

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Moderné používateľské rozhrania pre
vývoj softvéru založené na pozorovaní
používateľa

Diplomová práca

2015

Lukáš Galko

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**Moderné používateľské rozhrania pre
vývoj softvéru založené na pozorovaní
používateľa**

Diplomová práca

Študijný program: Informatika
Študijný odbor: 9.2.1 Informatika
Školiace pracovisko: Katedra počítačov a informatiky (KPI)
Školiteľ: doc. Ing. Jaroslav Porubän, PhD.
Konzultant:

Košice 2015

Lukáš Galko

Abstrakt v SJ

Diplomová práca prezentuje interakciu človek-počítač v používateľských rozhraniach za pomoci pozorovania používateľa v pracovnom prostredí s dvoma monitormi. Objektom skúmania práce sú rôzne spôsoby sledovania akcií používateľa. Následne sa aplikoval spôsob vyvolania reakcie na akciu používateľa zaznamenanú zariadením kinect. Prvá kapitola uvádza základné spôsoby sledovania akcií hlavy používateľa. Najskôr je prezentované sledovanie aktivity v ľudskom mozgu pomocou magnetickej rezonancie. Veľká časť analýzy sa venuje systémom sledujúcim natočenie a pozíciu očí používateľa za účelom určiť bod pohľadu používateľa na monitore. V závere kapitoly sú predstavené viacmonitorové prostredia, zariadenie kinect a sledovanie tváre používateľa. V ďalšej kapitole sú charakterizované spôsoby využitia rozpoznávaných akcií spolu s prezentovaním prípadných ťažkostí s využitím týchto spôsobov. Záverečná kapitola predstavuje vytvorený systém sledujúci používateľa a vykonávajúci požadované reakcie. Práca ukazuje na užitočnosť dynamických reakcií, najmä v spojení s aktiváciou okien na sledovanom monitore. Z hľadiska všeobecnej implementácie systému je ho možné aplikovať pre ľubovoľnú pracovnú doménu.

Kľúčové slová

Interakcia človek-počítač, prostredie s viacerými monitormi, sledovanie pohľadu oka, používateľské rozhrania, zariadenie kinect

Abstrakt v AJ

This diploma thesis presents human-computer interaction in user interfaces with use of observing the user in work environment with two monitors. Thesis reviews various approaches of observing user. Thereafter an approach is used to invoke reaction on user action, which is recorded by kinect device. First chapter declares basic approaches to observe actions of users' head. Firstly monitoring of actions inside human brain by use of magnetic resonance is shown. Most of the analysis is dedicated to systems observing rotation and position of users' eyes to calculate users' point of regard on monitor. In the end of the chapter multimonitor work environments, kinect device and observation of user face is shown. Next chapter of thesis describes methods of use of the recognized user action. Thereafter possible difficulties of these methods are shown. Last chapter presents created system, which executes reactions based on recognized actions of user. Thesis shows usefulness of dynamic reactions, mostly in connection with activation of program window on watched monitor. Versatility of system implementation allows system to be applicated for any work domain.

Klíčové slová v AJ

Human-computer interaction, multi-display environments, eye gaze tracking, user interfaces, kinect device

ZADANIE DIPLOMOVEJ PRÁCE

Študijný odbor: **9.2.1 Informatika**

Študijný program: **Informatika**

Názov práce:

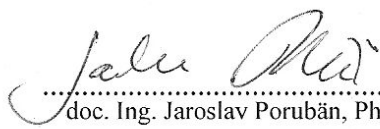
**Moderné používateľské rozhrania pre vývoj softvéru založené na
pozorovaní používateľa**
Modern approaches to human-computer interaction based on observation of a
software developer

Študent: **Bc. Lukáš Galko**
Školiteľ: **doc. Ing. Jaroslav Porubän, PhD.**
Školiace pracovisko: **Katedra počítačov a informatiky**
Konzultant práce:
Pracovisko konzultanta:

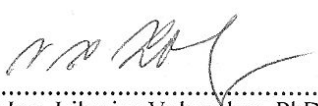
Pokyny na vypracovanie diplomovej práce:

1. Analyzovať moderné prístupy k interakcii človek-počítač vrátane interakcie pozorovaním používateľa.
2. Porovnať a vyhodnotiť existujúce softvérové a hardvérové riešenia v uvedenej oblasti.
3. Navrhnuť riešenie využívajúce pre interakciu pozorovanie používateľa počas práce s artefaktmi softvérových systémov.
4. Experimentálne overiť vytvorené riešenie a vyhodnotiť prínosy a nedostatky tohto riešenia.
5. Vypracovať dokumentáciu podľa pokynov vedúceho práce.

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský
Termín pre odovzdanie práce: 30.04.2015
Dátum zadania diplomovej práce: 31.10.2014


.....
doc. Ing. Jaroslav Porubän, PhD.
vedúci garantujúceho pracoviska




.....
prof. Ing. Liberios Vokorokos, PhD.
dekan fakulty

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval(a) samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry.

Košice 11. 4. 2015

.....

Vlastnoručný podpis

Pod'akovanie

Na tomto mieste chcem pod'akovať vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Jaroslavovi Porubänovi, PhD. za jeho odbornú pomoc, konzultácie a usmerňovanie pri vypracovaní tejto diplomovej práce.

Predhovor

V súčasnosti stúpa počet pracovných prostredí s viac ako jedným monitorom. Keď potrebuje používateľ vykonať akciu na aktuálne nepoužívanom monitore, musí presunúť ruku z klávesnice na počítačovú myš, premiestniť kurzor na nepoužívaný monitor, vykonať na ňom činnosť a pomocou myši musí znovu aktivovať hlavné okno, v ktorom pracuje na hlavnom monitore. Tento fakt pokladá do popredia otázku, ako by mohol používateľ komunikovať s pracovným prostredím jednoduchšie a prirodzenejšie.

Záverečná práca sa venuje takýmto prostrediam a spôsobu využitia aktivity používateľa pri práci s týmito prostrediami. Komfort ľudí má dôležitú úlohu pre ich efektivitu a spokojnosť. Pracovné prostredie s viacerými monitormi zvyšuje efektivitu práce používateľa, avšak za cenu potreby vykonávať akcie na oboch monitoroch.

Pracovné prostredie je dôležité pre každého používateľa. V prípade programátorov je najdôležitejšou súčasťou ich pracovného prostredia počítačový systém. Keď sa používateľovi poskytne príjemnejšie pracovné prostredie, je zlepšená jeho psychická kondícia, ktorá je dôležitá pre jeho zdravie.

Práca poukazuje na možnosť využitia akcií používateľa, ktoré v pracovnom prostredí s počítačovým systémom vykonáva. Jednoduchá aktivácia okna programu pri pohľade z jedného na druhý monitor poskytuje používateľovi nenahraditeľný komfort. Pracovné prostredia silno podliehajú pracovnému zameraniu. Pri vývoji si treba túto skutočnosť uvedomiť a poskytnúť používateľovi rozhranie, ktorým môže systém prispôbiť pre svoje potreby. Dôležitým faktorom je zároveň neobmedzovanie používateľa, aby mohol pracovať pre neho prirodzeným spôsobom.

Cieľom práce je poskytnúť systém, ktorý je možné prispôbiť podľa požadovanej domény, ktorý neobmedzuje používateľa a ktorého použitie je prirodzené.

Obsah

Úvod	1
1 Formulácia úlohy	3
2 Systémy analýzy ľudskej tváre v spojení s modernými používateľskými rozhraniami	4
2.1 Systémy nahradzujúce klávesnicu - systémy sledovania aktivity v mozgu	4
2.2 Systémy nahradenia myši – systémy rozpoznania polohy a pohľadu oka	5
2.3 Systémy určovania polohy pohľadu	8
2.3.1 Technológie založené na odrazenom svetle	9
2.3.2 Technológie založené na elektrickom potenciály kože	15
2.3.3 Technológie založené na kontaktných šošovkách	16
2.3.4 Zhrnutie a porovnanie technológií eye gaze tracking	16
2.4 Ideálny eye gaze tracking systém	18
2.5 Viacmonitorové zariadenia a sledovanie pohľadu	19
2.6 Zariadenie kinect a interakcia so systémom	23
2.7 Interakcia so systémom pomocou špičky nosa	25
3 Systémy sledovania pohľadu a interaktívne aplikácie	27
3.1 Výberové systémy	28
3.1.1 Problém midasovho dotyku	28
3.1.2 Akcelerácia kurzora myši	29
3.1.3 Použitie výberových systémov	29
3.2 Kinect a interakcia so systémom	30
3.2.1 Mapa tváre	31
3.2.2 Kinect a prostredie s viacerými monitormi	34
4 Systém interakcie s počítačovým systémom na základe snímania aktivity používateľa	35

4.1	Požiadavky na štruktúru systému	35
4.1.1	Určenie bodov mapy tváre potrebných pre výpočty	35
4.1.2	Určenie spôsobu zaznamenania akcií	37
4.1.3	Určenie spôsobu definovania reakcie	38
4.1.4	Určenie spôsobu vykonania reakcie	38
4.1.5	Dodatočné požiadavky na systém	39
4.2	Vytvorený systém	40
4.2.1	Diagram komponentov systému	41
4.2.2	Výber vizualizácie častí mapy tváre	42
4.2.3	Nastavenia systému	43
4.2.4	Kalibrácia	43
4.2.5	Výpočet odhadovanej polohy pohľadu na monitore	44
4.2.6	Určenie rozlíšenia pohľadu na hlavný a vedľajší monitor	46
4.2.7	Nastavenie odosielaných príkazov spojených s aktivitou používateľa	48
4.2.8	Zaznamenanie akcie používateľa	50
4.2.9	Okno informáciami o systéme	51
4.2.10	Spustenie a zastavenie využitia polohy pohľadu a akcie používateľa	51
4.2.11	Prístup k jednotlivým častiam systému	52
4.3	Používanie systému	53
4.4	Možnosti budúceho rozšírenia	54
4.4.1	Rozšírenie pre viacero monitorov	55
4.4.2	Rozšírenie pre multimonitory	55
4.4.3	Generalizácia okien	56
4.4.4	Prepojenie s kamerou pre snímanie pohybu očí	56
4.5	Technické parametre zariadenia Kinect	58
4.6	Systém výpočtu polohy v praxi	58
4.6.1	Zaznamenávané trvanie pohľadu	59
4.6.2	Prepisovanie textu	62
4.6.3	Použitie systému pri vývoji softvéru	66

5	Záver	69
	Zoznam použitej literatúry	70

Zoznam obrázkov

2-1 Mind Reader	6
2-2 Rozpoznanie dúhovky	7
2-3 Stavba ľudského oka	9
2-4 Purkyneho obrazy	11
2-5 Zrenička osvetlená zvnútra fotoaparátom s bleskom	12
2-6 Obrázok tmavej A) a žiarivej zreničky B)	13
2-7 Systém vzťahu odrazu zreničky a rohovky	13
2-8 Odlesk svetelného lúča použitím Gullstrandoveho modelu oka	14
2-9 Obrázok oka pre neurónovú sieť	15
2-10 Prostredie s viacerými monitormi	20
2-11 Multimonitor	20
2-12 Prostredie z viacerými monitormi snímané jednou kamerou	21
2-13 Príklad A) označenia monitorov IR diódami; B) výsledok rozoznania monitorov	23
2-14 Vzájomné posunutie bodu pohľadu a bodu osi nosa	24
2-15 Snímanie špičky nosa	26
3-1 Duchowskeho hierarchia systémov sledovania oka	27
3-2 Mapa tváre: A) kompletná a B) mapa očí, nosa a úst	32
4-1 Hlavné okno systému výpočtu polohy pohľadu	41
4-2 Vizualizovaná mapa tváre: A) všetky časti a B) oči, nos a ústa	42
4-3 Zaujímavé body pre výpočet polohy pohľadu	45
4-4 Systém prepočtu odhadovaného bodu pohľadu	46
4-5 Osem bodov určujúcich nos používateľa	47
4-6 Zmena vzdialenosti bodov nosa pri natočení hlavy	48
4-7 Okno nastavenia odosielaných príkazov	50
4-8 Hlavné okno systému výpočtu polohy pohľadu	54
4-9 Percentuálne zastúpenie času sledovania monitorov	60

4–10Priemerný čas sledovania monitorov	61
4–11Najdlhší čas sledovania monitorov	62
4–12Percentuálne zastúpenie času sledovania monitorov pri prepisovaní . .	63
4–13Priemerný čas sledovania monitorov pri prepisovaní	64
4–14Najdlhší čas sledovania monitorov pri prepisovaní	64
4–15Príkazy v prostredí Visual Studion	67

Zoznam tabuliek

2–1 Porovnanie systémov eye gaze tracking	17
3–1 Animačné jednotky	33

Zoznam symbolov a skratiek

ANN Artificial Neuron Network - umelá neurónová sieť

ET Eye Tracking - sledovanie oka

fMRI Functional Magnetic Resonance Imaging - funkčná magnetická rezonancia

GT Gaze Tracking - sledovanie pohľadu

LoG Line of Gaze - línia pohľadu

LoS Line of Sight - línia dohľadu

MRS Mind Reading System - systém čítania mysle

POR Point Of Regard - bod pohľadu

REGT Remote Eye Gaze Tracker - odľahlý systém sledovania pohľadu

SDK Software Development Kit - nástroje na vývoj softvéru

UI User Interface - používateľské rozhranie

VR Virtual reality - virtuálna realita

Úvod

Pri práci s používateľskými rozhraniami hrá veľkú úlohu znalosť rozhrania. Používateľ sa v prostredí orientuje tým lepšie, čím dlhšie ho používa. Niektoré akcie v používateľských rozhraniach sú však stále zdĺhavé. V súčasnosti sa objavujú pracovné prostredia s dvoma monitormi. Jednou z akcií, ktorá je typická pri práci s počítačovým systémom je prepínanie medzi oknami. Obvykle jedno okno pracovného prostredia predstavuje pracovný priestor, zatiaľ čo zvyšné predstavujú prístup k určitým informáciám. Vykonávanie rôznych akcií, ktoré sa zadávajú pomocou počítačovej myši alebo klávesových skratiek, vyžaduje použitie rúk používateľa v pracovnom prostredí.

Zostavené riešenie predstavuje rozhranie pre definovanie reakcií na akcie používateľa. Hlavnou úlohou systému je uľahčiť používateľovi prácu s počítačom. Systém využíva zariadenie kinect pre snímanie akcie používateľa. V súčasnosti sú systémy využívajúce snímanie tváre používateľa zamerané na snímanie očí používateľa a výpočet polohy pohľadu na monitore. Táto poloha je následne využitá ako náhrada počítačovej myši. Systém reakcií na akcie používateľa hľadá odlišný spôsob využitia polohy pohľadu používateľa. Pozičný vstup do počítačového systému je ponechaný počítačovej myši, systém využíva polohu pohľadu na vykonanie osobitných príkazov. Tieto príkazy sú štruktúrované vo forme postupnosti kláves klávesnice, a teda sa využívajú pre vykonanie klávesovej skratky v okne bežiaceho programu, pre ktoré bola definovaná reakcia na akciu používateľa.

Vývoj systému prešiel viacerými etapami. V prvom rade sa zamýšľalo nad použitím integrovanej kamery počítača pre snímanie očí a následný výpočet polohy pohľadu a jej využitie ako počítačový kurzor, takýto prístup však zapríčinil vznik obmedzenia pohybu hlavy používateľa. V súčasnosti v tomto smere existujú viaceré riešenia. Pri zapojení zariadenia kinect sa vývoj systému odlúčil od smeru použitia vypočítavanej polohy pohľadu ako počítačového kurzoru. Kinect umožnil voľný po-

hyb tváre používateľa. Základná myšlienka bola definovať rôzne činnosti priamo do systému. Zariadenie kinect odstránilo obmedzenie pohybu hlavy používateľa, avšak pri statickom definovaní akcií vzniká obmedzenie použiteľnosti systému. To viedlo k definícii dynamického prostredia pre definíciu reakcií na akcie používateľa. Výsledkom je teda systém, ktorý neobmedzuje pohyb hlavy používateľa a zároveň poskytuje používateľovi voľnosť použitia.

1 Formulácia úlohy

Cieľom tejto diplomovej práce je preskúmať moderné princípy pri interakcii medzi človekom a počítačom. Pri skúmaní týchto prvkov je dôležité zamerať sa na použitie zariadení snímajúcich činnosť používateľa v pracovnom prostredí s viacerými monitormi. Systém má byť schopný na základe vstupu zo zariadenia kinect odhadnúť polohu pohľadu používateľa na monitore a následne túto polohu spolu s ďalšími udalosťami, ako napríklad zmena polohy pohľadu a trvanie pohľadu, použiť pri interakcii s počítačovým systémom. Pri návrhu treba dbať na všetky vplyvy ovplyvňujúce takúto komunikáciu so systémom, ako napríklad otáčanie hlavy a použitie pohľadu pre získanie informácií v pracovnom prostredí.

K dosiahnutiu vytýčeného cieľu vedie nasledujúca postupnosť krokov:

- Oboznámiť sa s modernými prístupmi k interakcii človek-počítač.
- Oboznámenie sa s metódou sledovania aktivity používateľa
- Navrhnuť systém odhadu polohy pohľadu používateľa a zapojenie zariadenia kinect na snímanie aktivity hlavy používateľa.
- Implementovať program pre komunikáciu s počítačovým systémom.
- Vyhodnotiť funkčnosť a efektivitu systému a uviesť nadobudnuté výsledky.

2 Systémy analýzy ľudskej tváre v spojení s modernými používateľskými rozhraniami

Prvým krokom pri práci na moderných používateľských rozhraniach je potreba uvedomiť si prístup používateľa k používateľskému rozhraniu počítača. Základným a momentálne najefektívnejším prvkom pri práci s počítačom je klávesnica, ktorá poskytuje jednoduchý, rýchly a jednoznačný prístup k počítaču. Pod jednoznačným prístupom k počítaču rozumieme, že keď používateľ stlačí nejakú klávesu, chce aby sa vykonala akcia spojená so stlačenou klávesou. Druhým zariadením používaným pri práci s počítačom je myš, ktorá poskytuje presnú pozíciu v zobrazovacom priestore počítača. Pri skúmaní moderných prístupov k interakcii človek-počítač potrebujeme nahradiť tieto dva elementy alebo zahrnúť ďalší element, ktorý sa s nimi spája a ponúka lepšiu a efektívnejšiu prácu s počítačovým systémom.

