**Fakulta humanitních studií**

**Univerzita Karlova**



**Rešerš**

# Ako pomáha virtuálna realita nevidomým ľuďom

**Marek Brezáni**

Predmet: Proseminář k akademickým dovednostem

Vyučujúci: Mgr. Lukáš Hejtmánek, Ph.D.

Študijný program: Studium humanitní vzdelanosti

Abstrakt

 Pre nevidomých jedincov predstavuje samostatná navigácia v neznámom prostredí značnú výzvu. V posledných rokoch je využívanie virtuálnej reality ako nástroj na učenie a rehabilitáciu pre ľudí so zdravotným postihnutím na vzostupe. V tejto rešerši je predstavený systém virtuálnej reality BlindAid, ktorý je vyvinutý na nácvik orientácie a mobility ľudí, ktorí sú nevidomí. BlindAid je systém virtuálneho prostredia, ktorý umožňuje ľuďom preskúmavať nové prostredia na vlastnú päsť a hlavne bezpečne. Systém je spustený na počítači s haptickým zariadením a trojrozmerným priestorovým zvukom. Tieto pomôcky sú atraktívnym nástrojom ktoré pomáhajú ľudom so zrakovým postihnutím vnímať a interpretovať okolitý svet. V tejto práci sú teda opísané niektoré z výhod a nevýhod ktoré tieto systémy prinášajú

Kľúčové slová

Virtuálna realita, Virtuálne prostredie, Nevidomí ľudia

Úvod do problematiky

 Absencia zraku komplikuje každodenný život všetkým ľuďom ktorý trpia týmto hendikepom. Často jednoduché úlohy sa stávajú zložité a napríklad zoznamovanie sa s novým prostredím môže byť veľmi nepríjemné a mnohokrát aj nebezpečné. Nevidomí jedinci sa preto musia spoliehať na iné zmysly ako sú sluch a dotyk aby tak získali relevantné priestorové informácie potrebné pre orientáciu, plánovanie a vykonávanie trasy v priestore. Efektívna navigácia v priestore je možná len vďaka informáciám o prostredí a schopnosťou následného mentálneho predstavenia si tohto prostredia (tzv. kognitívne mapy).

 Navigácia v neznámom priestore predstavuje výzvu aj pre ľudí s dobrým zrakom. Aby nevidomý ľudia mohli zostať nezávislý a naučili sa dôležité navigačné zručnosti, zvyčajne absolvujú formálny výcvik v orientácií a mobilite. Aj napriek tomuto tréningu, naučiť sa rozvíjať rôzne stratégie na podporu mentálnej manipulácie s priestorovými informáciami zostáva ťažko zvládnuteľnou schopnosťou, najmä u mladších jedincov u ktorých sa objavuje slepota v rannom veku *(Connors, Chrastil, Sánchez, et al., 2014).*

 Výzvy spojené s nezávislou mobilitou, ako je navigácia, vyhýbanie sa prekážkam a odhad vzdialenosti, predstavujú jedny z najväčších problémov, ktorým čelia nevidomí a zrakovo postihnutí v každodennom živote. To spôsobuje že takto zdravotne postihnutí ľudia často strácajú orientáciu alebo utrpia zranenie aj pri používaní tradičných pomôcok, ako je napr. biela palica, pretože je oveľa ťažšie vyhýbať sa prekážkam a vytvárať si mentálnu mapu svojho prostredia pri absencii zraku. Deje sa to aj napriek vynikajúcej priestorovej pamäti ktorá je v niektorých prípadoch lepšia ako pamäť vidiacich *(Maidenbaum et al., 2014).*

 Najhlavnejším obmedzením typických pomôcok ktoré nevidomý používajú sú, že používateľ musí zhromažďovať priestorové informácie v skúmanom priestore, čo znemožňuje zostavenie kognitívnej mapy vopred a tvorí sa tak pocit neistoty pri príchode do nového priestoru. Z hľadiska bezpečnosti a izolácie sú pomôcky založené väčšinou na sluchovej spätnej väzbe, ktorá môže v reálnom priestore znižovať pozornosť používateľov a izolovať ich od okolitého zvuku, najmä od sluchových informácií ako sú prechádzajúce autá, orientačné body alebo osobné interakcie *(Lahav, Schloerb, Kumar, et al., 2012)*.

 Virtuálna realita (VR) nám predstavuje potenciálne vzrušujúcu pomôcku, ktorá môže motivovať k učeniu a doplneniu tradičných tréningových stratégií nevidomých ľudí pri orientácií v priestore. Tradičné rehabilitačné programy pre orientáciu podporujú získavanie skúsenosti pre priestorové mapovanie, a poskytovanie informácií prostredníctvom haptických, sluchových, čuchových a iných zmyslov, pomáhajú kompenzovať nedostatok vizuálnych informácií.

