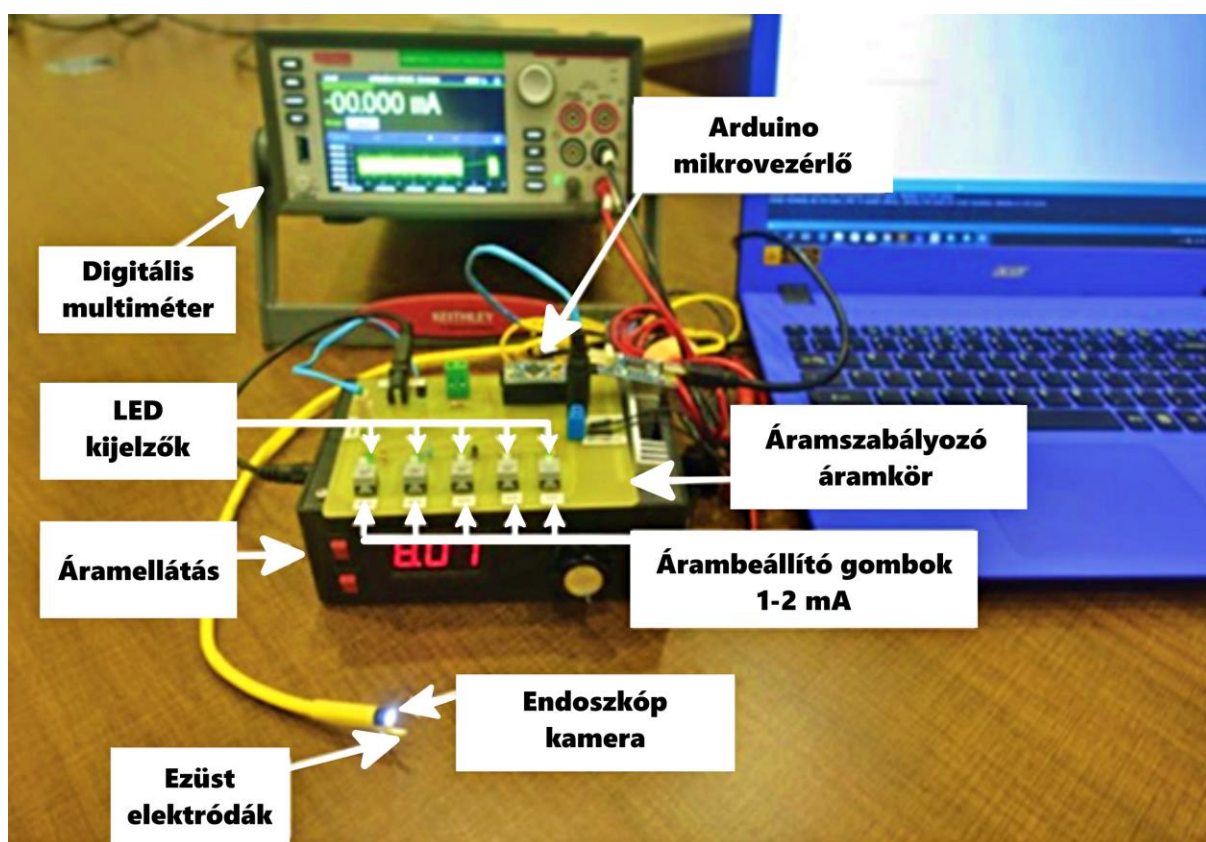
6. kép Az elektromos elven működő ízlelésmanipuláló eszköz tesztelése⁹

⁸ https://sake-culture.com/wp-content/uploads/2019/11/shutterstock_1095395525-1-scaled-1.jpg

⁹ Adrian David Cheok, Kasun Karunanayaka, *Virtual Taste and Smell Technologies for Multisensory Internet and Virtual Reality* (Cham: Springer, 2018), 56, 59.