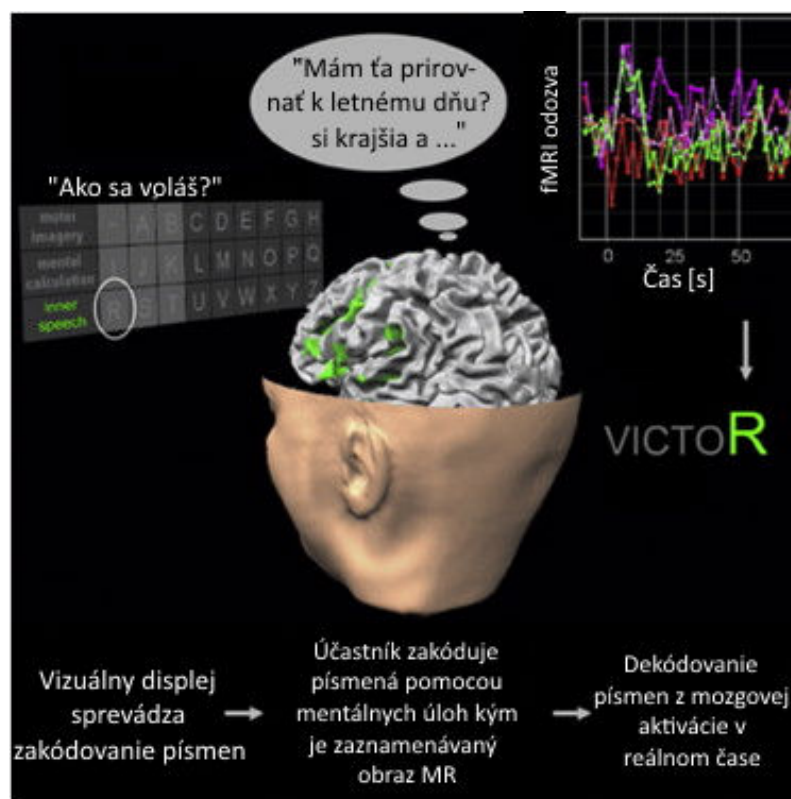
2.1 Systémy nahradzujúce klávesnicu - systémy sledovania aktivity v mozgu

Za najrýchlejšie pracujúci orgán ľudskeho tela môžeme považovať mozog. Ak by sme plánovali nahradiť klávesnicu, príde nám práve mozog ako vhodné riešenie. To je zapríčinené tým, že keď človek píše slovo vety pomocou klávesnice, už má v mysli väčšinou ucelenú predstavu o ďalšom slove, ktoré plánuje napísať, niekedy však má predstavu o stavbe celej vety. Ak by sme mali možnosť sledovať myšlienky človeka, tak by bolo možné dosiahnuť rýchlosť komunikácie medzi človekom a počítačom porovnateľnú s rýchlosťou činnosti ľudskeho mozgu. Mozog a aktivity v jeho vnútri je v súčasnosti možné sledovať niekoľkými spôsobmi. Jedným z týchto spôsobov je funkčná magnetická rezonancia. Takéto sledovanie spočíva v analýze hemodynamických reakcií v mozgu. Hemodynamické reakcie predstavujú pohyb krvi vo vnútrisej hmoty mozgu.

Na základe fMRI už sú navrhnuté softvérové riešenia, ktoré slúžia na zadávanie textu. Tento fakt využíva napríklad softvér Mind Reader [1], ktorý reakcie v mozgu používa na zadávanie textu. Funkcionalita softvéru Mind Reader je zobrazená na Obrázku 2–1. Systém spočíva v zapisovaní písmen zaradom pomocou používateľových myšlienok. Každé písmeno odpovedá jednému z 27 spoľahlivých a jednoznačne odlíšiteľných fMRI signálov. Tieto signály odpovedajú myšlienkovým obrazom, ktoré sú spojené s každým písmenom pomocou algoritmov počítačovej analýzy. V súčasnosti je tento systém používaný pre pacientov s poruchami pohybového ústrojenstva. Pri nastavení systému pacient sleduje písmená na obrazovke, pričom myslí na niečo po určitý čas. Hneď po nastavení je možné okamžite začať písať v reálnom čase. Toto písanie však nie je ani zďaleka také rýchle, ako písanie pomocou klávesnice, keďže momentálne je pri takomto prístupe možné písať len jeden znak za druhým. Možnosť zapisovania textu, aj keď len vo forme písmena po písmene, je krokom vpred pri dosiahnutí prirodzenej komunikácie medzi mozgom a počítačom. Ale keďže prístroje fMRI sú obrovské a klávesnica je zatiaľ omnoho efektívnejšia ako doposiaľ vyvinuté metódy, nemôžeme očakávať nahradenie klávesnice týmto spôsobom v najbližších rokoch.

2.2 Systémy nahradenia myši – systémy rozpoznania polohy a pohľadu oka

Pri zamyslení sa nad najrýchlejším orgánom ľudského tela – mozgom, je potrebné si uvedomiť, že všetky orgány ľudského tela sú v podstate rýchlejšie, ako nástroje poskytujúce komunikáciu s počítačom. Ako bolo uvedené v predchádzajúcej kapitole 2.1, klávesnicu nie je momentálne možné nahradiť systémom zaznamenávajúcim aktivitu v mozgu. Prístroj, ktorý je však značne používaný a je relatívne ľahko nahraditeľný, je počítačová myš. Počítačová myš má svoje prednosti. Jednou prednosťou myši je to, že v každom časovom okamihu presne určuje pohyb kurzora. Druhou



Obr. 2 – 1 Mind Reader

Prameň: Scientists Invent Mind-Reading System That Lets You Type With Your Brain [1]

prednosťou myši je možnosť rozoznať vstup do počítača pomocou tlačidiel myši. Pri práci s počítačovým systémom potrebujeme často pomocou myši dostať kurzor z pozície A do pozície B respektíve zmeniť aktívny prvok (okno) monitora, čo býva časovo náročná operácia. Treba sa preto zamyslieť, čím by sa myš alebo niektoré jej činnosti dali nahradiť.

Keď sa zamyslíme, že pri premiestňovaní kurzoru na obrazovke na koncové miesto uprieme pohľad, uvedomíme si, že možno práve pohľad by sa dal použiť pri náhrade myši. V úvahu teda príde myšlienka, ako zaznamenať pohľad človeka a ako vypočítať presnú alebo prinajmenšom približnú polohu, kam na obrazovku sa používateľ pozerá. V prvom kroku teda treba rozoznať vstup do systému. Keďže nás zaujíma

poloha očí používateľa, logickým vstupom do takýchto systémov bude snímka tváre používateľa získaná kamerou.

Softvéry rozpoznávania očí používateľa na základe vstupu z kamery rozdelíme do dvoch kategórií, a to systémy rozpoznania dúhovky (z angličtiny iris recognition) a systémy určovania pohľadu (z angličtiny Eye Tracking resp. Gaze Tracking).

Systémy rozpoznania dúhovky slúžia na rozpoznanie polohy oka na tvári (prirovnáním podobne ako Face Tracking rozpoznáva tváre na obrázkoch). Systém rozpoznania dúhovky meria okrem pohybov oka aj ostatné údaje o oku, ako je napríklad šírka a zovretie zrenice, frekvencia žmurkania, rýchlosť oka a podobne. Údaje, ktoré takýto systém poskytuje je následne možné použiť pre aplikácie, ktoré zisťujú ospalosť, určujú rôzne klinické podmienky. Podľa Daugmana [2] je najčastejším spôsobom, akým sú podobné systémy používané a s ktorými sa najviac ľudí stretlo, rozpoznanie dúhovky pri bezpečnostnej autorizácii. Tú si možno predstaviť približne tak, ako je to možné vidieť na Obrázku 2–2. Pri takejto autentifikácii kamera zosníma oko osoby a rozpoznané údaje porovná s autentifikačnými údajmi. Následne autorizačný systém umožní prístup k zabezpečenému prvku autorizovanej osobe.



Obr. 2–2 Rozpoznanie dúhovky

Systémy ET (resp. GT; niekedy je ich možné nájsť pod termínom Eye Gaze Tracking) sa často označujú aj ako Point of Regard (PoR) estimation – v preklade odhad

sledovaného bodu. Táto metóda identifikuje objekty v zornom poli človeka. Podľa Poola a Balla [3] tieto technológie potrebujú buď stabilizovanú hlavu, aby sa relatívna poloha oka ku hlave a odhadovaný sledovaný bod zhodovali, alebo musia byť vypočítané ďalšie atribúty, ktoré berú do úvahy aj polohu hlavy a rotáciu oka. Pre dosiahnutie maximálnej presnosti výpočtu PoR je teda potrebné brať do úvahy pohyb a polohu celej hlavy, kamery a monitoru.

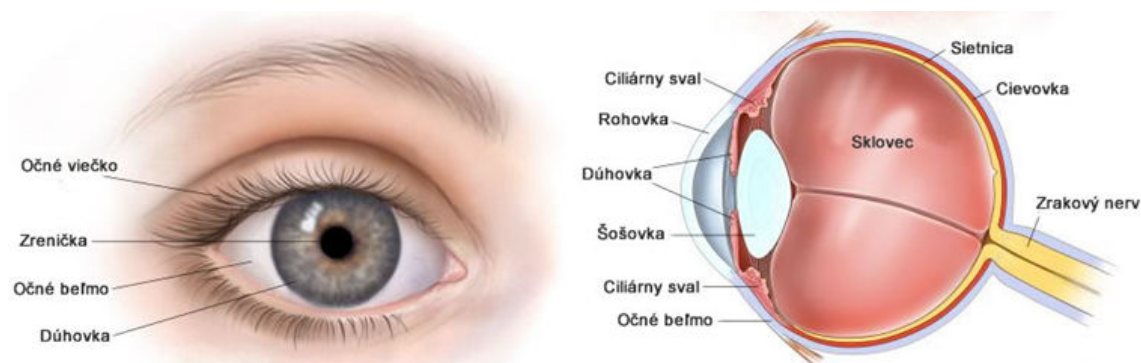
Keďže odhad PoR by mohol pomôcť pri návrhu moderných používateľských rozhraní, potrebujeme sa oboznámiť so základnými metódami určovania PoR. Pre zložitosť výpočtov pri nestabilizovanej hlave sú ukázané riešenia so stabilizovanou hlavou.

2.3 Systémy určovania polohy pohľadu

Pri používaní systémov ET treba v prvom kroku rozobrať možnosť snímania polohy oka vzhľadom ku monitoru a kamere a v druhom kroku je potrebné rozobrať techniku, ako zaznamenať oko, aby sme presne vedeli povedať, kam sa pozerá.

Pri určovaní polohy PoR si potrebujeme uvedomiť ako vníma kamera oko. Kamera zaznamenáva celý obraz, ktorý zobrazuje do dvojrozmerného priestoru. Časti oka na takomto dvojrozmernom obraze možno rozlíšiť spôsobom, ako je to zobrazené na Obrázku 2–3. Môžeme vidieť, že systém bude na zábere rozoznávať polohu zreničky vo vnútri dúhovky a na základe tejto pozície bude určovať PoR. Ľudia majú rozdielnu farbu dúhovky, v prípade tmavšej farby dúhovky sa zvyšuje náročnosť rozlíšenia dúhovky a zreničky.

Na základe Gullstrandoveho modelu oka [5] sú približné rozmery oka udané nasledovným spôsobom: polomer ľudského oka je približne 12,19 mm a vyklenutie rohovky má polomer približne 7,08 mm. Samozrejme rozmery očí rôznych používateľov sa od týchto hodnôt odlišujú, ale rozdiely medzi približnými a aktuálnymi rozmermi nebývajú príliš veľké a preto sú v systémoch ET používané približné hodnoty. Pre



Obr. 2–3 Stavba ľudského oka

Prameň: Vnímanie svetla [4]

Ľudské oko sme schopní rozlíšiť dve zaznamenateľné línie. Prvou je línia pohľadu (z angličtiny Line of Gaze), ktorá reprezentuje optickú os oka. Táto os je zostrojená ako priamka spájajúca stred zreničky a stred zadnej steny oka. Druhou je línia dohľadu (z angličtiny Line of Sight), ktorú získame ako os medzi stredom zreničky a žltou škvrnou (z latinčiny Fovea). Táto línia prechádza bodom, na ktorý sa človek pozerá v priestore. Pomocou rozoznania LoS sa získava PoR ako priesečník LoS s najbližším objektom scény. Pri interakcii človeka s počítačom je možné za tento bod považovať pixel monitora.

Glenstrup a Engell-Nielsen [6] rozdelili ET systémy do troch základných kategórií:

1. Technológie založené na odrazenom svetle
2. Technológie založené na elektrickom potenciály kože
3. Technológie založené na kontaktných šošovkách

2.3.1 Technológie založené na odrazenom svetle

Technológie, ktoré dávajú najlepšie výsledky pri výpočte PoR, používajú odrazy svetla od oka. Tieto technológie rozdelili Glenstrup a Engell-Nielsen [6] na:

1. Sledovanie vyvýšeného okraja oka

2. Sledovanie zreničky
3. Vzťah odrazu zreničky a rohovky
4. Odraz zreničky a obraz oka pri použití umelej neurónovej siete
5. Sledovanie Purkyného obrazov

Sledovanie vyvýšeného okraja oka

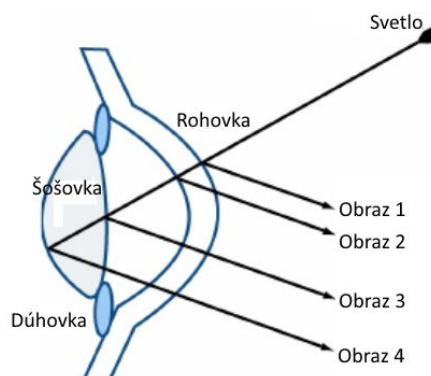
Vyvýšený okraj (z angličtiny Limbus) je hranica medzi očným bielkom a tmavou dúhovkou oka. Technológia sledovania vyvýšeného okraja oka používa fakt, že bielko sa od dúhovky dá vizuálne ľahko odlíšiť. Táto technológia používa relatívnu pozíciu vyvýšeného okraja oka od hlavy a preto musí byť hlava stabilizovaná, respektíve musí byť zariadenie zafixované na používateľovej hlave. Očné bielko je však obvykle viditeľné len na stranách oka, vrch aj spodok je väčšinou zakrytý viečkom, a teda táto technológia je výhodná len pre presné sledovanie horizontálneho pohybu oka.

Sledovanie zreničky

Systém sledovania zreničky je podobný systému sledovania vyvýšeného okraja opísaného v Kapitole 2.3.1, ale pri sledovaní zreničky sa využíva hranica medzi zreničkou a dúhovkou. Rovnako ako v predošlom prípade je potrebné mať fixnú polohu hlavy vzhľadom ku kamere. Výhodou tohto princípu je možnosť merania vertikálneho pohybu oka, z dôvodu viditeľnosti celej dúhovky a zreničky. Keďže meraná hranica medzi zreničkou a dúhovkou je ostrejšia ako tomu bolo v predošlom prípade, poskytuje toto sledovanie väčšie rozlíšenie. Nevýhodou tohto princípu je vyššia náročnosť rozlíšenia hranice medzi dúhovkou a zreničkou, keďže ich farba môže byť podobná, predovšetkým v prípade hnedej dúhovky oka používateľa.

Vzťah odrazu zreničky a rohovky

Tento princíp ET systémov používa výpočty s odrazom infračerveného svetla od rohovky oka. Zdroje infračerveného svetla vytvárajú svetelný infračervený lúč smerom na oko, pričom je tento lúč odrážaný okom do kamery. Následne sa vypočítava poloha zreničky a bod odrazu svetelného lúča od rohovky oka. Infračervený lúč svetla sa používa z dôvodu, že ho používateľ nevidí, a teda ho lúč tohto svetla nijakým spôsobom neruší. Obvykle sa používa infračervené žiarenie s vlnovou dĺžkou 880 nm. Odrazov infračerveného žiarenia od jednotlivých vrstiev oka je niekoľko. Jednotlivé odrazy ako prvý zaznamenal český fyziológ, anatóm, biológ, básnik a filozof Jan Evangelista Purkyně [7], podľa ktorého sú jednotlivé odrazy pomenované ako Purkyného obrazy (vid' Obrázok 2–4).



Obr. 2–4 Purkyného obrazy

Prameň: Committing Eye Tracking [8]

Pri systémoch ET používajúcich vzťah odrazu zreničky a rohovky sa používa prvý Purkyného obraz a svetlo odrazené od sietnice. Prvý Purkyného obraz sa tiež nazýva odlesk (z angličtiny glint), ktorý je veľmi malý veľmi žiarivý bod, ktorý vzniká ako odraz lúča od povrchu rohovkového vyklenutia oka. Druhým prvkom je svetlo, ktoré vstúpilo do oka a bolo odrazené od sietnice. Toto svetlo slúži na osvetlenie zreničky zvnútra oka, čo zapríčiňuje, že sa zrenička ukazuje na zábere kamery ako jasný žiarivý kruh oproti tmavému pozadiu. Na Obrázku 2–6 môžeme vidieť odlesk,

tmavú zreničku (časť 6 A) a zvnútra osvetlenú zreničku (časť 6 B). Podobný efekt je možné vidieť na fotografiách s bleskom (viď Obrázok 2 – 5). Systémy, ktoré používajú tieto odrazy, preto potrebujú pre sledovanie oka infračervenú kameru a minimálne jeden zdroj infračerveného svetla.

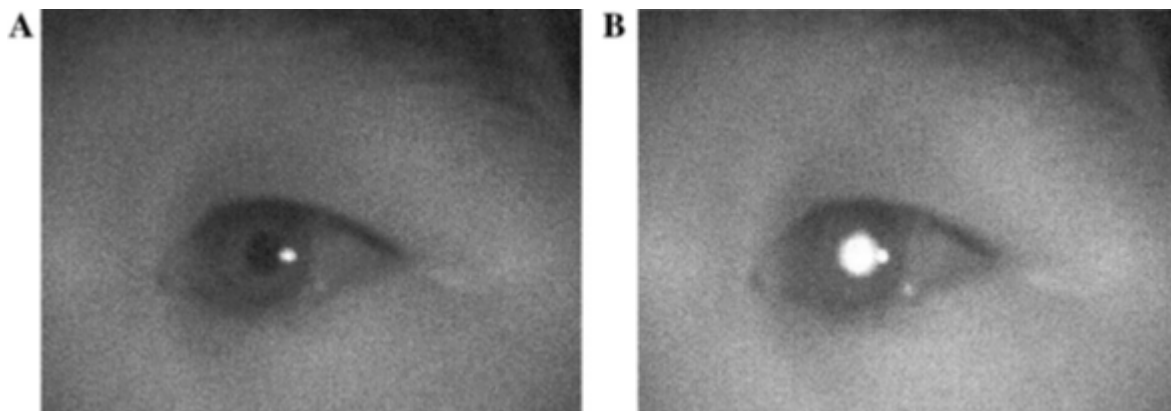
Systém ET vypočítava stred zreničky (na základe osvetlenej zreničky) a odlesk (prvý Purkyněho obraz). Na základe zmeny vzdialeností týchto dvoch bodov a zmene ich vzájomnej polohy, podľa toho ako sa oko otáča, vypočítava orientáciu oka v priestore. Následne systém využíva LoS pre výpočet PoR. Nevýhodou tejto technológie je potreba dobrého výhľadu z kamery na oko. Takisto pri pohybe hlavou je možné, že oko vypadne zo zaznamenávaného obrazu a teda nebude možné určiť PoR. Pre túto technológiu je rozsah, v ktorom možno sledovať pohľad približne 12 až 15 stupňov.