 Účelom virtuálneho prostredia je umožniť prieskum daného priestorového usporiadania pred navigáciou v zodpovedajúcom reprezentovanom fyzickom prostredí *(Connors, Chrastil, Sánchez, et al., 2014)*. Pomocou jednoduchého zariadenia a stláčaní kláves sa používateľ pohybuje vo virtuálnom prostredí a získava kontextovo relevantné priestorové informácie spôsobom, ktorý jednotlivcovi umožňuje vytvoriť mentálnu reprezentáciu rozloženia budovy.

Virtuálne prostredie

 VR je využitie počítačových grafických systémov v kombinácií s rôznymi zariadeniami s displejom, ktoré simulujú interaktívne virtuálne prostredie *(Pan et al., 2006)*. V prípade slepoty sa interakcia prostredníctvom nevizuálnych virtuálnych prostredí využíva ako prostriedok na vyučovanie dôležitých pojmov a učebného materiálu, rovnako aj na interakciu so zložitými priestorovými konštrukciami, ktoré by inak mohli byť ťažké na naučenie tradičnými didaktickými prostriedkami *(Connors, Chrastil, Sánchez, et al., 2014).*

 Systémy VR môžu zlepšiť schopnosti ľudí so zmyslovými, fyzickými, mentálnymi poruchami a poruchami učenia vo viacerých oblastiach *(Lahav, Schloerb, Kumar, et al., 2012).* Tieto systémy VR kompenzujú chýbajúce vizuálne informácie pomocou haptickej alebo sluchovej spätnej väzby. Haptická spätná väzba prenáša vnemy prostredníctvom priamej interakcie s virtuálnym objektom (napr. textúra, tuhosť), aby bola umožnená detekcia umelých zobrazení skutočných objektov. Sluchový stimul zahŕňa trojdimenzionálny stereo zvuk ktorý umožňuje používateľovi zistiť smer a vzdialenosť zvukov, ktoré sa potom používajú ako záchytné alebo orientačné body *(Lahav, 2022)*. Tieto systémy VR majú ale viacero obmedzení, ktoré ovplyvňujú väčšinu uvedených použití. Virtuálne prostredie nie je replikou alebo náhradou za inštrukcie rehabilitačného špecialistu alebo prieskum v reálnom prostredí, no stále je považované za veľmi dobrú náhradu.

BlindAid Systém

 Jeden z týchto systémov VR je BlindAid systém, ktorý poskytuje prostriedok na bezpečné preskúmavanie a spoznávanie nových a neznámych priestorov. Potenciálom tohto systému v budúcnosti by bola možnosť sťahovania virtuálnych máp z internetu, podobne ako vidiaci ľudia používajú aplikácie (napr. Google maps*) (Schloerb et al., 2010).*

 BlindAid bol vyvinutý na vyriešenie mnohých nevýhod typických pre súčasne dostupné sekundárne pomôcky pre nevidomé osoby. V tomto systéme editor načíta súbor plánu cieľového reálneho priestoru a prenesie ho do presného virtuálneho prostredia, ktorý je potom dostupný užívateľom na prípravné oboznámenie sa s priestorom pred príchodom na reálne miesto. Pomocou systému BlindAid sa môžu nevidomí jedinci naučiť a precvičiť stratégie pri riešení problémov s priestorovou orientáciou a trénovať tak systematické stratégie pri pohybe v reálnom priestore. Tento systém teda ponúka prístup k priestorovým informáciám vopred (čím sa podobá mapám prístupným pre vidiacich ľudí) cvičiť si schopnosť zostaviť kognitívne mapy pred návštevou skutočných miest bez obmedzenia týkajúcich sa veľkosti alebo tvaru v reálnych priestoroch *(Lahav, Schloerb, & Srinivasan, 2012).*

 Softvér BlindAid-u môže byť spustený na osobnom počítačí, ktorý je vybavený haptickým zariadením Phantom a stereo slúchadlami. V súčasnej dobe je tento softvér a jeho virtuálny priestor ohraničený dvomi horizontálnymi rovinami: podlahou a stropom. Vývojári vytvárajú virtuálne mapy definovaním statických virtuálnych objektov na pevných miestach v rámci tohto horizontálneho priestoru. Všetky objekty sa rozprestierajú rovnomerne od podlahy po strop a sú reprezentované malým súborom štandardných typov objektov, ktoré pozostávajú z jednoduchých geometrických tvarov s rôznymi vlastnosťami. Napríklad stena je vertikálna obdĺžniková rovina, ktorá sa používa na znázornenie tohto objektu. *(Schloerb et al., 2010).*