Digitális szaglás

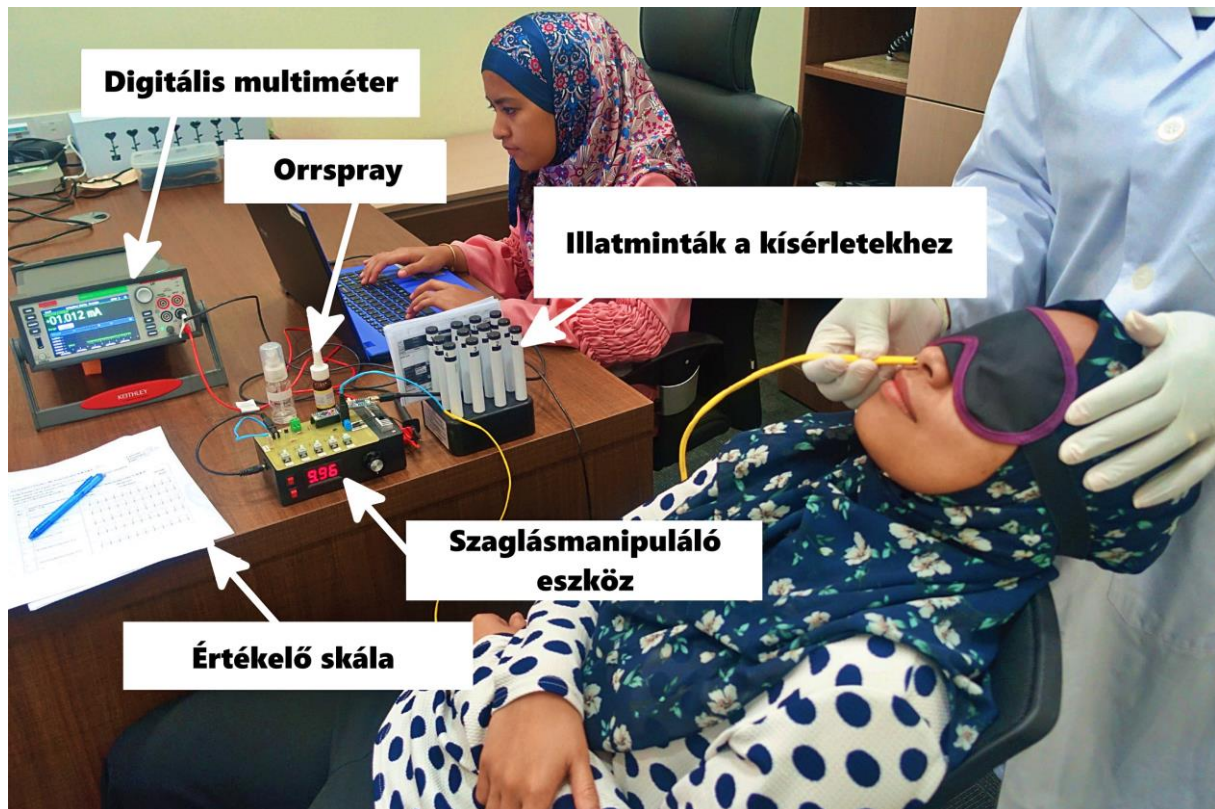
Az immerzitáselmény tovább fokozható az emberi szaglás VR környezetben való aktivizálása lehetőségének megteremtésével. Csakúgy mint az ízlelés esetében, kémiai anyagok, gázmolekulák segítségével szaglásérzetet is létre lehet hozni mesterségesen, a virtuális térben ugyanakkor ilyen anyagok alkalmazására nincs lehetőség. Elektromos impulzusok alkalmazásával válik lehetővé a szaglóhám kémiai receptorainak stimulálása, ami lehetőséget teremt különböző illatérzetek kiváltására. A 7. képen egy villamos elven működő kísérleti szaglásmanipuláló rendszer látható, melynek segítségével sikerült különböző illatokat éreztetni a tesztalanyokkal, míg a 8. kép a tesztek végrehajtását szemlélteti. [12]



7. kép A szaglásmanipuláló tesztrendszer felépítése¹⁰

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

¹⁰ Adrian David Cheok, Kasun Karunanayaka, *Virtual Taste and Smell Technologies for Multisensory Internet and Virtual Reality* (Cham: Springer, 2018), 103.



8. kép A szaglásmanipuláló rendszer tesztelése ¹¹

Összegzés

Napjaink VR rendszereinek műszaki technikai háttérét ma még alapvetően a VR szemüvegek, integrált hangzórendszerek és kontrollerek, illetve azok működtetéséhez szükséges számítástechnikai kapacitás, valamint szoftveres platformok jelentik, miközben a többi érzékszerv bevonására irányuló fejlesztések jelenleg különböző stádiumokban tartanak. Az immerzitásélmény fokozása érdekében különböző VR székek is elérhetők 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 feladat függvényében. Ezek a funkciók jelentős potenciált hordozhatnak a különböző katonai kiképzési és harcszimulátor rendszerek fejlesztése során, a szaglás- és ízlelésmanipuláló rendszerek integrálásának lehetőségéhez hasonló módon. Ezek a megoldások, illetve az egyes alrendszerek fejlesztésére irányuló erőfeszítések a jövőben hozzá fognak az immerzitásélmény folyamatos

¹¹ Adrian David Cheok, Kasun Karunanayaka, *Virtual Taste and Smell Technologies for Multisensory Internet and Virtual Reality* (Cham: Springer, 2018), 108.

fokozásához, a VR rendszerek felhasználhatóságának bővüléséhez. A VR technológiai háttérének és technikai megoldásainak, valamint a fejlődési irányok bemutatását követően a tanulmány következő részében a különböző polgári alkalmazási lehetőségek kerülnek majd górcső alá.

Irodalomjegyzék

[1] 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.

[2] 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

[3] William R. Sherman, Alan B. Craig. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design. Cambridge: Morgan Kaufmann, 2018.

[4] Bognár Eszter Katalin. „Szenzorok és Szenzorhálózatok.” (ppt) Nemzeti Közszerológati Egyetem, 2019.

[5] Jacob Fraden. Handbook of Modern Sensors, Physics, Designs, and Applications. New York: Springer, 2010.

[6] Verőné Wojtaszek Malgorzata. „Fotointerpretáció és távérzékelés 3., A lézer alapú távérzékelés.” Nyugat-magyarországi Egyetem,

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI3/index.html (Letöltve: 2020.07.10.)

[7] Négyesi Lajos, Németh András, Padányi József, Szabó András. „Zrínyi-Újvár kutatása a hadirégészeti eszközeivel II. rész.” Haditechnika 55: pp. 67-70., 2021. DOI: <https://doi.org/10.23713/HT.55.1.13>

- [8] Németh András, Szabó András. „Zrínyi-Újvár hadszíntérkutatói eredményeinek hasznosulása a katonai műszaki oktatásban.” In: Pohl Árpád: Biztonság és honvédelem, Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2020., pp. 107-137.
- [9] Tóth László. „A mély neuronhálók beszédtechnológiai alkalmazásai.” *Digitális Katona 2.0 – „Fókuszban a katona” nemzetközi konferencia* (Április 2019).
- [10] Alan B. Craig, William R. Sherman, Jeffrey D. Will. *Developing Virtual Reality Applications, Foundations of Effective Design*. Burlington: Morgan Kaufmann, 2009.
- [11] 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.)
- [12] Adrian David Cheok, Kasun Karunanayaka. „Virtual Taste and Smell Technologies for Multisensory Internet and Virtual Reality,” Cham: Springer; 2018.