Obr. 2 – 5 Zrenička osvetlená zvnútra fotoaparátom s bleskom

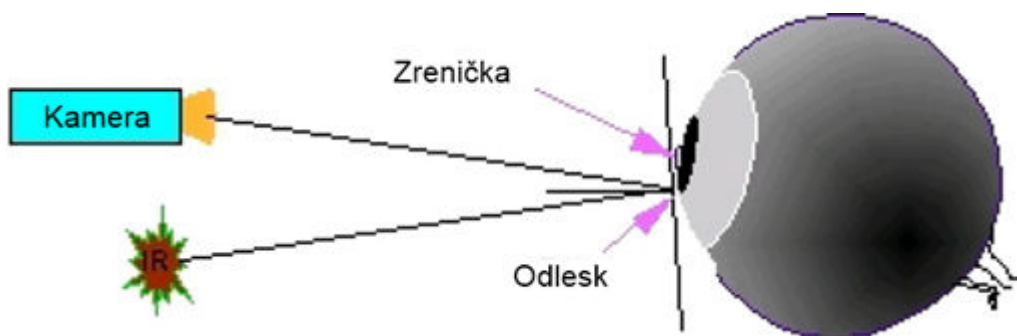
Prameň: Red Eye - what causes it and how to avoid it? [9]

Kvôli jednoduchosti tejto technológie a rozumnej presnosti využíva túto technológiu v súčasnosti veľa diaľkových systémov sledovania pohľadu (z angličtiny Remote Eye Gaze Tracker). Základné rozmiestnenie komponentov pre túto techniku je zobrazené na Obrázku 2 – 7. Na základe predpokladu, že oko je guľa, ktorá sa otáča len okolo svojho stredu, a že kamera a zdroj svetla sú zafixované, poloha odlesku sa nemení s rotáciou oka a preto sa dá použiť ako referenčný bod (viď Obrázok 2 – 8). Stred zreničky a pozícia odlesku definujú vektor v obraze. Tento vektor je jednoduché zmapovať na koordináty obrazovky počítača po kalibračnej procedúre a následne použiť pre kontrolu kurzoru grafického používateľského rozhrania.



Obr. 2–6 Obrázok tmavej A) a žiarivej zreničky B)

Prameň: Eye gaze tracking techniques for interactive applications [10]



Obr. 2–7 Systém vzťahu odrazu zreničky a rohovky

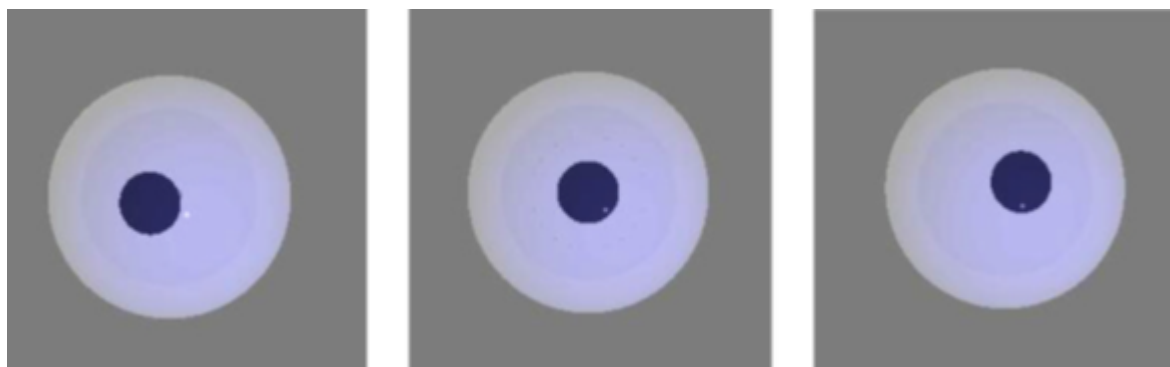
Prameň: Eye gaze tracking techniques for interactive applications [10]

Základné vzorce, ktoré sa používajú pre kalibračný výpočet sú nasledujúce:

$$S_x = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 \quad (2.1)$$

$$S_y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 \quad (2.2)$$

Koordinácie S_x a S_y sú koordináty obrazovky. Hodnoty x a y predstavujú vektor odrazu zreničky a rohovky. Neznámymi vo výpočte sú parametre a_0 - a_5 a b_0 - b_5 . Pri kalibračnom výpočte sa za bežných podmienok používa deväť bodov, čím získame k dvanástim neznámym osemnásť rovníc, ktoré vieme riešiť metódou najmenších štvorcov. Niekedy sa však z dôvodu nezávislosti parametrov a a b používajú dva systémy so šiestimi neznámymi a deviatimi rovnicami.



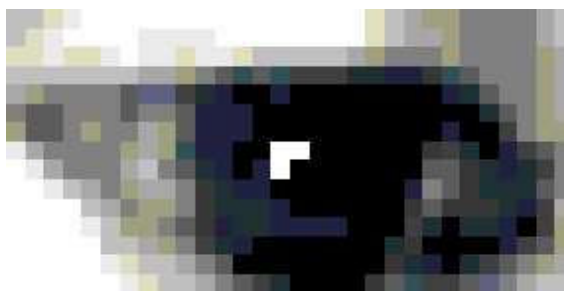
Obr. 2–8 Odlesk svetelného lúča použitím Gullstrandoveho modelu oka

Prameň: Eye gaze tracking techniques for interactive applications [10]

Odraz zreničky a obraz oka pri použití umelej neurónovej siete

Táto technológia patrí medzi najmladšiu spomedzi spomínaných techník. Definovali ju Beluja a Pomerlau [11] takým spôsobom, že nespracovaným vstupom do systému je digitalizovaná snímka používateľa. Táto technika používa širokouhlý obraz používateľa, teda celá hlava sa nachádza v ploche snímky kamery. Pred používateľom je umiestnený nepohyblivý zdroj svetla, ktorý často býva infračervený. Systém v prvom kroku nájde pravé oko používateľa a následne nájde odraz svetla (Prvý Purkyného obraz), ktorý je na snímke rozoznateľný ako veľmi jasný bod obkolesený tmavou oblasťou. Okolo tohto odrazu sa vytvorí obraz, ktorého rozmer je bežne 40x15 pixelov vycentrováný na odraz (viď Obrázok 2–9). Tento obraz je posunutý umelej neurónovej sieti (z angličtiny Artificial Neural Network). Výstupom z ANN je sada súradníc obrazovky.

Táto technológia na rozdiel od ostatných vyžaduje zložitú kalibráciu, ktorá spočíva v snímaní oka a hlavy užívateľa počas troch minút, pričom ten sleduje pohyblivý kurzor na monitore. Následne systém počas tridsiatich minút vykonáva nad obrazmi výpočty. Výhodou však je, že pri ďalšom použití systém nepotrebuje rekalihráciu. Presnosť takýchto systémov nie je zatiaľ taká dobrá, ako pri ostatných spomínaných technológiách, a je obmedzená na 1,5 až 2 stupne.



Obr. 2–9 Obrázok oka pre neurónovú sieť

Prameň: Non-Intrusive Gaze Tracking Using Artificial Neural Networks [11]

Sledovanie Purkyněho obrazov

Technológiu sledovania Purkyněho obrazov navrhol Müller a kol. [12] za využitia prvého a štvrtého Purkyněho obrazu. Na rozdiel od ostatných technológií je táto technológia presnejšia ako ostatné a má vysokú vzorkovaciu rýchlosť (až do 4000 Hz), avšak jej nevýhodou je slabosť štvrtého Purkyněho obrazu, z čoho vyplýva potreba silnej kontroly osvetlenia v priestore. Táto metóda spočíva vo fakte, že keď sa hýbe oko, tak sa spolu s ním hýbu obidva Purkyněho obrazy, avšak ak sa oko otáča, obrazy sa hýbu odlišnými rýchlosťami a tak sa mení ich separácia. Táto separácia v sebe obsahuje uhlovú zmenu orientácie oka, ktorá je potom použitá pre výpočet PoR.

2.3.2 Technológie založené na elektrickom potenciály kože

Elektro-oculografická technológia výpočtu PoR je založená na fakte, že okolo oka existuje elektrostatické pole. Zaznamenaním malých rozdielov v potenciály kože okolo oka je vypočítaná poloha oka, pomocou ktorej sa vypočítava PoR. Táto technológia používa elektródy umiestené na tvári v okolí oka. To spôsobuje, že nie je potrebné mať jasný obraz oka, čo sa odráža vo veľkom dynamickom rozsahu približne 70 stupňov. Táto technológia však nie je veľmi používaná, keďže vyžaduje priamy kontakt elektród s používateľom.

2.3.3 Technológie založené na kontaktných šošovkách

Základný princíp týchto technológií je taký, že používateľ si nasadí špeciálne kontaktné šošovky, pomocou ktorých je možné získať celkom presné údaje o smerovaní pohľadu. V súčasnosti sú známe dve šošovkové metódy. Pri prvej je na šošovku vyrytých niekoľko zrkadlových plôch, ktorých odrazy sú použité pri výpočte polohy oka. Druhý spočíva v implantovaní malej indukčnej cievky do šošovky a následne pomocou vysoko-frekvenčných elektromagnetických polí umiestnených v okolí používateľovej hlavy je možné určiť smer pohľadu používateľa. Tieto technológie však nie sú stavané pre každodenné podmienky, keďže vplyv vysokofrekvenčných elektromagnetických polí na ľudské zdravie zatiaľ nie je známy a rovnako je požadované, aby používateľ nosil špeciálne kontaktné šošovky.

2.3.4 Zhrnutie a porovnanie technológií eye gaze tracking

V Tabuľke 2 – 1 sú zobrazené rôzne aspekty technológií ET, pričom každá technológia je zobrazená v jednom stĺpci. Niektoré hodnoty sú reprezentované pomocou symbolu „-“. V takom prípade technológia danú funkcionality nevyžaduje, respektíve s danou funkcionality nepracuje (ako napríklad kontaktné šošovky nepotrebujú žiaden výhľad k tvári od kamery, keďže s kamerou nepracujú). Z hľadiska potrebného výhľadu na tvár (z pohľadu kamery) najlepšie obstála technológia očných šošoviek, ktorá žiaden prístup k tvári nepotrebuje, a technológia sledovania vyvýšeného okraja, ktorej stačí slabý prístup k tvári kvôli rozlíšiteľnosti bielka od dúhovky. Čo sa týka kontaktu s užívateľom sú najlepšie technológie sledovania zreničky, vzťah rohovky a zreničky, ANN a použitie Purkyného obrazov. Najlepšiu presnosť dosahuje technológia sledovania zreničky nasledovaná technológiou cievky v šošovke. Najlepšie rozlíšenie dosahujú technológie vzťahu rohovky a zreničky a technológia elektrického potenciálu kože. Najlepší rozsah záberu majú technológia Purkyného obrazov a technológia elektrického potenciálu kože. Najlepšiu vzorkovaciu rýchlosť dosahuje tech-

Tabuľka 2 – 1 Porovnanie systémov eye gaze tracking

Technológia	Sledovanie vyvýšeného okraja	Sledovanie zreničky	Vzťah odrazu zreničky a rohovky	ANN	Sledovanie Purkyného obrazov	Elektrický potenciál kože	Cievka v kontaktných šošovkách
Výhľad na tvár (kamera)	slabý až dobrý	dobrý	dobrý	dobrý	dobrý	dobrý	-
Kontakt s používateľom	pripevnený na hlavu/bradu	žiaden	žiaden	žiaden	žiaden	elektrody	kontaktné šošovky
Presnosť	$h=0.5-7^\circ$ $v=1-7^\circ$	0.003°	$0.5-2^\circ$	1.5°	0.017°	$1.5-2^\circ$	0.08°
Rozlíšenie	0.1°	0.005°	dobré	-	0.25°	dobré	0.017°
Rozsah	$h=\pm 15-30^\circ$ $v=\pm 15-20^\circ$	$h=\pm 30-40^\circ$ $v=\pm 20-40^\circ$	$h=\pm 12-40^\circ$ $v=\pm 12-50^\circ$	-	$\pm 20-60^\circ$	$\pm 70^\circ$	$\pm 25^\circ$
Vzorkovacia rýchlosť	200-4000Hz	50-250Hz	25-50Hz	15Hz	4000Hz	-	1000Hz
Odpoveď v reálnom čase	-	oneskorenie 6-12 ms	-	-	oneskorenie 1 ms	áno	-
Merania rotácie oka	X/(Y)	X/Y	X/Y/Z	X/Y	X/Y	-	X/Y/Z
Meranie polomeru zreničky	nie	áno	áno	-	-	-	nie

Prameň: Present-day Eye-Gaze Tracking Techniques [6]

nológia Purkyného obrazov nasledovaná technológiou sledovania vyvýšeného okraja. Odpoveď v reálnom čase poskytuje len technológia elektrického potenciálu kože. Od-

poved' s minimálnym oneskorením poskytuje technológia sledovania zreničky a technológia Purkyného obrazov. Najlepšie merania rotácie oka v priestore poskytujú technológie vzťahu rohovky a zreničky a technológie kontaktných šošoviek. Meranie polomeru zreničky poskytuje technológia sledovania zreničky a technológia vzťahu rohovky a zreničky.

2.4 Ideálny eye gaze tracking systém

Scott a Findlay [13] zaoberajúci sa systémami ET zhrnuli základné vlastnosti, ktoré by ideálny ET systém mal spĺňať. Ideálny ET systém by mal:

1. poskytnúť voľný výhľad na monitor s dobrým prístupom k tvári a hlave
2. nemal by vyžadovať kontakt s používateľom
3. mal by byť schopný umelo stabilizovať obraz siete, keď je to potrebné
4. mať presnosť minimálne jedno percento alebo pár minút oblúku
5. poskytnúť rozlíšenie jednej minúty oblúku a tak byť schopný identifikovať aj najmenšiu zmenu polohy oka
6. poskytnúť dynamický rozsah 1 minúty až 45 stupňov pre pozíciu oka a 1 minútu oblúku až 800 s^{-1} pre rýchlosť oka
7. poskytnúť dobrú dočasnú dynamiku a rýchlosť odozvy
8. poskytovať odozvu v reálnom čase
9. merať všetky tri stupne uhlovej rotácie oka a byť necitlivý voči zmene polohy očí
10. byť jednoducho rozširiteľný pre binokulárne záznamy
11. byť kompatibilný so záznamami hlavy a tela
12. byť jednoduchý pre použitie pre čo najviac ľudí

Aby bolo možné systém použiť pre všeobecné počítačové rozhrania, ideálny ET systém by mal:

1. byť presný - k minúte oblúku
2. byť spoľahlivý – mať konštantné, opakujúce sa správanie
3. byť masívny - schopný pracovať pod rôznymi podmienkami, ako je vo vnútri, vonku, aby ho vedeli použiť ľudia s okuliarmi a kontaktnými šošovkami a pod.
4. nebyť dotieravý – nespôsobovať žiadnu ujmu alebo nepohodlie
5. povoľovať voľný pohyb hlavy
6. nevyžadovať kalibráciu – okamžité nastavenie
7. mať odozvu v reálnom čase

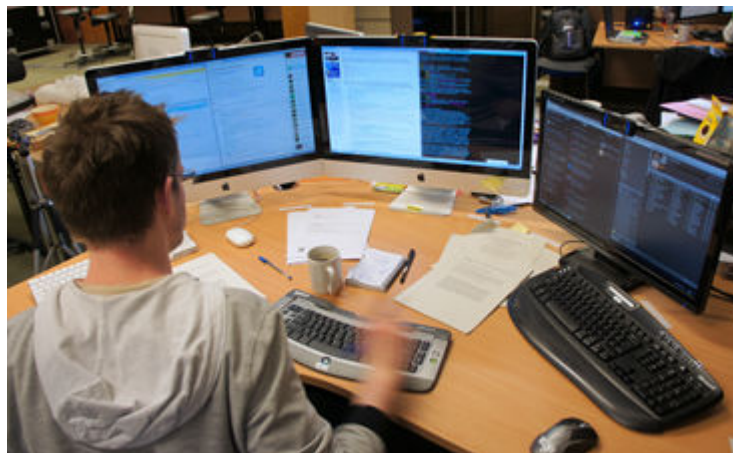
V skratke by takýto systém mal fungovať hocikde, pre každého, po celý čas, s hocijakou aplikáciou, bez potreby nastavovania a byť pohodlný a bezpečný pre použitie.

2.5 Viacmonitorové zariadenia a sledovanie pohľadu

V súčasnosti sa na mnohých pracoviskách začalo využívať prostredie s viacerými monitormi. Pod prostredím s viacerými monitormi rozumieme prípad, keď je pracovná plocha systému zobrazená na viacerých monitoroch, pričom každý z monitorov zobrazuje samostatné údaje a pomocou kurzoru sa dá prechádzať z jedného monitora do druhého (viď Obrázok 2–10). Podľa štúdie produktivity vytvorenou spoločnosťou NEC [14] pracovné prostredie s dvoma 20 palcovými monitormi zvyšuje používateľovu produktivitu o 30 percent oproti jednému 20 palcovému monitoru. Podľa výskumu, ktorý uskutočnil Jon Peddie [15] pridanie druhého monitoru k pracovnému prostrediu zvyšuje produktivitu práce o 20 až 30 percent.

Špeciálnym prípadom prostredia s viacerými monitormi je multimonitor. Pod pojmom multimonitor rozumieme viacero monitorov umiestnených vedľa respektíve nad

seba vytvárajúcich jednu väčšiu súvislú plochu (viď Obrázok 2–11).