Audio v BlindAid

 3D audio umožňuje používateľovi počuť smer zvuku a vzdialenosť vo virtuálnom prostredí. Používateľ môže ovládať orientáciu svojho avatara otáčaním haptického zariadenia okolo jeho osi. Tento režim stereo – rotácie je určený na pomoc pri posudzovaní smeru zvukov, podobne ako pri otáčaní hlavy. Všetky objekty majú svoje jedinečné identifikačné zvuky. Systém obsahuje tri typy zvukov: „kontakt“ (s objektom), „pozadie“ a „medzník“. Kontaktný zvuk je zvyčajne vygenerovaný keď avatar prichádza do kontaktu s objektom aby mu mohli byť poskytnuté informácie o tomto objekte. Zvuk v pozadí je definovaný tak, aby sa prehrával v konkrétnom bode v určenej oblasti. Zvuky „medzníkov“ alebo orientačných bodov sa prehrávajú ako odozva na stlačenie klávesy a slúžia ako zvukové signály *(Lahav, Schloerb, Kumar, et al., 2012)*.

Haptické zariadenie Phantom

 Haptické zariadenie Phantom vďaka ktorému sa môžeme v BlindAid-e pohybovať, má dve primárne funkcie: riadi a ovláda pohyb avatara vo virtuálnom prostredí čím poskytuje nevidomému používateľovi haptickú spätnú väzbu ako napr. tuhosť a textúrú. Okrem toho môže používateľ interagovať s virtuálnou textúrou zeme, ktorá poskytuje haptické náznaky priestoru podobné tej ktorú napr. vytvára orientačná biela palica (Napr. keď používateľ interaguje s mramorovou podlahou, špička haptického zariadenia Phantom vytvára pocit hladkosti) *(Lahav, Schloerb, Kumar, et al., 2012)*. Tento pocit vzniká keď sa užívateľ pohybuje po vertikálnom povrchu a zariadenie následne simuluje silu a odpor na ruku, čo vytvára pocit textúry *(Schloerb et al., 2010)*. Vďaka Phantom zariadeniu boli používatelia schopní rozpoznať tvary a predmety a následne tak rozlíšiť presnú polohu v priestore. Všeobecné haptické vlastnosti povrchu objektu charakterizujú štyri normalizované parametre: tuhosť, tlmenie, statické trenie a dynamické trenie.

Výhody a nevýhody týchto systémov

 Slepí jedinci ktorý prišli k svojmu hendikepu v rannom veku sú schopní interagovať s virtuálnym prostredím, ktoré je založené na zvuku a haptickej odozve a dokážu si vytvoriť priestorovú kognitívnu mapu ktorá zodpovedá usporiadaniu reálnej fyzickej budove. O povahe a forme priestorových kognitívnych máp u nevidomých ako sú schopní generovať si tieto mentálne reprezentácie na účely zložitých navigačných úloh sa toho vie veľmi málo. Vďaka VR systémom sa ich užívatelia môžu učiť a precvičovať rôzne stratégie a zručnosti pri riešení problémov s priestorovou orientáciou. Tieto pomôcky môžu poskytnúť priestorové informácie na navigáciu v nákupných zónach, budovách, dopravných priestoroch (stanica metra) alebo akademických kampusoch *(Lahav, Schloerb, Kumar, et al., 2012).*

 Používanie systémov VR poskytujú používateľom zaujímavé, pohlcujúce a hlavne bezpečné prostredie na trénovanie a osobný rozvoj priestorových kognitívnych schopností, ktoré súvisia s navigačnými úlohami vykonávanými v zodpovedajúcom cieľovom prostredí *(Connors, Chrastil, Sánchez, et al., 2014)*. Majú potenciál umožniť nevidiacim jedincom vnímať prostredie a vyhýbať sa prekážkam vďaka rýchlejším spôsobom učenia *(Maidenbaum et al., 2014)*. Pohlcujúca povaha virtuálneho prostredia ponúka užívateľom možnosť zažiť cestovanie v neznámom prostredí z viacerých perspektív a referenčných rámcov, čo sa môže ukázať ako užitočné pri pokuse určiť, ako dosiahnuť konkrétny cieľ a manipulovať s informáciami, aby našli alternatívnu cestu *(Connors, Chrastil, Sánchez, et al., 2014).*