Obr. 2–10 Prostredie s viacerými monitormi

Prameň: Subtle Gaze-Dependent Techniques for Visualising Display Changes in Multi-Display Environments [16]



Obr. 2–11 Multimonitor

Prameň: How To Set Up A Multi Monitor Computer [17]

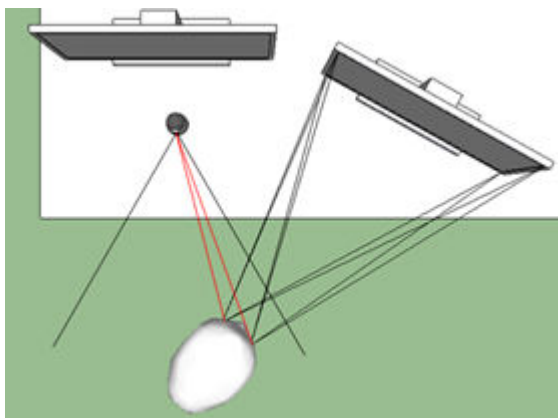
Z dôvodu trendu prostredí s viacerými monitormi treba tomuto trendu venovať pozornosť pri skúmaní výpočtu polohy pohľadu na monitore. Zároveň toto prostredie ponúka ideálne podmienky pre zapojenie systému sledujúceho aktivitu používateľa. Jednoduchým prípadom je prípad, kedy chce používateľ prepísať istý text z viacerých snímok. Na jednom monitore má otvorené okno s textovým editorom a na druhom má otvorenú snímku s textom. Udalosť zmeny pohľadu používateľa z jedného monitora na druhý môže byť následne použitá pre aktiváciu okna. Táto akcia uľahčuje

prácu v počítačovom systéme, keďže používateľ nemusí na aktiváciu okna použiť počítačovú myš.

V prípade použitia jednej kamery pri prostredí s dvoma monitormi (uvažujeme prípad sekundárneho monitora umiestneného napravo od hlavného monitora) môžeme uvažovať dve možné umiestnenia kamery:

1. Umiestniť kameru pod, resp. nad (v prípade notebooku) hlavný monitor
2. Umiestniť kameru medzi dva použité monitory

V prvom prípade sú výsledky pre hlavný monitor dostačujúce avšak s problémom sa stretneme v meraní polohy pohľadu v prípade pohľadu na pravú stranu sekundárneho monitora (viď Obrázok 2–12). Pri tomto pohľade totiž kamera vôbec nemusí byť schopná nasnímať oči používateľa.



Obr. 2–12 Prostredie z viacerými monitormi snímané jednou kamerou

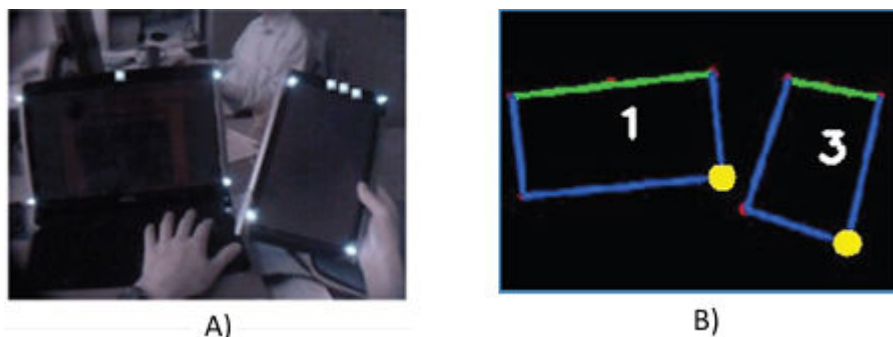
V prípade, že sa na výpočet polohy pohľadu využíva záber z kamery umiestnenej medzi monitormi, zvyšuje sa šanca, že v zábere kamery sa budú nachádzať oči používateľa pri pohľade na ľubovoľnú pozíciu ľubovoľného monitora. Údaje získané z tohto záberu však nie sú vhodné pre výpočet polohy z dôvodu vysokého skreslenia uhla pohľadu na okrajové hrany monitora.

Z vyššie uvedených dôvodov vyplýva potreba použitia n kamier pre n monitorov. Pre každý monitor je potom tvár používateľa snímaná vlastnou kamerou a pre každý

monitor je spustený samostatný program výpočtu polohy pohľadu na monitore. Tieto programy môžu spolu komunikovať, kedy vedia určiť aktuálne sledovaný monitor. Program vypočítavajúci polohu pohľadu na monitor, ktorý nie je aktuálne sledovaný používateľom, môže byť počas doby pohľadu na iný monitor pasívny. Pod pasívnosťou programu rozumieme, že program prijíma údaje snímané kamerou, avšak nesnaží sa vypočítavať polohu pohľadu. Toto všetko platí za predpokladu, že sa jednotlivé monitory neprekrývajú. Prekrytie monitorov má negatívny dopad na zvýšenie produktivity v prostredí s viacerými monitormi a teda by k nemu nemalo dôjsť v žiadnom pracovnom prostredí. Program starajúci sa o monitor, na ktorý sa používateľ nepozera, môže spôsobiť stmavnutie respektíve zmrazenie tohto monitora, čím sa zníži rozptýlenie používateľa, ako to uvádza Dostal a kol. v článku [16] venujúcemu sa vizualizačným zmenám v prostredí s viacerými monitormi využívajúcim techniky vypočítavaného pohľadu. V prípade vizuálnej zmeny na nepozorovanom monitore je následne táto zmena zvýraznená a používateľ je schopný na túto zmenu patrične reagovať. Takouto zmenou môže byť napríklad oznámenie vo forme vyskakovacieho okna. Podľa štúdie uskutočnenej Beckom a kol. [18] vyplýva, že ľudia si nie sú plne vedomí svojej schopnosti vnímania vizuálnych zmien v periférii vlastného videnia. Fakt periférneho videnia sa potom dá použiť spôsobom, že je stlmený jas nesledovaného monitora a v prípade vzniknutej aktivity na nesledovanom monitore sa táto aktivita zvýrazní (napríklad sa zvýši jas okna). Používateľ registruje túto zmenu vo svojej periférii a dokáže na ňu reagovať, čím je zvýšená jeho produktivita.

V prípade multimonitoru sa výpočet polohy pohľadu rieši spôsobom obdobným ako v prípade použitia jedného monitora. Kamera je umiestnená v strede pod (respektíve nad) multimonitorom. Vzdialenosť používateľa od monitora je však vyššia ako v prípade použitia tradičného monitora a tým pádom by aj kamera mala byť schopná snímať oči používateľa z väčšej vzdialenosti. Pri kalibrácii by malo stačiť kalibrovanie pomocou bodov ako v prípade normálneho monitora, avšak treba dohliadnuť na to, aby kalibračné body nezapadli do priestoru spoja jednotlivých monitorov

multimonitoru.



Obr. 2 – 13 Príklad A) označenia monitorov IR diódami; B) výsledok rozoznania monitorov
Prameň: Gaze tracking in multi-display environment [19]

V prostredí s viacerými monitormi je možné využiť zariadenie výpočtu pohľadu, ktoré je pripevnené na hlavu používateľa, ako to uvádzajú Kocejko a Wtorek [19]. V takomto prípade zariadenie pripevnené na hlavu používateľa má dve kamery, pričom jedna sníma oči používateľa a jedna sníma prostredie, na ktoré sa používateľ pozerá. Rohové body monitorov v prostredí sú označené infračervenými diódami a vrchná hrana monitoru je označená špeciálnou značkou pozostávajúcou zo štyroch infračervených diód, pričom počet svietiacich diód slúži na identifikáciu číselného označenia monitora (viď Obrázok 2 – 13). Výhodou tohto systému je, že o výpočet polohy pohľadu sa stará jediný program. Nevýhodou systému je potreba mať zariadenie pripevnené k hlave.

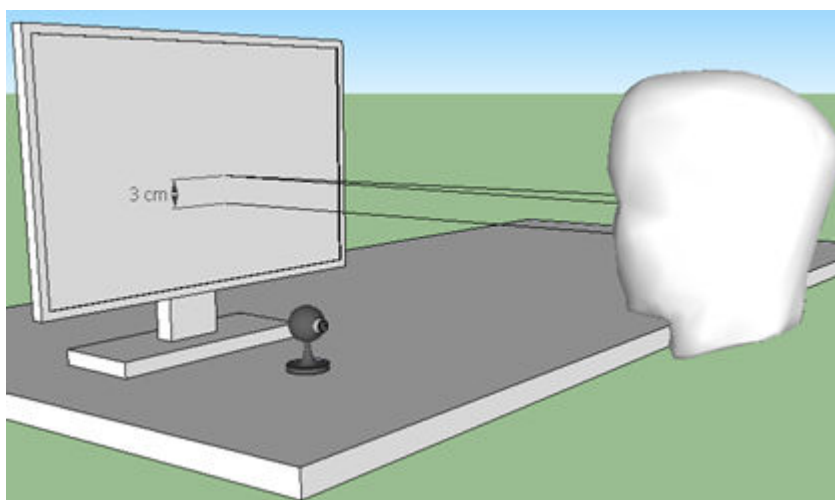
2.6 Zariadenie kinect a interakcia so systémom

Pri výpočte polohy pohľadu na monitor s použitím kamery pri monitore je často potrebné, aby používateľ nehýbal hlavou. Zmena polohy hlavy môže mať negatívny dopad na vypočítanú polohu pohľadu. V súčasnosti existujú zariadenia, ktoré umožňujú okrem sledovania obrazu možnosť rozpoznávať hĺbkovú mapu snímaného prostredia, respektíve ponúkajú rozpoznávanie snímaných tvarov. Jedným z takýchto zariadení je zariadenie kinect [20]. Zariadenie kinect slúži na snímanie a rozpoznávanie

kostrového modelu osôb v priestore snímanom zariadením. Zároveň kinect ponúka hĺbkovú mapu snímaného prostredia. Obmedzením zariadenia kinect je minimálna vzdialenosť jedného metra, aby bol schopný rozoznávať snímané objekty.

Pri výpočte polohy pohľadu nepotrebujeme snímať celý kostrový model používateľa. Medzi údaje, ktoré môžu byť prospešné pri výpočte polohy pohľadu, patrí model tváre používateľa. SDK pre kinect od verzie 1.5 ponúka možnosť snímania modelu tváre používateľa [21]. Získaný model je následne možné použiť pre určenie polohy tváre používateľa a následne sa dajú aplikovať výpočty pre úpravu vypočítanej polohy pohľadu na základe polohy tváre. Zároveň treba brať do úvahy možnosť využitia ďalších prvkov modelu tváre používateľa. Významným bodom modelu tváre používateľa je nos. Kostra nosa nám umožňuje určiť smerovanie tváre. Pri sledovaní pracovnej plochy monitora používateľ často nenatáča k pozorovanému bodu iba oči, často zvykne natáčať za bodom celú hlavu a tým pádom vychádza možnosť výpočtu bodu na monitore, na ktorý ukazuje špička nosa používateľa.

Bod, ktorý predstavuje prienik osi vychádzajúcej kolmo zo špičky nosa s rovinou obrazovky monitora je oproti pozícii pohľadu posunutý (viď Obrázok 2 – 14). Vzájomné posunutie týchto dvoch bodov je ovplyvnené tvarom nosa a natočením očí.



Obr. 2 – 14 Vzájomné posunutie bodu pohľadu a bodu osi nosa

Pri použití tohto spôsobu je potrebná kalibrácia systému. Kalibrácia prebieha spôsobom, že na monitore sú postupne zobrazené kalibračné body, na ktoré sa používateľ pozerá. Systém zatiaľ sníma polohu a natočenie nosa a na základe získaných údajov dopočítava bod prieniku osi nosa s monitorom. Bod získaný prienikom osi nosa s monitorom sa dá využiť dvojakým spôsobom. V prvom prípade sa získaná pozícia stáva bodom pohľadu používateľa, nakoľko používateľ sleduje vypočítanú pozíciu aby bol schopný vykonať interakciu so systémom. V druhom prípade je vypočítaný bod posunutý oproti pôvodnému bodu prieniku osi nosa s rovinou monitora aby lepšie odpovedal tradičnému spôsobu pohľadu na monitor.

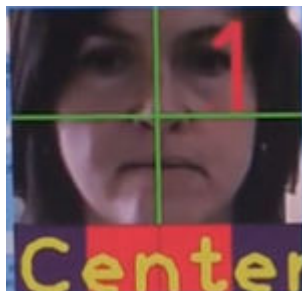
Keď sa nos používa ako prostriedok pre interakciu s počítačovým systémom je do interakcie možné zapojiť aj oči, ako to uvádzajú Gireeshkumar a kol. [22]. V tomto prípade je beh programu nasledovný:

1. Zosnímať tvár používateľa
2. Na každom snímku identifikovať špičku nosa
3. Na základe vypočítanej špičky umiestniť kurzor na monitore
4. V prípade statickej myši spustiť detekciu gest očí
5. Ak používateľ žmurkne, previesť kliknutie

2.7 Interakcia so systémom pomocou špičky nosa

Na interakciu so systémom sa okrem použitia osi nosa dá použiť zosnímaný obraz nosa, ako je to napríklad v prípade riešenia Nouse [23]. V tomto prípade je vstupom do programu zosnímaná tvár používateľa, pričom snímanie je prevádzané tak, aby sa špička nosa nachádzala v strede snímanej oblasti. Následne je špička nosa používaná ako pákový ovládač, teda kurzor na monitore sa hýbe na základe pozície špičky nosa voči stredu snímaného priestoru (viď Obrázok 2–15). Takéto riešenie je nízko nákladné, nakoľko jedinými potrebami takéhoto systému sú webkamera a

softvér, avšak používateľ je obmedzovaný v pohybe, nakoľko nehybnosť kurzora je zabezpečená umiestnením nosa do stredu snímanej oblasti.



Obr. 2–15 Snímanie špičky nosa

Prameň: Nose as Mouse. Assistive Technology [23]

3 Systémy sledovania pohľadu a interaktívne aplikácie

V počiatku vývoja sa systémy sledovania pohľadu používali pre vedecký výskum v kontrolovanom prostredí alebo v laboratóriách. Získané údaje boli následne použité v oftalmológii, neurológii, psychológii. V súčasnosti je stále viac aplikácií, ktoré využívajú ET, avšak prostredia, v ktorých sú tieto technológie používané musia byť kontrolované. Ako kontrolované prostredie si môžeme predstaviť prostredie s umiestnenými zdrojmi infračerveného svetla v priestore, ako to uvádza Morimoto a Mimica [10]. Úspech našli takéto technológie vo vojenských aplikáciách a pri vytváraní rozhraní pre ľudí s poruchami pohybového ústrojenstva. Priekopníkom technológií ET, ktorý jednotlivé systémy všeobecne ohodnotil, je Andrew Duchowsky [24]. Podľa neho je definovaná základná hierarchia ET systémov zobrazená na Obrázku 3–1.



Obr. 3–1 Duchowskeho hierarchia systémov sledovania oka

V úlohe diagnostiky poskytuje ET systém objektívne a kvantitatívne dôkazy o používateľových vizuálnych procesoch. Interaktívny systém odpovedá a komunikuje s používateľom na základe pozorovaných pohybov oka. Takéto interaktívne systémy sú následne rozdelené do dvoch podtypov aplikácií: výberových a pohľadovo závislých (z angličtiny Gaze-contingent). Výberové systémy používajú PoR ako náhradu počítačovej myši. Pohľadovo závislé systémy využívajú informáciu o pohľade

používateľa pre uľahčenie rapídnej interpretácii grafických prostredí. Takéto systémy sú zobrazovacími systémami, keď sa s informáciami zobrazovanými používateľovi manipuluje tak, aby odpovedali schopnosti človeka pri spracovaní vizuálnych informácií.

3.1 Výberové systémy

Výberové systémy (z angličtiny Selective Systems) využívajú sledovaný pohľad používateľa ako ukazovací prostriedok, podobne ako je využívaná počítačová myš. Popredné aplikácie využívajúce tento prístup slúžia na výber prvkov rozhrania ako tlačidlá, výber položiek menu. Rovnako sa používajú pri výbere objektov a oblastí vo virtuálnej realite. Prvou aplikáciou, ktorá využívala tento princíp, je aplikácia slúžiaca na písanie textu, predovšetkým pre ľudí s poruchou pohybového ústrojenstva (viď kapitolu 2.1). Pri takýchto systémoch je dôležité uvedomiť si spôsob výberu prvkov na monitore. Na rozdiel od myši ľudský pohľad nemá žiadne „tlačidlá“, pomocou ktorých by počítaču potvrdil výber objektu. Z tohto dôvodu vyvstáva problém midasoveho dotyku ako ho definoval Velichovsky a kol. [25] (z angličtiny Midas Touch problem). Midasov problém spolu s unášaním oka sú najväčšie problémy pre pohľadový vstup.

3.1.1 Problém midasovho dotyku

Problém midasovho dotyku je založený na gréckej mytológii, kedy si kráľ Midas želal, aby menil dotykom veci na zlato. Ľudské oko sa počas evolúcie vyvíjalo aby pozorovalo prostredie a nie aby s ním manipulovalo. V pohľadom ovládaných rozhraniach však musí oko vykonávať obidve činnosti. Z toho dôvodu musí systém rozlišovať medzi:

1. pohľadom, ktorý získava informácie z prostredia

2. pohľadom, ktorý má vykonať špecifický príkaz

Ak systém nie je schopný rozlíšiť tieto dva pohľady tak hocikam sa používateľ pozrie je aktivovaná reakcia, rovnako ako to bolo v prípade midasovho dotyku.

V niektorých systémoch sú pre riešenie Midas Touch problému použité žmurknutia, respektíve dĺžka pohľadu ako spôsoby klikania. Tieto technológie však neriešia problém naplno, lebo človek žmurká často (z dôvodu vlhčenia oka, resp. z iných dôvodov, ako napríklad úzkosť, ako to vo svojom článku uvádza Truban [26]) a rovnako v mnohých prípadoch pri čítaní textu, respektíve pri práci s počítačovým rozhraním, drží pohľad na jednom mieste dlhšiu dobu. Na nedostatky výberového ET systému poukazuje Eye Tracking Inc. [27] vo svojom článku, kde z problému midasovho dotyku vyvstáva fakt, že iba použitie oka pre výberové systémy nemusí byť dostatočné z dôvodu náhodných kliknutí, pomalej navigácie pomocou udržiavania pohľadu na istých miestach, problémov s presnosťou a v nemalom rade záťaže vytvorenej na očiach používateľa.

3.1.2 Akcelerácia kurzora myši

Akcelerácia kurzora myši využíva ET technológiu takým spôsobom, že je kurzor myši premiestnený na pozíciu zafixovaného pohľadu. Tento spôsob definoval Zhai a kol. [28] a pomenovali ho Manual Gaze Input Cascaded (MAGIC). Zrýchlenie je buď okamžité spustené pohybom oka (liberal MAGIC pointing), alebo čaká na pohyb myši (conservative MAGIC pointing). Hoci rýchlosť tohto spôsobu nie je očividná, podľa výsledkov štúdie väčšina používateľov tejto technológie cítila zrýchlenú interakciu pri použití obidvoch spôsobov.

3.1.3 Použitie výberových systémov

Medzi interaktívnymi prostriedkami sa výberové systémy používajú pre diagnostiku a pre skúšanie použiteľnosti rozhraní. Pohyb očí vo veľkej miere poskytuje informácie

o spôsobe ako používateľ používa počítačové rozhranie. Pomocou týchto informácií sa určuje ako zoskupovať ikony nástrojov, ako organizovať menu a v neposlednom rade ako organizovať webové stránky. Ďalším spôsobom sú systémy spolupráce (z angličtiny Collaborative Systems), kedy sa pomocou pohľadu ľudí pri telekonferenciách určuje kto rozpráva s kým a kto hovorí o čom.

V základe sa používajú výberové systémy buď ako priamo interaktívne prvky alebo ako nepriamo pasívne štýly použitia. Ak sa tieto dva aspekty spoja vzniknú pohľadovo závislé zobrazenia. V takýchto systémoch sa pohľad používa ako pasívny indikátor pohľadu. Pomocou PoR používateľa systém vytvorí zobrazenie s informačnými detailami, ktoré sú vygenerované na okraji zobrazenia. Tieto informácie sú používané v grafických alebo video-hovorových aplikáciách, kde sady komplexných údajov nemôžu byť naplno zobrazené v reálnom čase.

3.2 Kinect a interakcia so systémom

Keď sa používa zariadenie kinect na výpočet polohy pohľadu, je potrebné pracovné prostredie prispôbiť spôsobom, aby bol kinect umiestnený aspoň meter od používateľa a aby pri snímaní tváre používateľa nestála pred tvárou žiadna prekážka (ako napríklad časť monitora). Pri využívaní kinectu je možné zabezpečiť aj viac monitorový výpočet polohy pohľadu, nakoľko kinectom snímaná plocha z dôvodu umiestnenia kinectu meter od tváre používateľa poskytuje dostatočnú schopnosť rozoznávať tvár používateľa aj v prípade prostredia s viacerými monitormi, ak tieto monitory nie sú od seba príliš vzdialené.

Pri použití kinectu vyvstáva otázka snímania polohy pohľadu používateľa. Poloha pohľadu na monitore môže byť vypočítavaná len z údajov kamery, pričom sa môže využiť špička nosa pre výpočet bodu pohľadu alebo sa môže využiť obrázok zosnímaných očí. V prípade použitia zariadenia kinect verzia 1 záber oka predstavuje obrázok o rozmere okolo 23x8 pixelov z dôvodu malého rozlíšenia kamery (viď Kapitola 4.5),

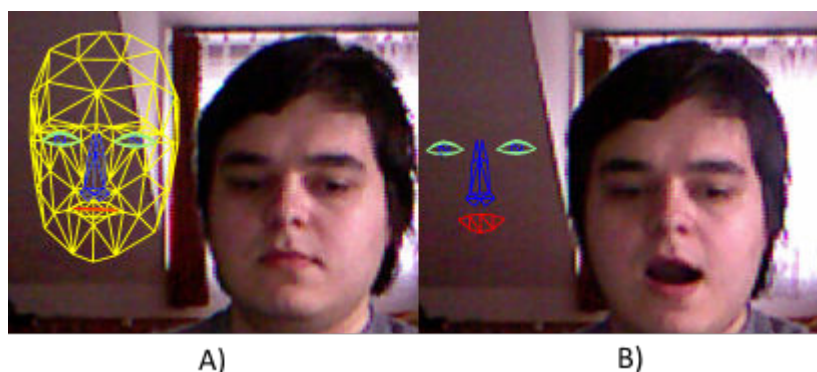
čo je polovica rozmeru používaného pri využití neurónovej mapy (viď kapitola 2.3.1). Z tohto dôvodu je v prípade Eye Gaze Tracking potrebné zapojiť do systému ďalšiu kameru, ktorej účelom je sledovať oči používateľa. Táto kamera môže byť pripojená na hlavu alebo staticky položená v pracovnom prostredí. V prípade pripojenia na hlavu však vzniká prekážka v snímke kinectu. V druhom prípade statického umiestnenia kamery vzniká problém pre viac monitorové prostredia, nakoľko každý monitor by potreboval vlastnú kameru. Kamera zariadenia kinect verzie 2 má vyššie rozlíšenie a tým pádom vyvstáva možnosť využiť ňou zosnímaný obraz oka pre výpočet polohy pohľadu, avšak iba pre hlavný monitor.

Údaje kinectu, nakoľko sníma celú tvár, je možné využiť pri interakcii so systémom. Face Tracker kinectu nepodporuje snímanie žmurkania, a teda v prípade využitia iba kinectu nie je možné žmurkanie využiť ako vstupnú udalosť do systému. Mapa tváre kinectu je schopná snímať pohyb úst a teda otvorenie úst môže predstaviť vstupnú udalosť. Pri použití otvorenia úst ako vstupnej udalosti vzniká obmedzenie používateľa, nakoľko v prípade rozhovoru môžu vznikať nepožadované vstupné udalosti. K tým dochádza aj v prípade použitia kamery snímajúcej oči pri použití žmurknutia oka ako vstupnej udalosti.

3.2.1 Mapa tváre

Mapa tváre zosnímanej zariadením kinect sa skladá z 206 trojuholníkov, ktoré vznikajú poprepávaním množiny 121 bodov snímaných zariadením kinect. Tieto trojuholníky je možné využiť na vizualizáciu zosnímanej tváre, ako je to zobrazené na Obrázku 3–2. Mapa tváre snímaná kinectom je vytvorená na základe masky CANDIDE-3 vytvorenej Mikaelom Rydfalkom v roku 1987 [29]. Výhodami tejto masky je nízky počet mnohouholníkových štruktúr pri mohutnej rekonštrukcii tváre.

V časti a) obrázka 3–2 je vidieť vyobrazenú celú mapu v relatívnom posune od snímanej tváre. V časti b) obrázka 3–2 je následne možné vidieť len vybrané časti



Obr. 3–2 Mapa tváre: A) kompletná a B) mapa očí, nosa a úst

záujmu, ktorými sú oči, nos a ústa. Napriek tomu, že oči človeka dokážu vypo-
vedať veľa a je ich možné použiť na mimiku (žmurknutie, prižmúrenie a pod.),
body reprezentujúce oči a nos sú stále, ich vzájomné vzdialenosti v rámci snímanej
tváre sú konštantné a tým pádom neumožňujú prejavovať žiadnu mimiku, ktorá by
mohla byť následne použitá na interakciu s počítačovým systémom. Poloha týchto
bodov sa mení len v závislosti zmeny polohy hlavy používateľa vzhľadom k za-
riadeniu kinect a tým pádom je možné využiť polohy týchto bodov pre určenie
polohy hlavy používateľa v priestore, ako aj na následný výpočet nasmerovania
tváre používateľa, resp. odhad polohy pohľadu. Poloha bodov predstavujúcich ústa
používateľa sa okrem pohybu hlavy používateľa v priestore mení aj pri pohybe
ústami používateľa (napr. keď ich otvorí alebo zatvorí). Takáto zmena je ľahko
identifikovateľná systémom a teda je ju možné použiť pri interakcii s počítačovým
systémom (ako to bolo spomínané v kapitole 3.2).

Aktuálne umožňuje zariadenie kinect snímať 6 rôznych animačných jednotiek (mimík,
z angličtiny Animation Unit - AU) tváre spolu s priestorovým natočením tváre.
Animačné jednotky predstavujú zmeny oproti neutrálnej polohe tváre a je ich možné
použiť pri bližšom identifikovaní mimiky, pričom ich hodnoty sú v rozpätí -1 až 1.
Rôzne animačné jednotky sú zobrazené v tabuľke 3–1.

Tabuľka 3 – 1 Animačné jednotky

AU meno a hodnota	Ilustrácia stelesnenia	Interpretácia hodnoty AU
Neutrálna tvár (pre všetky AU 0)		
AU0 - zvýšená hodná pera		0 = neutrálne, zakryté zuby; 1 = zuby naplno ukázané; -1 = pery maximálne zatlačené dodola
AU1 - znížená sánka		0 = zavreté; 1 = naplno otvorené; -1 = zatvorené (podobné 0)
AU2 - Roztiahnuté pery		0 = neutrálne; 1 = úplne roztiahnuté; -0.5 = našpúlené pery; -1 = úplne zaoblené (bozk)
AU3 - Znížené obočie		0=neutrálne; -1 = skoro úplne zvýšené; 1 = úplne znížené k očiam
AU4 - Znížené okraje pier		0 = neutrálne; -1 = veľmi šťastný úsmev; 1 = zamračené pery
AU5 - Zvýšené okraje obočia		0 = neutrálne; -1 = úplne znížené (smutná tvár); 1 = úplne zvýšené (prekvapený výraz)

Prameň: Face Tracking [21]

3.2.2 Kinect a prostredie s viacerými monitormi

V pracovnom prostredí s viacerými monitormi vieme vždy jednoznačne určiť hlavný monitor. Ostatné monitory sú vedľajšie. Pri práci v takomto prostredí používateľ trávi väčšinu času sledovaním hlavného monitora. Vedľajší monitor je často použitý len pre zobrazovanie nejakého textu, obrázku alebo webovej stránky. Z tohto dôvodu je možné umiestniť kinect v tomto prostredí za hlavný monitor. Dáta poskytnuté kinectom je potom možné použiť na určenie približného bodu pohľadu na hlavnom monitore. Pri výpočte polohy pohľadu na vedľajšom monitore však nemá zariadenie kinect dobrý výhľad na používateľove oči. Údaje o umiestnení nosa sa však dajú použiť pre určenie, že sa používateľ nepozera na hlavný monitor. Takýmto spôsobom je teda možné rozoznať monitor, na ktorý sa pozerá používateľ a následne vykonať aktivitu s týmto monitorom. V prípade hlavného monitora je možnosť rozvinúť využitie mapy tváre používateľa pre dodatočné interakcie podľa toho, kam na monitore sa používateľ pozerá.

4 Systém interakcie s počítačovým systémom na základe snímania aktivity používateľa

Táto kapitola sa venuje vytvorenému systému určenému pre interakciu človek-počítač na základe aktivity používateľa vo viac monitorovom prostredí a jeho návrhu. Na určenie aktivity používateľa sú využité údaje zosnímané zariadením kinect. Najprv je predstavený návrh systému. Následne je popísaná funkcionálna funkcia systému. V závere kapitoly sú ukázané výsledky testovania systému a uvedené možnosti budúceho vývinu systému.

4.1 Požiadavky na štruktúru systému

Systém musí byť schopný snímať mapu tváre používateľa. Na snímanie mapy a jej následnú vizualizáciu je použitá základná štruktúra programu základu sledovania tváre (z angličtiny Face Tracking Basics) [30]. Akonáhle má systém k dispozícii údaje o mape tváre používateľa, je potrebné z týchto údajov vybrať body mapy tváre, pomocou ktorých je možné vypočítať natočenie a polohu hlavy tváre používateľa.

Základné úlohy systému vykonávajúcom reakcie na akcie používateľa sú:

- určiť body mapy tváre potrebné pre výpočty
- určiť akým spôsobom sú zaznamenané akcie
- určiť akým spôsobom sú reakcie definované
- určiť akým spôsobom sú reakcie vykonávané

4.1.1 Určenie bodov mapy tváre potrebných pre výpočty

Pre určenie vzdialenosti hlavy používateľa od zariadenia kinect je potrebné použiť body mapy tváre používateľa, medzi ktorými vzdialenosť v rámci niektorej z osí

svoju hodnotu nemení pri natočení hlavy používateľa, keď je zachovaná vzdialenosť hlavy používateľa od zariadenia kinect. Na tieto účely je napríklad možné použiť bod čela používateľa a špičku nosa. V prípade, že vzdialenosť týchto bodov v rámci osi y klesá, znamená to, že sa vzdialenosť hlavy používateľa od zariadenia kinect zväčšuje. V opačnom prípade to znamená, že hlava používateľa sa približuje k zariadeniu kinect. Body špičky nosa je zároveň možné použiť pre určenie monitora, na ktorý sa používateľ pozerá (viď Kapitola 4.2.6).

Pri výpočte pohľadu pomocou mapy tváre používateľa treba určiť nasmerovanie tváre voči monitoru. Pre tento účel je vhodné použiť body strany hlavy používateľa. Ak hodnotu pozície predného z týchto bodov použijeme ako základ pre určenie natočenia hlavy používateľa a odpočítavame od neho hodnoty pozície zadného z týchto bodov, výsledné rozdiely v rámci osí x a y určujú intenzitu natočenia hlavy používateľa (viď Kapitola 4.2.5). V prípade, že sa používateľ pozerá napravo od zariadenia kinect, rozdiel hodnoty osi x týchto bodov je kladná hodnota, ktorej absolútna veľkosť narastá pri natočení hlavy používateľa doprava. V prípade, že sa používateľ pozerá naľavo od zariadenia kinect, rozdiel týchto bodov je záporná hodnota, ktorej absolútna veľkosť narastá pri natočení hlavy používateľa doľava. Ak sa používateľ pozerá smerom na zariadenie kinect, je hodnota osi x polohy týchto bodov identická.

Z dôvodu, že zariadenie kinect často nebýva umiestnené presne v strede za hlavným monitorom a aj vzdialenosť hlavy používateľa od okrajov monitora sa líši, nie je možné určovať polohu pohľadu na monitore len z údajov o zaujímavých bodoch tváre používateľa. Pre určenie rozmedzia hodnôt určujúcich pohľad používateľa na jednotlivé časti obrazovky je teda potrebná kalibrácia systému. V prípade, keď sa nemení pracovné prostredie, je vhodné navrhnuť kalibráciu takým spôsobom, aby ju bolo potrebné vykonať iba raz.

Pre systém vyplýva z dôvodov spomenutých v tejto podkapitole potreba:

- snímať zaujímavé body tváre používateľa
- kalibrovať systém

4.1.2 Určenie spôsobu zaznamenania akcií

Akcia používateľa je predstavená zmenou natočenia hlavy používateľa respektíve v prípade sústredeného pohľadu nemeniacou sa hodnotou zaznamenaných bodov. Intenzita a smer natočenia hlavy používateľa je určená pomocou zaujímavých bodov mapy tváre (viď Kapitola 4.1.1 a 4.2.5).

Zaznamenané akcie môžeme rozdeliť do dvoch kategórií. Prvá kategória akcií je predstavená natočením hlavy používateľa smerom k istej časti pracovného prostredia. Pre túto kategóriu je potrebné pracovný priestor rozdeliť do oblastí. V prípade pracovného prostredia s dvomi monitormi vieme pracovné prostredie rozdeliť pre hlavný a vedľajší monitor. Keďže pre vedľajší monitor nevieme určiť polohu pohľadu, je celý priestor vedľajšieho monitora považovaný za jednu oblasť. V prípade hlavného monitora systém dokáže vypočítať približnú polohu pohľadu. Jeden zo spôsobov, ako rozdeliť priestor hlavného monitora, je rozdeliť ho na tri stĺpce a tri riadky, pričom stĺpce horizontálne rozdelíme na ľavý, stredný a pravý a riadky predstavujú vertikálne rozdelenie monitora na vrchnú, strednú a spodnú časť. Pre riešenie problému midasovho dotyku (viď Kapitola 3.1.1) je možné pridať číselný indikátor pre akcie, ktorý označuje počet výskytov zmeny pohľadu na istú oblasť pracovného prostredia.

Druhá kategória akcií predstavuje sústredený pohľad používateľa. Rovnako ako v prípade prvej kategórie aj tu sa dá využiť rozdelenie pracovného prostredia na oblasti. Zároveň číselný indikátor pre takúto akciu predstavuje trvanie sústredeného pohľadu, pri ktorom je akcia zaznamenaná.

Pre zaznamenanie akcie používateľa teda systém potrebuje:

- rozoznať polohu pohľadu používateľa
- rozoznať trvanie sústredeného pohľadu používateľa

4.1.3 Určenie spôsobu definovania reakcie

Pri definovaní reakcie je potrebné vytvoriť štruktúru, ktorá predstavuje vykonateľnú operáciu v počítačovom systéme. Každá reakcia predstavuje odozvu na akciu používateľa. Z tohto dôvodu každá reakcia potrebuje mať definovanú akciu. Pre odoslanie príkazov potrebuje reakcia poznať okno programu, ktorému je reakcia odosielaná. Definícia reakcie teda potrebuje mať možnosť výberu aktívneho programu, ktorému je poslaná operácia na vykonanie.

V operačnom systéme windows sa na odosielanie vykonateľnej operácie dá použiť trieda SendKeys [31]. Úlohou tejto triedy je poslať operáciu predstavenú postupnosťou stlačených kláves klávesnice. Reakcia systému teda potrebuje mať definovanú:

- postupnosť kláves operácie reakcie
- akciu, na ktorú je reakcia vyvolaná
- okno programu, ktorému reakcia odosiela operáciu

Výsledný systém teda musí poskytovať prostredie na definovanie reakcií.

4.1.4 Určenie spôsobu vykonania reakcie

V prípade, že je reakcia definovaná spôsobom uvedeným v Kapitole 4.1.3, systém má všetky potrebné údaje pre jej vykonanie. Pred vykonaním reakcie systém potrebuje identifikovať, či došlo k požadovanej akcii. Systém musí zároveň kvôli univerzálnosti poskytovať možnosť definovať viacero reakcií súčasne. Pri snímaní akcie používateľa teda systém musí prehľadať všetky definované reakcie a v prípade výskytu niektorej

akcie vykonať príslušnú reakciu. Zároveň je potrebné, aby používateľ rozhodol o tom, či sa reakcie na jeho akcie majú vykonávať. To je zabezpečené umožnením spustenia (respektíve zastavenia) vykonávania reakcií na akcie používateľa.