 Aj napriek všetkému vzrušujúcemu a sľubnému vývoju sa však VR ešte nedostala do každodenného života nevidiacich a slabozrakých ľudí. Pre vidiacich je v súčasnosti veľký pokrok v oblasti VR, no zrakové vnímanie má úplne iné požiadavky a možnosti využitia *(Kreimeier & Götzelmann, 2020).* Vzhľadom na väčšinou čisto akustické alebo haptické vnímanie vo VR môže byť celkom náročné identifikovať aj jednoduché 3D geometrické objekty bez modernej haptickej spätnej väzby *(Kreimeier & Götzelmann, 2020)*. Technický vývoj a tým aj možnosti implementačných vylepšení neustále napredujú, čo spolu s doteraz získanými poznatkami predstavuje veľký potenciál, ktorý by mal byť využitý. Veľký potenciál majú v dnešnej dobe hlavne smartfóny, ktoré by mohli takéto virtuálne prostredie použiť na nácvik používania navigačných pomôcok v opakovateľnom a bezpečnom tréningovom prostredí.

 Tieto nové pomôcky ktoré využívajú VR, by mali byť jednoduché a ľahké na používanie, aby ľuďom umožňovali pracovať nezávisle a pomáhať im zhromažďovať priestorové informácie v krátkom čase. Kľúčovým problémom mnohých zariadení pre nevidomých je čas ktorý je potrebný vynaložiť na ich zvládnutie. Systém BlindAid v súčasnosti prechádza ďalšími výskumami a vývojom s cieľom rozšíriť jeho prístupnosť a cenovú dosiahnuteľnosť a objasniť jeho účinnosť *(Lahav, Schloerb, & Srinivasan, 2012).*

Záver

Systémy VR môžu zlepšiť schopnosti ľudí s rôznymi poruchami, či už zmyslovými alebo fyzickými, vo viacerých oblastiach. Tieto systémy kompenzujú vizuálne informácie pomocou haptickej a sluchovej spätnej väzby. Haptická spätná väzba prenáša vnemy prostredníctvom priamej interakcie s virtuálnym objektom, aby sa umožnila detekcia umelých zobrazení skutočných objektov *(Lahav, 2022*). Predovšetkým sa uvádza že otvorená štruktúra a slobodné objavovanie informácií ktoré sú vlastné systémom VR, zlepšujú kontextové učenie a prenos situačných vedomostí. Úspešné využitie týchto výhod vo vzdelávacích a rehabilitačných inštitúciách ma nesmiernu príťažlivosť a mohlo by potenciálne uľahčiť učenie sa náročných úloh a ďalej tak podporiť prenos nadobudnutých zručností do reálneho priestoru *(Merabet et al., 2012)*. Na rozdiel od vidiacich sa nevidomí musia spoliehať na iné zmysly ako sú zvuk a dotyk aby tak získali dôležité informácie o priestore v ktorom sa nachádzajú a mohli sa tak pohybovať v priestore ako potrebujú. Vzhľadom na dôležitú úlohu ktorú zohrávajú vizuálne podnety pri navigácií vyplýva, že nevidomí jedinci sú obzvlášť v ohrození v situáciách, keď čelia rozsiahlemu neznámemu prostrediu alebo keď je potrebné zvoliť alternatívnu cestu. Efektívna navigácia si preto skutočne vyžaduje schopnosť mentálne manipulovať s priestorovými informáciami. Pre nevidomých sa rozvoj priestorových zručností na vysokej úrovni považuje za fundamentálny pre podporu väčšej nezávislosti pri cestovaní *(Merabet et al., 2012)*.

 Predstavený BlindAid poskytuje možnosť bezpečné spoznávať a preskúmavať nové a neznáme priestory. Tento systém VR bol vyvinutý na vyriešenie mnohých nevýhod s ktorými prichádzajú momentálne dostupné sekundárne pomôcky pre nevidomých. Na osobnom počítači editor načíta súbor plánu reálneho priestoru (napr. obchodný dom, stanica metra) a prenesie ho do virtuálneho prostredia, v ktorom sa môžu používatelia bezpečne pohybovať a vytvárať si tak plán pre realizáciu pohybu v tomto priestore. Objekty majú rovnaké grafické vlastnosti, no sú spojené s osobitnými zvukmi ktoré vydávajú *(Schloerb et al., 2010*). Priestorové audio umožňuje užívateľom počuť smer zvuku a vzdialenosť vo virtuálnom prostredí, čo im pomáha pri orientácií. Haptické zariadenie Phantom, ktorý funguje ako ovládač vďaka ktorému môžu ovládať avatara, poskytuje nevidomému užívateľovi spätnú väzbu a umožňuje cítiť textúry objektov.