Systém pre možnosť vykonávania reakcie potrebuje:

- zaznamenať akciu používateľa
- umožňovať spustenie a zastavenie vykonávania reakcií
- previesť vykonanie reakcie

4.1.5 Dodatočné požiadavky na systém

Systém pracuje so snímaným obrazom priestoru, kde hľadá mapu tváre používateľa. Tvorený systém teda musí umožniť zobrazenie celého snímaného priestoru, aby používateľ vedel identifikovať prípadnú prekážku medzi kamerou zariadenia kinect a tvárou používateľa. V prípade, že je zariadenie kinect schopné snímať mapu tváre používateľa, potrebuje byť používateľ o tom informovaný. V takom prípade systém môže snímať akcie používateľa a vykonávať reakcie. Rovnako musí byť používateľ informovaný o stave, keď zariadenie kinect nie je schopné snímať jeho mapu tváre. Keďže systém nepracuje s celou mapou tváre používateľa, systém potrebuje rozpoznávať oblasti nasnímanej mapy tváre. Tieto časti je následne možné zobraziť v obraze snímaného priestoru pre používateľa. Následne ako každý systém potrebuje aj tento systém poskytnúť istú formu nastavení. Najdôležitejším nastavením pre takýto systém, ktoré nie je možné jednoznačne určiť pomocou softvérových prostriedkov, je určenie postavenia vedľajšieho monitora voči hlavnému.

Z týchto dodatočných požiadaviek na systém vyplýva potreba:

- zobraziť priestor snímaný zariadením kinect
- informovať používateľa o tom, či systém rozoznal mapu jeho tváre

- poskytnúť možnosť nastavenia umiestnenia vedľajšieho monitora v pracovnom priestore

Zároveň ako doplnok systému je možné zobrazovať rôzne časti mapy tváre používateľa.

4.2 Vytvorený systém

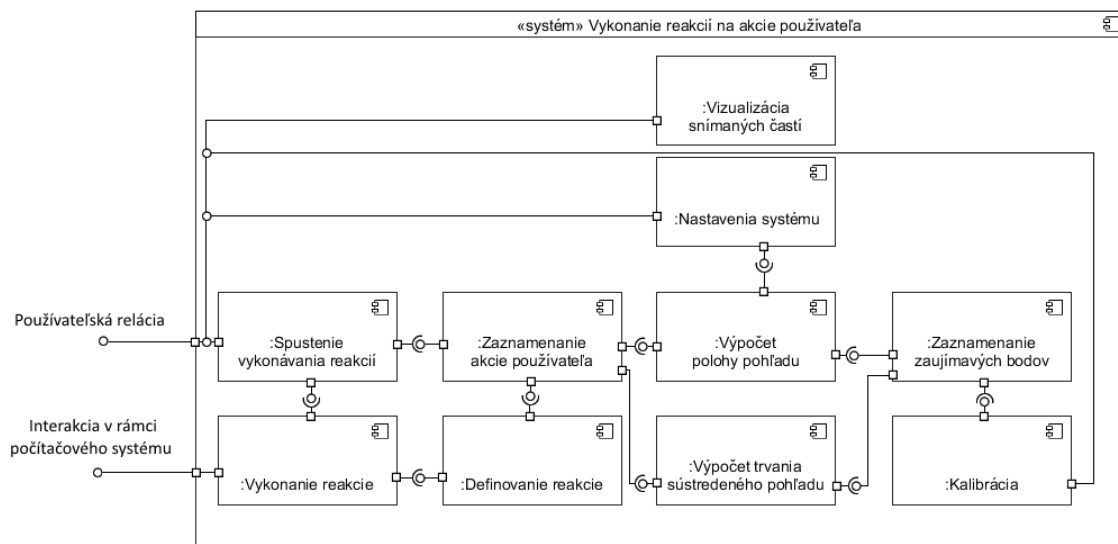
Systém vypočítava polohu pohľadu používateľa na hlavnom monitore. Zároveň systém dokáže určiť, či sa používateľ pozerá na vedľajší monitor. V takom prípade systém nevypočítava polohu pohľadu používateľa z dôvodu uhlového skreslenia snímaného priestoru, len indikuje fakt, že sa používateľ pozerá na tento monitor. Treba si uvedomiť, že pri práci v prostredí s viacerými monitormi je vedľajší monitor prevažne používaný pre zobrazenie nejakej formy informácií a väčšina interakcií so systémom pomocou počítačovej myši a klávesnice sa deje na hlavnom monitore. Preto je postačujúca indikácia pohľadu na vedľajší monitor a nie je potrebné určovať presný bod pohľadu na tento monitor. Zariadenie kinect je potrebné umiestniť nad resp. pod hlavný monitor takým spôsobom, aby vedelo snímať tvár používateľa priamo a aby bolo vo vzdialenosti aspoň meter od tváre používateľa. Pre správnu funkcionálnu je vhodné aby sa v zábere zariadenia kinect nevyskytovalo viacero osôb, keďže v prípade výskytu viacerých tvári v zábere kamery zariadenia kinect by mohlo dôjsť k výberu tváre nepožadovanej osoby a teda ku nekorektne vypočítanej polohe pohľadu. Základná funkcionálna systému pre interakciu s počítačovým zariadením spočíva vo výpočte polohy pohľadu používateľa a rozpoznaní akcie používateľa, napríklad keď sa zmení pohľad používateľa z hlavného na vedľajší monitor. Následne pri výskyte udalosti systém odošle príkaz vybranému oknu spomedzi otvorených okien formou postupnosti stlačených kláves, ktorý sa v tomto okne vykoná. Akcie systému sa rozlišujú na zmenu bodu pohľadu, udržanie pohľadu na istom mieste a mimika tváre spojená s otváraním úst a pohybom obočia.

Pre základné určenie, na ktorý monitor sa používateľ pozerá, nie je potrebná ka-

librácia, keďže pre odhad sledovaného monitora stačí použiť body predstavujúce spodok nosa s dobrými výsledkami. Pre zabezpečenie presnosti vypočítavaného bodu pohľadu na hlavnom monitore je potrebná kalibrácia. V prípade, že sa poloha monitorov a zariadenia kinect v danom pracovnom prostredí nemení, nie je potrebné systém pri opätovnom použití znovu kalibrovať. Spôsob využitia používateľových akcií pre interakciu so systémom je potrebné nastaviť vo forme príkazov odosielaných požadovaným oknám. Na kalibráciu, nastavenia a určenie spôsobu využitia akcií používateľa slúži používateľské rozhranie systému.

4.2.1 Diagram komponentov systému

Systém je navrhnutý tak, aby splnil všetky požiadavky uvedené v Kapitole 4.1. Každá z vyplývajúcich požiadaviek je v systéme zakomponovaná spôsobom zobrazeným na Obrázku 4–1.

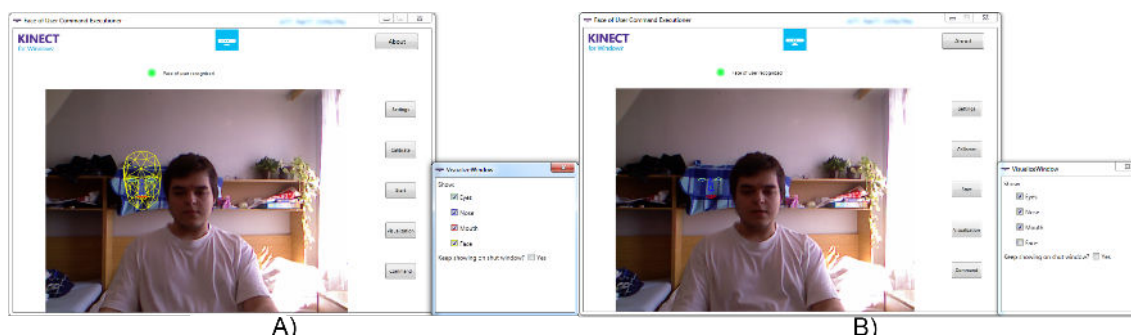


Obr. 4–1 Hlavné okno systému výpočtu polohy pohľadu

4.2.2 Výber vizualizácie častí mapy tváre

Výber vizualizácií predstavuje komponent "Vizualizácia snímaných častí" zobrazený na Obrázku 4 – 1. Vizualizácia rôznych častí tváre spočíva vo výbere častí mapy tváre používateľa, ktoré majú byť zobrazené používateľovi v snímke snímanej zariadením kinect. Oblasti tváre zaujímavé z hľadiska výpočtu polohy pohľadu sú nasledovné (farba vypovedá o farebnom zobrazení vrámci vytvoreného riešenia):

- Oči (Eyes) - svetlozelená farba
- Nos (Nose) - modrá farba
- Ústa (Mouth) - červená farba
- Tvár (Face) - žltá farba



Obr. 4 – 2 Vizualizovaná mapa tváre: A) všetky časti a B) oči, nos a ústa

Toto zobrazenie snímanej mapy tváre je možné umiestniť nad tvár používateľa v snímanom priestore, do osobitného okna alebo ho umiestniť vedľa tváre používateľa. Vo vytvorenom systéme sú zobrazované časti mapy tváre v relatívnom posunutí od skutočnej tváre používateľa pre ľahšiu identifikáciu jednotlivých častí. Nastavenie vizualizácie častí mapy tváre sa vo vytvorenom systéme deje pomocou samostatného okna. Okno nastavenia vizualizácie sa zobrazuje v pravom dolnom rohu od hlavného okna, avšak následne ho používateľ môže presunúť podľa svojich potrieb. Používateľ vytvoreného systému zároveň môže určiť, aby boli vizualizované časti tváre zobrazované v hlavnej snímke aj po uzatvorení tohto okna. Zobrazenie vizualizácie mapy

tváre je zobrazené na Obrázku 4–2.

4.2.3 Nastavenia systému

Nastavenia slúžia pre definovanie pracovného prostredia systému. Používateľ tu určuje polohu vedľajšieho monitora oproti hlavnému monitoru. Zároveň sa tu dá nastaviť rýchlosť pohybu kalibračných bodov pri kalibrácii. Nastavenia systému sa tu dajú ukladať, pričom pri opätovnom zapnutí systému sú automaticky načítané posledné uložené nastavenia. Vždy keď sa zmení pracovné prostredie (napríklad zmena umiestnenia vedľajšieho monitora oproti hlavnému) je potrebné nastaviť systém pre nové usporiadanie prvkov pracovného prostredia.

Pre rôzne prostredia sa mení hodnota natočenia tváre uvedená v Kapitole 4.2.6. Nastavenia systému majú umožniť úpravu tejto hodnoty, aby presnejšie odpovedala požadovanému prostrediu bez použitia kalibrácie.

Okno vytvoreného systému s nastaveniami sa zobrazuje v pravom hornom rohu od hlavného okna, avšak následne ho používateľ môže premiestniť podľa svojich predstáv. Okno nastavení predstavuje riešenie komponentu "Nastavenia systému" zobrazeného na Obrázku 4–1.

4.2.4 Kalibrácia

Kalibrácia na základe počtu bodov z nastavení zobrazí používateľovi tieto body postupne v rôznych hraničných častiach monitora a používateľ sa na ne postupne musí pozerieť. Každý bod ostáva v hraničných častiach monitora istú časovú chvíľu, počas ktorej sa používateľ musí pozerieť na tento bod. Počas tohoto času systém zaznamenáva snímané body tváre používateľa. Následne po tom, ako systém prejde všetkými kalibračnými bodmi, použije systém uložené body pre výpočet polohy pohľadu na monitore (viď kapitola 4.2.5).

Kalibračný priestor vytvoreného systému je zobrazený na celú obrazovku a vypína sa pomocou tlačidla "Exit calibration". Spustenie kalibrácie je v systéme vyriešené pomocou tlačidla "Start calibration" a kalibrácia môže byť znovu spustená pomocou toho istého tlačidla. Kalibrácia systému vykonáva činnosť komponentu "Kalibrácia" zobrazeného na Obrázku 4–1.

4.2.5 Výpočet odhadovanej polohy pohľadu na monitore

Pre výpočet odhadovanej polohy pohľadu na monitore je potrebná kalibrácia systému. Počas kalibrácie systému sa pre každý kalibračný bod uložia údaje o pozícii zaujímavých bodov mapy tváre používateľa. Zaujímavými bodmi mapy tváre potrebnými pre výpočet polohy pohľadu na monitore sú:

- Bod predstavujúci stred čela
- Body predstavujúce špičku nosa
- Bod predstavujúci pravý kraj tváre
- Bod predstavujúci pravú zadnú časť tváre
- Bod predstavujúci ľavý kraj tváre
- Bod predstavujúci ľavú zadnú časť tváre

Na Obrázku 4–3 sú zobrazené body predstavujúce čelo, špičku nosa, pravý kraj tváre a pravú zadnú časť tváre. Z ľavej strany sú analogicky body ľavého kraja tváre a ľavej zadnej časti tváre.

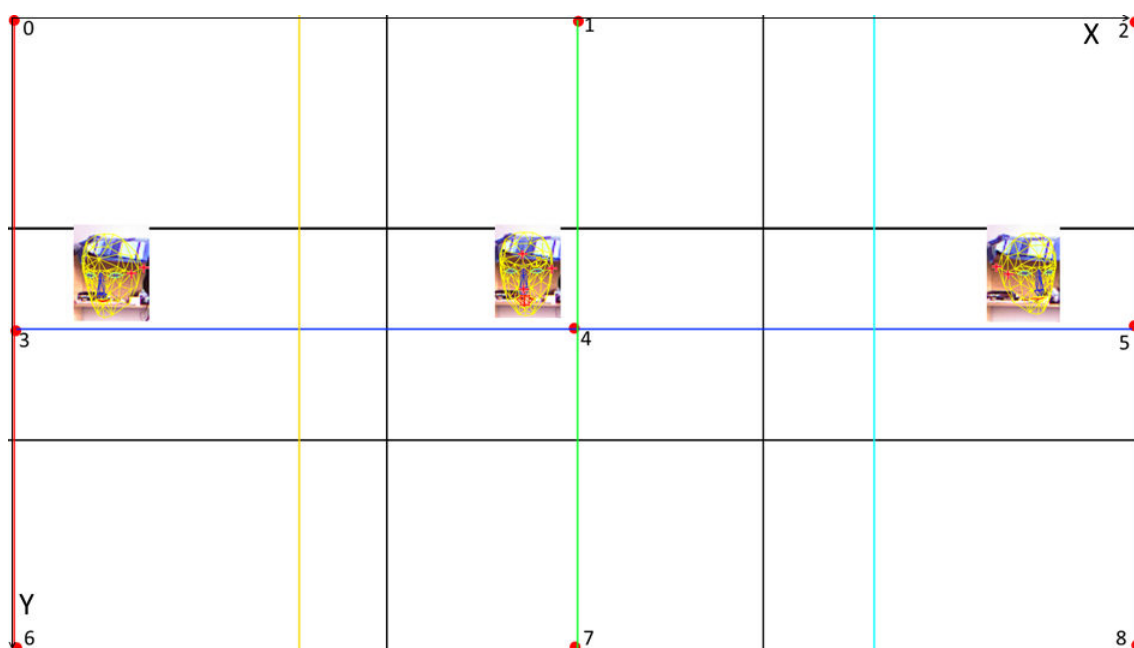
Pri prvej kalibrácii systému sa pozícia jednotlivých bodov ukladá do súboru pre jednotlivé body kalibrácie. Následne sú pre výpočet odhadovanej polohy využité x-ové a y-ové hodnoty týchto bodov a ich rozdiely. Rozdiel na osi y, medzi bodom čela a nosa pre rovnakú vzdialenosť tváre používateľa od zariadenia kinect, je konštantný a je ho možné použiť pri určení vzdialenosti tváre používateľa od monitora. Rozdiely



Obr. 4–3 Zaujímavé body pre výpočet polohy pohľadu

na osi x a y bodov krajov a zadnej časti mapy tváre je možné využiť pre určenie intenzity natočenia tváre používateľa po horizontálnej respektíve vertikálnej osi (viď Obrázok 4–4).

Prvým krokom výpočtu je poloha bodu pohľadu na osi x. Pre tento výpočet sa použijú body pravej časti tváre (respektíve ľavej) keď je vedľajší monitor v pracovnom prostredí postavený napravo od hlavného monitora (respektíve naľavo). Pre výpočet sa vždy používajú body aktuálne nasnímanej tváre používateľa, pri pohľade na ľavú stranu monitora sa používajú navyše body zaznamenané pri pohľade na body 3 a 4, pri pohľade na pravú stranu monitora body zaznamenané pri pohľade na body 4 a 5. Na základe aktuálnej vzdialenosti bodov krajnej časti tváre používateľa sa vypočíta percentuálny podiel natočenia a následne sa tento podiel prepočíta na hodnotu osi x. Pre výpočet polohy bodu pohľadu na osi y sa okrem aktuálne zaznamenaných bodov tváre použijú body 1, 4 a 7 ak sa hodnota bodu pohľadu na osi x nachádza medzi žltou a tyrkysovou priamkou, body 0, 3 a 6 ak sa hodnota



Obr. 4–4 Systém prepočtu odhadovaného bodu pohľadu

bodu pohľadu na osi x nachádza naľavo od žltej priamky alebo body 2, 5 a 8 ak sa hodnota bodu pohľadu na osi x nachádza napravo od tyrkysovej priamky.

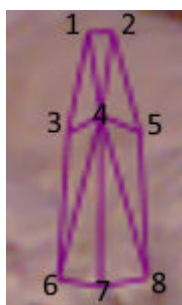
V prípade, že sa používateľ sústredene pozerá na jedno miesto, systém do dokáže identifikovať pomocou toho, že sa pozícia bodu špičky nosa nemení. Ak to systém registruje, trvanie sústredeného pohľadu vie určiť pomocou zaznamenania času, od kedy sa nos používateľa prestal hýbať a porovnaním tohto času s aktuálnym časom.

Pomocou spomenutých výpočtov je zabezpečená činnosť komponentov "Výpočet polohy pohľadu" a "Výpočet trvania sústredeného pohľadu" zobrazených na Obrázku 4–1.

4.2.6 Určenie rozlíšenia pohľadu na hlavný a vedľajší monitor

Mapa hornej časti nosa používateľa snímaná zariadením kinect sa skladá z ôsmich bodov, ktoré medzi sebou vytvárajú 7 trojuholníkov, ako je to zobrazené na Obrázku 4–5. Každý z týchto bodov je daný dvoma súradnicami X a Y vyjadrených typom

double. Pri pohybe hlavy používateľa sa polohy týchto bodov menia, čo platí aj pri natočení tváre používateľa. Z dôvodu, že je zariadenie kinect umiestnené aspoň v metrovej vzdialenosti od tváre používateľa za hlavným monitorom, je zariadenie kinect schopné snímať body nosa používateľa aj pri pohľade na vedľajší monitor. Pre určenie, na ktorý monitor sa používateľ pozerá, sú zaujímavé body 6, 7 a 8 zobrazené na obrázku.



Obr. 4–5 Osem bodov určujúcich nos používateľa

V prípade, že sa vedľajší monitor nachádza napravo od hlavného monitora, potrebujeme použiť body 7 a 8. Ak sa vedľajší monitor nachádza naľavo od hlavného monitora použijeme body 7 a 6. Bod 7 predstavuje špičku nosa. Tým, že sa x-ová súradnica tohto bodu približuje ku x-ovej súradnici susedného bodu vieme určiť natočenie tváre používateľa. Hodnota určenia polohy sa dá určiť pomocou kalibrácie alebo pomocou okna nastavení. Počiatočná hodnota systému je nastavená na hodnotu 4,063, pričom táto hodnota dáva dobré výsledky bez potreby kalibrácie. V prípade, že vzdialenosť x-ových súradníc požadovaných bodov je nižšia ako táto hodnota, značí to pohľad používateľa na vedľajší monitor, pričom poloha tohto monitoru voči hlavnému monitoru je daná použitými bodmi pre výpočet. Zmena vzdialenosti bodov špičky a strany nosa je zobrazená na Obrázku 4–6.

Výpočty uvedené v tejto kapitole sú použité komponentom "Výpočet polohy pohľadu" zobrazeným na Obrázku 4–1.



Obr. 4–6 Zmena vzdialenosti bodov nosa pri natočení hlavy

4.2.7 Nastavenie odosielaných príkazov spojených s aktivitou používateľa

Nastavenie odosielaných príkazov je činnosť vykonávaná komponentom "Definovanie reakcie" zobrazeným na Obrázku 4–1. Vytvorený príkaz musí svojou štruktúrou odpovedať požiadavkám uvedeným v kapitole 4.1.3.

Nastavenie odosielaných príkazov spojených s používateľovou aktivitou je základnou kostrou celého systému interakcie so systémom na základe sledovanej aktivity používateľa. Toto nastavenie by malo poskytnúť používateľovi plný prístup k definovaniu príkazu, ktorý má byť odoslaný zvolenému programu pri výskyte aktivity používateľa. Zároveň by mal byť umožnený výber akcie, na ktorú je vyvolaná definovaná reakcia.

Výber z otvorených okien programov je možný napríklad pomocou kontextového okna. Pre tento program sa vykonávajú všetky príkazy, ktoré boli pre neho priradené. Tieto príkazy je potrebné zobrazíť používateľovi a zároveň používateľ musí mať možnosť vymazať nepožadovaný príkaz pre okno. Možnosť uložiť príkazy pre dané okno a načítanie príkazov vylepšuje opakované použitie systému.

Príkaz posielaný oknu programu pozostáva z postupnosti klávesových príkazov. Tieto znaky je potrebné pridávať a odstraňovať z postupnosti príkazov. Základný zo-

znam klávesových príkazov je možné skonštruovať pomocou výberového zoznamu, v ktorom sú uložené všetky základné znaky a klávesy klávesnice. Poskytnutie možnosti definície vlastných klávesových príkazov, ktoré je možné poskladať aj ako postupnosť pôvodných kláves, umožní používateľovi zjednodušené použitie systému, obzvlášť keď má možnosť vlastné klávesové príkazy ukladať a načítat.

Pre systém interakcie s počítačovým systémom na základe snímania aktivity používateľa je potrebná definícia základnej množiny akcií, ktorú takýto systém zaznamenáva. Základné akcie, ktoré systém dokáže rozoznať (viď Kapitola 4.1.2) je možné priamo do systému vložiť vo forme zoznamu. Následne používateľ pri práci so systémom vyberá požadovanú akciu z tohto zoznamu. Pre systém by bolo možné vytvoriť možnosť definície vlastnej akcie, avšak takáto definícia akcií vyžaduje zložitú štruktúru a znalosť vnútornej štruktúry programu.

Pre umožnenie čiastočnej úpravy základných akcií je možné pridať k akcii číselný parameter (viď Kapitola 4.1.2). Tento číselný parameter predstavuje napríklad počet zmien pohľadu medzi monitormi alebo časový interval trvania akcie, kým sa na ňu vykoná odozva.

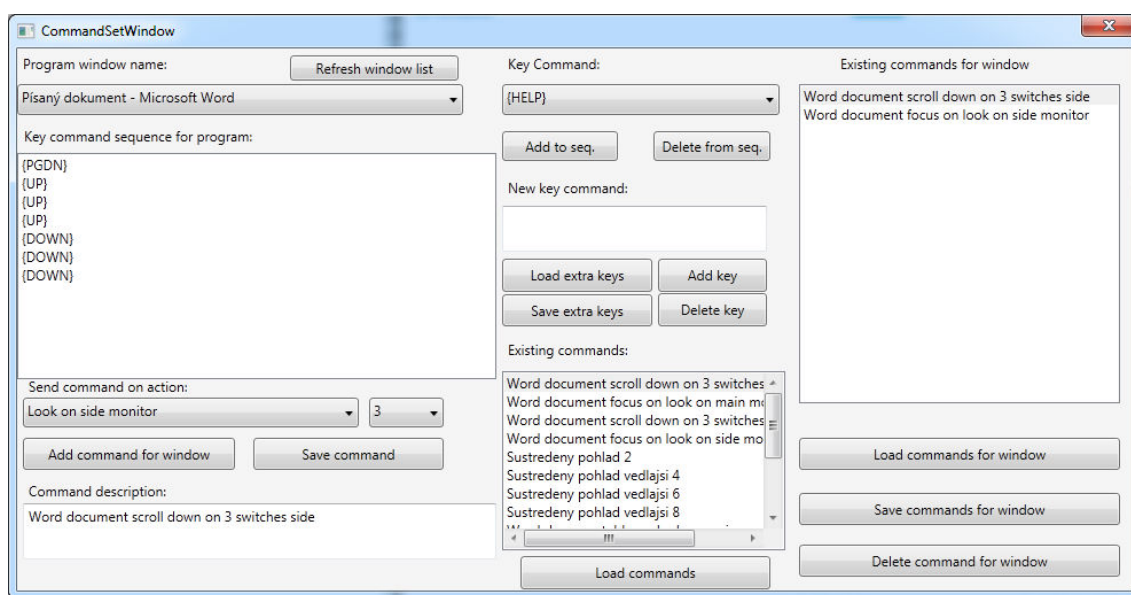
Pre každý príkaz je potrebné definovať popis príkazu. Tento popis opisuje definovaný príkaz a zároveň je ho možné použiť ako identifikátor v zobrazovacích zoznamoch.

Jeden príkaz sa skladá z postupnosti klávesových príkazov, z akcie používateľa s číselným parametrom a z popisu príkazu. Zoznam všetkých uložených príkazov sa dá rozšíriť o nový príkaz a zároveň sa dá načítat pre lepšiu a rýchlejšiu opätovnú použiteľnosť systému.

Definovaný príkaz sa môže vykonávať pre viacero okien súčasne. Každému oknu treba príkaz pridelit'. Vo vytvorenom systéme sa to deje pomocou tlačidla "Add command for window". Vykonanie takto prideleného príkazu sa po spustení systému pre toto okno vykoná v okamihu, kedy je používateľom vykonaná akcia tohto príkazu.

Vo vytvorenom systéme sa nastavenie odosielaných príkazov deje pomocou samos-

tatného okna. Výzor tohoto okna je zobrazený na Obrázku 4–7. Na uvedenom príklade je ukázané definovanie odosielania príkazov pre písaný dokument pomocou textového editoru Microsoft Word. Akonáhle sa používateľ pozrie na vedľajší monitor je do popredia vytiahnutý písaný dokument, teda používateľ nemusí na daný dokument klikať myšou. Zároveň pri každej tretej zmene pohľadu z hlavného na vedľajší monitor je náhľad na dokument posunutý nadol tak, aby ho nemusel používateľ posunúť pomocou kolieska alebo tlačidla myši. Používateľ si musí pri takto definovanom príkaze uvedomiť plnú funkciu tohoto príkazu. Napríklad pre uvedený príkaz posunu náhľadu je kritické, aby sa kurzor indexu pozície písania v texte dokumentu nachádzal na konci, lebo v inom prípade okrem posunu náhľadu dôjde aj k presunutiu polohy tohto kurzoru.



Obr. 4–7 Okno nastavenia odosielaných príkazov

4.2.8 Zaznamenanie akcie používateľa

Pre zaznamenanie akcie používateľa potrebuje vo vytvorenom systéme bežať rozpoznávanie akcií. Nakoľko každá akcia má priradený aj číselný indikátor, nástroj použitý pre rozpoznávanie akcií musí mať počítadlo ktoré sa overuje s definovaným

indikátorom pomocou operácie výpočtu zvyšku po delení, pričom reakcia sa vykoná ak výsledkom tejto operácie je 0. Akcie používateľa je možné zaznamenávať spôsobom, že systém má uloženú poslednú vykonanú akciu. V prípade, že používateľ sa sústredene pozerá na bod, systém odštartuje výpočet dĺžky trvania pohľadu. V prípade, že aktuálne snímaná akcia používateľa je rozdielna ako predošlá akcia, systém zvýši hodnotu počítadla výskytu tejto akcie a vykoná každú reakciu, ktorej vykonanie odpovedá novej hodnote počítadla. V rámci diagramu komponentov zobrazenom na Obrázku 4–1 je zaznamenanie reprezentované komponentom "Zaznamenanie akcie používateľa" a vykonanie reakcie komponentom "Vykonanie reakcie".

4.2.9 Okno informáciami o systéme

Každý zložitejší systém by mal obsahovať nápovedu, aby ho bol používateľ schopný použiť aj bez manuálu. Pre vytvorený systém túto úlohu plní okno z informáciami o systéme. V informačnom okne sa nachádza textová a niekedy aj obrazová nápoveda k istej časti systému. Používateľ medzi jednotlivými oknami nápovedy prepína pomocou tlačidiel. Nápoveda je pre systém ponúknutá v slovenskom aj anglickom jazyku.

4.2.10 Spustenie a zastavenie využitia polohy pohľadu a akcie používateľa

To že systém vykonáva reakcie ihneď po spustení nie je dobrý riešením z dôvodu, že príkazy pre okná ešte neboli definované. Zároveň nie je dobré aby sa systém snažil vykonať reakciu na akciu používateľa pred tým, ako bol prvý krát kalibrovaný alebo počas toho, ako používateľ nastavuje jednotlivé príkazy pre jednotlivé programy. Z tohto dôvodu je dobré do systému pridať možnosť spustenia a zastavenia vykonávania reakcií na používateľove akcie.

Pri spustení funkcionality systému sa načítajú všetky používateľom definované príkazy pre jednotlivé okná programov. V prípade, že zariadenie kinect je schopné snímať

mapu tváre používateľa, je to potrebné pre používateľa zobraziť (napríklad pomocou farebného indikátora alebo pomocou textu). Keď je systém spustený, vždy keď používateľ vykoná nejakú akciu, pre ktorú definoval príkaz, systém odošle príslušný príkaz vybranému oknu programu. V prípade, ak zariadenie kinect nie je schopné nasnímať tvár používateľa, je potrebné upozorniť na túto skutočnosť. To sa dá napríklad zmenou farby farebného indikátora alebo pomocou textu. Systém nie je schopný vykonávať reakcie na akcie používateľa v takomto prípade. Výnimkou je príkaz, pre ktorý bola akcia definovaná ako strata pohľadu z monitora.

Spustenie a zastavenie vykonávaní reakcií na akcie používateľa je inicializované používateľom a v diagrame komponentov zobrazenom na Obrázku 4–1 predstavuje komponent "Spustenie vykonávania akcií".

4.2.11 Prístup k jednotlivým častiam systému

Jednotlivé komponenty rozobrané v predchádzajúcich kapitolách treba spojiť do jedného spoločného programu, rámci ktorého majú komponenty možnosť medzi sebou vymieňať potrebné údaje respektíve spustiť vykonanie odozvy požadovaného komponentu.

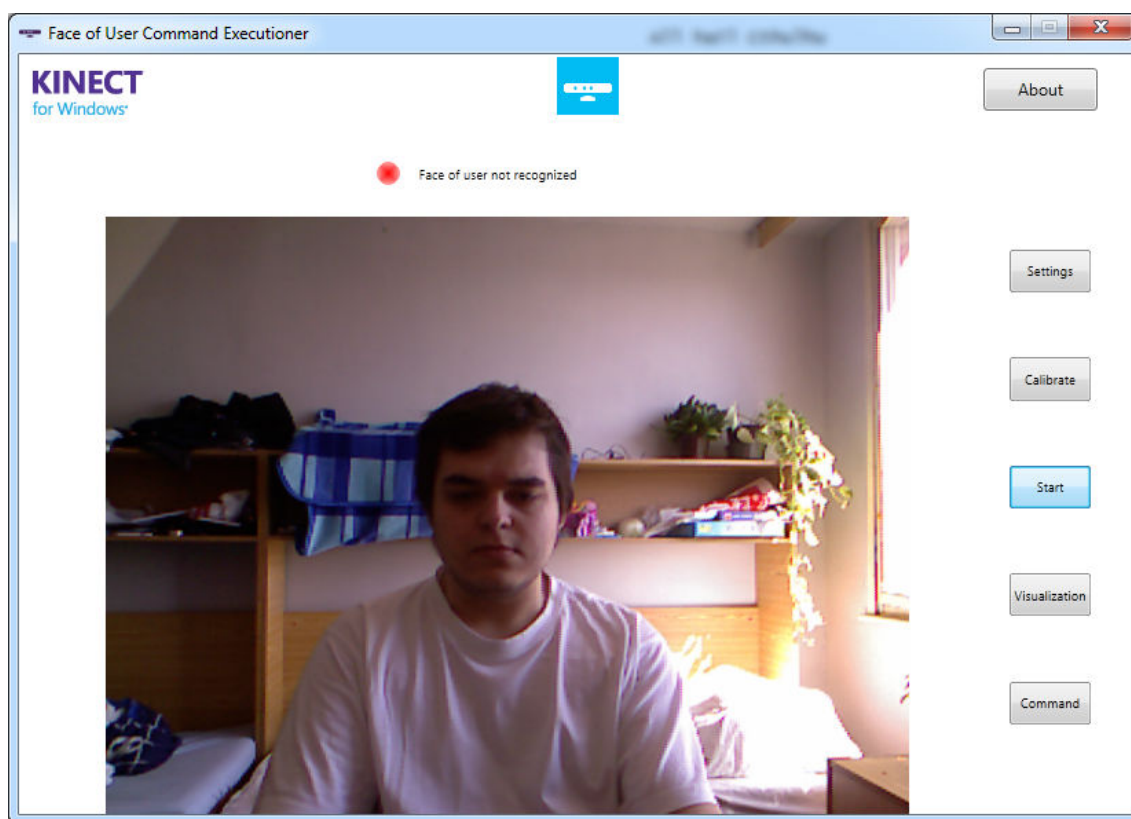
Vo vytvorenom systéme sú jednotlivé komponenty medzi sebou prepojené pomocou hlavného okna. Hlavné okno predstavuje rozhranie pre prístup k ostatným častiam systému. V pravej strane okna sa nachádzajú tlačidlá ovládania systému. Tlačidlo "Settings" otvára okno nastavenia systému v pravom hornom rohu od hlavného okna. Tlačidlo "Calibrate" otvára rozhranie kalibrácie systému, kde používateľ kalibruje hodnoty použité pre výpočet polohy pohľadu spolu s možnosťou vyskúšať, či táto poloha odpovedá požadovanej polohe pohľadu. Tlačidlo "Start" spúšťa využívanie vypočítanej polohy pohľadu a akcie používateľa pre interakciu so systémom, avšak aby ho bolo možné použiť, musí byť systém schopný vypočítavať polohu pohľadu používateľa - systém musí byť kalibrovaný. To neplatí v prípade využitia akcie zmeny

pohľadu z jedného na druhý monitor. Tlačidlo "Visualization" otvára okno vizualizácie v pravom dolnom rohu od hlavného okna systému. Tlačidlo "Command" otvára okno rozhrania pre nastavenie vykonávaných akcií spojených s aktivitou používateľa. Tlačidlo "About" v pravom hornom rohu zobrazuje informácie o jednotlivých prvkoch systému a ako ich využiť.

V ľavej časti hlavného okna sa nachádza zobrazovací priestor, kde je používateľovi ukázaný záber vyhotovený zariadením kinect. V tomto zábere sa môže vyskytovať aj vizualizácia mapy tváre používateľa podľa toho, ako to používateľ nastavil v okne s nastaveniami vizualizácie. V prípade, že zariadenie kinect je schopné snímať tvár používateľa, sa ukazuje zelený indikátor v hornej časti hlavného okna. V prípade, že zariadenie kinect nie je schopné určiť mapu tváre používateľa (napr. z dôvodu, že používateľ je v nedostatočnej vzdialenosti od zariadenia kinect alebo je časť tváre používateľa zakrytá), nachádza sa na tomto mieste červený indikátor. Výzor hlavného okna keď zariadenie kinect nie je schopné vypočítať mapu tváre používateľa je zobrazené na Obrázku 4–8.

4.3 Používanie systému

Používanie systému spočíva v troch krokoch. Prvým krokom je kalibrácia systému, potrebná pre zložitejšie akcie spojené s výpočtom približnej polohy pohľadu na hlavný monitor. V prípade, že sa systém používa len v spojení s akciou zmeny pohľadu z monitora na monitor, nie je kalibrácia nutne potrebná. Druhý krok spočíva v nastavení príkazov riadenia prvkov v počítačovom prostredí, v ktorom používateľ pracuje. Tretí krok je spustenie systému. Od momentu spustenia systému používateľ použije používateľské rozhranie systému len v prípade, že chce zastaviť vykonávanie reakcií na svoje akcie. Používateľ pracuje s počítačovým systémom obvyklým spôsobom, pričom však má možnosť, okrem interakcie pomocou klávesnice a myši, vykonávať príkazy v oknách programov pomocou aktivity svojej hlavy.



Obr. 4 – 8 Hlavné okno systému výpočtu polohy pohľadu

Efektívnosť použiteľnosti počítačového prostredia a interakcie človek-počítač sa týmto spôsobom nemusí značne zvýšiť. Systém však poskytuje užívateľsky prívetivejšiu formu interakcie s počítačovým systémom, keďže niektoré úkony, ako napríklad prepínanie medzi oknami, sú týmto systémom uľahčené.

4.4 Možnosti budúceho rozšírenia

Systém je určený pre pracovné prostredie s dvoma monitormi. Jednoduchým spôsobom sa však dá rozšíriť o tretí monitor za predpokladu, že hlavný monitor a zariadenie kinect sa budú nachádzať v strede pracovného prostredia. Systém je možné použiť aj pre multimonitor, avšak v takom prípade ide o redukciu funkcionality systému, keďže pri multimonitore nehovoríme o vedľajšom monitore. Systém je

možné prepojiť aj so systémami sledujúcimi oči používateľa uvedenými v Kapitole 2.3.1.