 V budúcnosti by mohol BlindAid hrať ústrednú úlohu v štyroch scenároch. Prvý scenár je že bude fungovať ako tréningový simulátor pre rehabilitačné strediská, kde by pre nevidomých fungoval ako nástroj na precvičovanie orientácie a mobility v bezpečnom prostredí. Po druhé, diagnostický nástroj by umožnil rehabilitačnému špecialistovi sledovať priestorové správanie účastníka, jeho zručnosti a stratégiu pri riešení problémov. Po tretie, dnes, keď počet ľudí, ktorí cestujú za zábavou a obchodom rastie, potreba a dopyt po nových priestorových informáciach sa zvyšuje, by mohol BlindAid podporiť záujem ľudí ktorí sú nevidomí pri skúmaní a zhromažďovaní informácií vopred. Priestorové informácie by mohli byť prístupné cez internet, podobne ako mapy, ktoré sú prístupné vidiacim ľuďom. Posledný scenár, kde by mohol multimodálny priestorový systém poskytnúť priestorové informácie širokej populácii (vrátane ľudí, ktorí sú nevidomí, zrakovo postihnutí alebo starší ľudia) na navigáciu v nákupných oblastiach, verejných budovách, dopravných priestoroch alebo v akademických kampusoch *(Lahav, Schloerb, Kumar, et al., 2012)*.

 Aj keď je tento sľubný vývoj vzrušujúci, VR sa stále nedostala do každodenného života nevidiacich a slabozrakých ľudí. Logicky je pre vidiacich v súčasnosti väčší pokrok v oblasti VR oproti tomu ako pre zrakovo slabších, pretože zrakové vnímanie má úplne iné požiadavky a možnosti využitia. Technický vývoj a napredovanie technológií s ktorými prichádzajú možnosti implementačných vylepšení, predstavuje veľký potenciál, ktorý by ma byť využitý. Hlavne pri smartfónoch, ktoré by mohli virtuálne prostredie používať na nácvik používania navigačných pomôcok v opakovateľnom a bezpečnom tréningovom prostredí.

Bibliografia:

***Connors, E. C., Chrastil, E. R., Sánchez, J., & Merabet, L. B. (2014)***. Virtual environments for the transfer of navigation skills in the blind: A comparison of directed instruction vs. video game based learning approaches. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00223

***Connors, E. C., Chrastil, E. R., Sánchez, J., & Merabet, L. B. (2014)***. Action video game play and transfer of navigation and spatial cognition skills in adolescents who are blind. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00133

**Kreimeier, J., & Götzelmann, T. (2020)**. Two Decades of Touchable and Walkable Virtual Reality for Blind and Visually Impaired People: A High-Level Taxonomy. *Multimodal Technologies and Interaction*, *4*(4), 79. https://doi.org/10.3390/mti4040079

**Lahav, O. (2022)**. Virtual Reality Systems as an Orientation Aid for People Who Are Blind to Acquire New Spatial Information. *Sensors*, *22*(4), 1307. https://doi.org/10.3390/s22041307

**Lahav, O., Schloerb, D., Kumar, S., & Srinivasan, M. (2012).** A virtual environment for people who are blind – a usability study. *Journal of Assistive Technologies*, *6*(1), 38–52. https://doi.org/10.1108/17549451211214346

**Lahav, O., Schloerb, D. W., & Srinivasan, M. A. (2012)**. Newly blind persons using virtual environment system in a traditional orientation and mobility rehabilitation program: A case study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, *7*(5), 420–435. https://doi.org/10.3109/17483107.2011.635327

**Maidenbaum, S., Hanassy, S., Abboud, S., Buchs, G., Chebat, D.-R., Levy-Tzedek, S., & Amedi, A. (2014)**. The “EyeCane”, a new electronic travel aid for the blind: Technology, behavior & swift learning. *Restorative Neurology and Neuroscience*, *32*(6), 813–824. https://doi.org/10.3233/RNN-130351

**Merabet, L. B., Erin C. Connors, Halko, M. A., & Sánchez, J. (2012)**. Teaching the Blind to Find Their Way by Playing Video Games. *PLoS ONE*, *7*(9), e44958. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044958

**Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006)**. Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, *30*(1), 20–28. https://doi.org/10.1016/j.cag.2005.10.004

**Schloerb, D. W., Lahav, O., Desloge, J. G., & Srinivasan, M. A. (2010)**. BlindAid: Virtual environment system for self-reliant trip planning and orientation and mobility training. *2010 IEEE Haptics Symposium*, 363–370. https://doi.org/10.1109/HAPTIC.2010.5444631