4.4.1 Rozšírenie pre viacero monitorov

Systém je možné jednoduchým spôsobom vyvinúť pre pracovné prostredie s tromi monitormi. V prípade prostredia z troch monitormi je potrebné, aby bolo usporiadané spôsobom, že sa hlavný monitor nachádza v strede pracovného prostredia a za ním sa nachádza zariadenie kinect. Určenie, na ktorý monitor sa používateľ pozerá, je riešené spôsobom uvedeným v Kapitole 4.2.6, pričom používateľ nemusí nastavovať rozmiestnenie monitorov v pracovnom prostredí. Vždy keď je vzdialenosť požadovaných bodov nosa pre natočenie na jeden z vedľajších monitorov menšia ako hodnota natočenia tváre voči monitoru, body nosa, pre ktoré bola táto vzdialenosť vypočítaná, určia monitor, na ktorý sa používateľ pozerá. Takéto prostredie by mohlo byť pohodlnejšie pre používateľa, keďže sa znižuje možnosť, že by potreboval mať otvorené na vedľajšom monitore viac ako jedno okno. Preto by systém poskytoval lepšie prepínanie okien do popredia nachádzajúcich sa na tomto monitore.

4.4.2 Rozšírenie pre multimonitory

Pri rozšírení systému pre použitie s multimonitorom sa mení celá podstata systému. Pre pracovné prostredie nie sú multimonitory bežné, keďže sa správajú rovnako ako jeden veľký monitor. Použitie systému multimonitorov a určenia polohy pohľadu sa však dajú použiť pri zisťovaní záujmu pohľadu viacerých používateľov naraz. Zariadenie kinect sníma všetky tváre vo svojom rozlišovacom poli. Pre každú z týchto tvári sa dá vypočítať približný vektor pomocou bodov nosa a pomocou tohto vektoru sa dá určiť približná poloha pohľadu jednotlivcov. Tento princíp sa dá využiť pri skúmaní a ohodnocovaní rozhraní webových stránok. Systém je však určený pre jedného používateľa a teda úprava pre takéto použitie by mala vysoké časové nároky.

4.4.3 Generalizácia okien

Systém podporuje definovanie reakcií na akcie používateľa pre špecifické okno. V prípade mnohých programov sa však pri akcii mení meno okna, čo by spôsobilo nevykonanie sa reakcie pre toto premenované okno. Z tohto dôvodu je možné systém rozšíriť o generalizáciu okna, pričom systém neposiela postupnosť príkazov oknu presne definovanému menom, ale oknu, ktorého názov odpovedá špecifikovanej podmienke.

Pri prepisovaní textu zo snímok je možné spôsobiť prepnutie snímku pri pohľade na vedľajší monitor. Pri tomto prepnutí sa však mení názov okna. V prípade použitia programu Windows Photo Viewer na zobrazenie týchto obrázkov platí pre pôvodné aj prepnuté okno, že ich názov sa končí príponou "- Windows Photo Viewer". Tým pádom by systém poslal príkaz na prepnutie okna pri pohľade na vedľajší monitor, pričom by sa príkaz poslal oknu končiacemu požadovanou príponou.

Generalizácia okien by sa potom dala použiť pri rôznych činnostiach s počítačom a zároveň aj pre testy. Príkladom takéhoto textu by mohla byť schopnosť človeka pamätať si text. Respondent by sa pozrel na text na vedľajšom monitore s úlohou zapamätať si čo najviac. Potom by text musel napísať v editore na hlavnom monitore. Pri ďalšom pohľade na vedľajší monitor by sa snímka pohla ďalej a ukázal by sa ďalší text na zapamätanie.

4.4.4 Prepojenie s kamerou pre snímanie pohybu očí

Poloha pohľadu určovaná pomocou nosa používateľa neodpovedá skutočnej polohe pohľadu tak vierohodne, ako to robia metódy, ktoré určujú PoR používateľa pomocou snímanej aktivity očí používateľa. Systém, ktorý používa body tváre používateľa by bolo možné prepojiť so systémom snímajúcim oči používateľa takým spôsobom, že body tváre používateľa by boli použité pre určenie aktivity a určenie sledovaného monitora a oči používateľa by boli použité pre určenie presného bodu pohľadu.

Takýmto spôsobom by sa zvýšila presnosť systému. Otázkou však ostáva, na koľko by bol takýto systém užitočný.

Pracovné prostredie takéhoto systému by sa muselo skladať minimálne z:

- Hlavného monitora
- Klávesnice
- Počítačovej myši
- Vedľajšieho monitora
- Zariadenia Kinect
- Kamery s dobrou rozlišovacou schopnosťou a IR filtrom
- Zdrojom infračerveného svetla

V prípade použitia notebooku je notebook predstavený hlavným monitorom a klávesnicou. Notebook je možné použiť aj ako vedľajší monitor, avšak v takom prípade by bolo potrebné mať v pracovnom prostredí ďalšiu externú klávesnicu umiestnenú pred hlavným monitorom. To je zapríčinené tým, že používateľ pri práci s počítačom potrebuje často upriamiť svoj pohľad na klávesnicu a je pre neho prirodzenejšie, keď sa klávesnica nachádza pod monitorom. Ukážka údajov potvrdzujúcim túto skutočnosť je ukázaná v Kapitole 4.6.2.

Zložitosť a cena pracovného prostredia sa v tomto prípade zvyšujú. V prípade použitia zariadenia kinect verzie 2 je možné na sledovanie očí používateľa použiť kameru zariadenia kinect, avšak pri vývoji sa použil kinect verzie 1, ktorého technické parametre (viď kapitola 4.5) nie sú dostatočné pre výpočty natočenia očí. Zároveň dochádza k zvýšeniu požiadavky na procesorový výkon počítačového systému, aby bol schopný udržať odpoveď systému v reálnom čase.

4.5 Technické parametre zariadenia Kinect

Systém bol vytvorený s použitím operačného systému Microsoft Windows 7 pri použití SDK for Kinect verzie 1.5 v spojení so zariadením kinect verzie 1. Kamera zariadenia má rozlíšenie 640x480 pixelov. Obrazová frekvencia tejto kamery je 30 snímok za sekundu. Hĺbková infračervená kamera zariadenia má rozlíšenie 320x240 pixelov. Minimálna vzdialenosť používateľa je 40 cm, avšak snímanie mapy tváre dáva výsledky až pri vzdialenosti jeden meter.

Zariadenie kinect verzie 1 ponúka nástroje pre základné snímanie mapy tváre používateľa. Zosnímané údaje je možné použiť pri určení monitora, na ktorý sa používateľ pozerá, pri určení sústredeného pohľadu používateľa a pri odhade približnej polohy pohľadu používateľa na hlavnom monitore.

Zariadenie kinect verzie 2, ktoré je možné použiť pre vývoj systému, používa kameru s rozlíšením 1920x1080 pixelov pri obrazovej frekvencii 30 snímok za sekundu. Hĺbková infračervená kamera má rozlíšenie 512x424 pixelov. Toto zariadenie poskytuje vyššiu kvalitu vstupných údajov, avšak podporuje iba Windows 8 a vyšší. Technické parametre zariadení porovnal Szymczyk [32].

4.6 Systém výpočtu polohy v praxi

Cieľom testov je zistiť efektívnosť použitia systému interakcie s počítačovým systémom na základe snímania aktivity používateľa v moderných používateľských rozhraniach. Každý z testov sleduje určitú funkčnosť systému pri špecifickom zadaní. Testy možno rozdeliť do podkategórií:

1. Trvanie pohľadu
2. Prepisovanie textu
3. Vývoj softvéru

4.6.1 Zaznamenávané trvanie pohľadu

Dôležitým faktorom pri skúmaní moderných prvkov pre interakciu človek-počítač je zber získaných údajov. V prípade systému pre interakciu s počítačom pomocou aktivity používateľa je zaujímavým zdrojom údajov trvanie pohľadu používateľa na monitor. Z dôvodu využitia dvoch monitorov súčasne sa ponúka možnosť ohodnotenia pracovného prostredia využívajúceho dva monitory súčasne. Systém ponúka možnosť zistiť trvanie používateľovho pohľadu na jednotlivé monitory a interval, v akom mení pohľad z jedného na druhý monitor pri rôznych zadaniach.

Pri meraní trvania pohľadu na jednotlivé monitory systém zaznamenáva celkový čas, ktorý používateľ strávil pohľadom na hlavný a vedľajší monitor. Zároveň systém zaznamenáva čas, kedy zariadenie kinect nebolo schopné snímať mapu tváre používateľa.

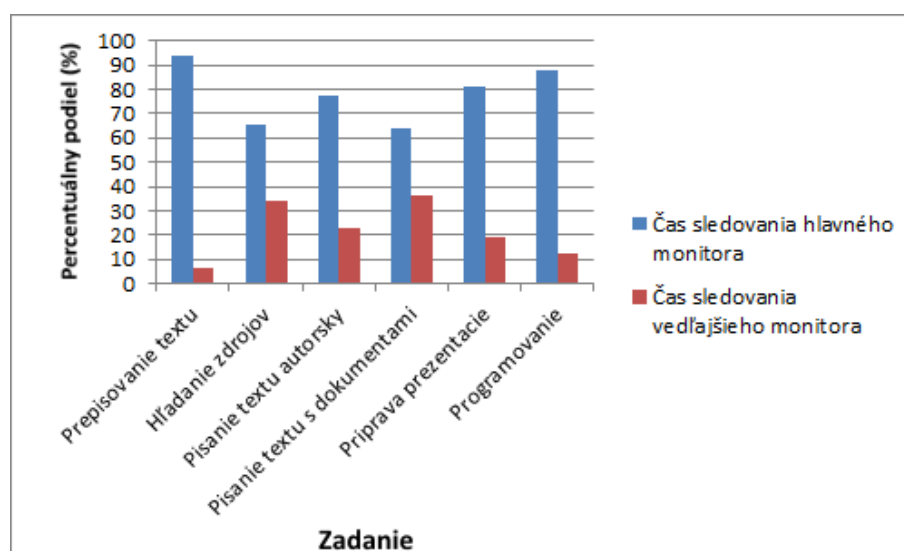
Meranie času pohľadu je vykonané spôsobom, že v momente spustenia zaznamenávania údajov sa vytvorí prvý záznam s časovou pečiatkou začatia merania a údajom o monitore, na ktorý sa používateľ pozeral. V prípade, že sa zmení monitor, na ktorý sa používateľ pozerá je uzavretý záznam pohľadu na predchádzajúci monitor s nastavením konca záznamu na aktuálnu časovú pečiatku. Zároveň je vytvorený nový záznam pre nový monitor a začiatok tohto záznamu je nastavený na čas zmeny pohľadu na aktuálny monitor. Pri zastavení zaznamenávania akcií používateľa sa sčítajú všetky dĺžky záznamov pre sledovanie hlavného a vedľajšieho monitora. Zároveň je spomedzi týchto záznamov vybraný najdlhšie trvajúci pohľad na hlavný a vedľajší monitor. Pri tomto teste používateľ nedefinuje príkazy pre okná.

Zaznamenávané trvanie pohľadu na jednotlivé monitory bolo vyskúšané pre zadania:

- Prepisovanie textu zo snímok
- Hľadanie zdrojov pre písanie referátu
- Písanie autorského textu do referátu
- Písanie textu referátu s pomocou literárneho zdroja

- Príprava prezentácie k referátu
- Všeobecné programovanie

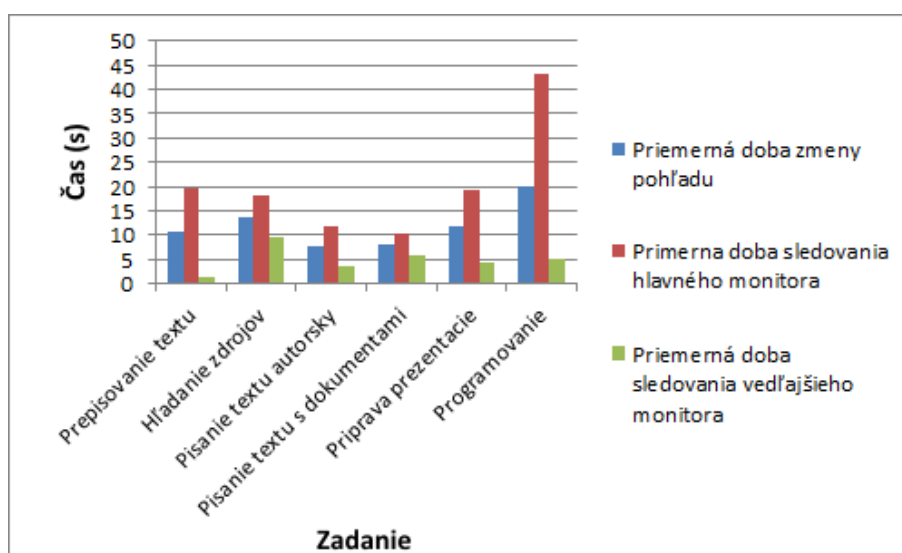
Prepisovanie textu zo snímok pojednáva o činnosti, kedy na jednom z monitorov sa nachádza snímok s textovou informáciou a na hlavnom textový editor, do ktorého používateľ túto informáciu prepisoval. Činnosť hľadania zdrojov pozostávala z vyhľadávania zdrojov na internete a následné ukladanie týchto dokumentov pre následné spracovanie do formy referátu. Písanie autorského textu predstavuje písanie vlastného názoru autora. Písanie textu s literárnym zdrojom predstavuje písanie s odkazovaním sa na istú formu literárneho zdroja, ktorý nevytvoril tvorca referátu. Príprava prezentácie predstavuje čas, kedy používateľ pripravil pre referát prezentáciu, nevzťahuje sa sem ale samotná príprava na prezentovanie. Všeobecné programovanie predstavuje priemer z dôb na programovanie známej a neznámej problematiky. V tejto dobe je spolu zarátané programovanie pomocou jazyka C# a Java.



Obr. 4–9 Percentuálne zastúpenie času sledovania monitorov

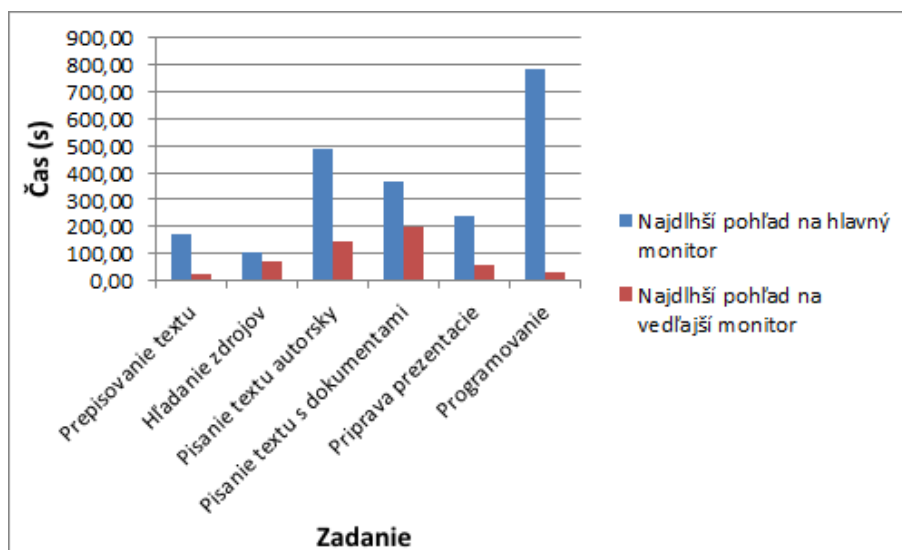
Na Obrázku 4–9 je znázornené percentuálne zastúpenie pohľadu na monitory pri vykonávaní zadání. Je možné vidieť, že pri prepisovaní textu je čas sledovania

vedľajšieho monitora minimálny. To znamená, že pri prepisovaní textu bez potreby pochopiť význam textu potrebuje používateľ minimum času pohľadu na vedľajší monitor a väčšinu času trávi pozeraním na hlavný monitor, pod ktorým je klávesnica potrebná na zapísanie požadovaného textu. Podrobnejšie je problematika prepisovania textu rozobraná v kapitole 4.6.2. Najviac času sledovania vedľajšieho monitora je pri písaní textu s pomocou externých dokumentov rozoberajúcich problematiku písaného textu.



Obr. 4–10 Priemerný čas sledovania monitorov

Na Obrázku 4–10 je znázornená priemerná doba sledovania hlavného a vedľajšieho monitora. Tu je možné si všimnúť, že priemerná doba sledovania hlavného monitora je najdlhšia pri programovaní a najkratšia pri písaní autorského textu a pri prepisovaní textu. Rovnako sa dá z obrázku vyčítať, že pri programovaní používateľ strieda pohľad na monitory najmenej často, zatiaľ čo najčastejšie strieda pohľad z monitora na monitor pri písaní referátu. Z Obrázka 4–11 možno vyčítať najdlhšie trvanie sledovania jednotlivých monitorov pri vykonávaní zadanií. Je možné vidieť, že pri programovaní sa vyskytla najdlhšia doba sústavného sledovania hlavného monitora = 13 minút a 1 sekunda (781 sekúnd). Najdlhšia doba sústavného pohľadu na vedľajší monitor sa vyskytla pri písaní textu s pomocou dokumentu zaoberajúceho



Obr. 4 – 11 Najdlhší čas sledovania monitorov

sa tematikou, v tomto prípade to boli 3 minúty a 17 sekúnd (197 sekúnd).

Zo získaných údajov vyplýva, že pri príprave systému snímajúceho aktivitu používateľa je potrebné myslieť na rôzne domény problémov a pre rôzne problematiky je potrebné poskytnúť možnosť prispôsobenia odozvy na akciu používateľa.

4.6.2 Prepisovanie textu

Prepisovanie textu je základná činnosť, ktorá vo veľkej miere prosperuje z využitia dvoch monitorov. Základným bodom skúmania bola efektivita využitia monitorov. Pri tomto experimente bol využitý notebook s klávesnicou a 17 palcovým monitorom a externý 21,5 palcový monitor umiestnený napravo od notebooku. Ako hlavný monitor systému sa vždy považoval monitor notebooku, keďže sa pred ním nachádzala klávesnica. V prvom pokuse sa na hlavnom monitore nachádzal textový editor a na vedľajšom prepisovaný text. V druhom pokuse sa na hlavnom monitore nachádzal prepisovaný text a na vedľajšom textový editor. Používateľ pri tomto pokuse nedefinuje príkazy a meranie je vykonané spôsobom uvedeným v Kapitole 4.6.1.

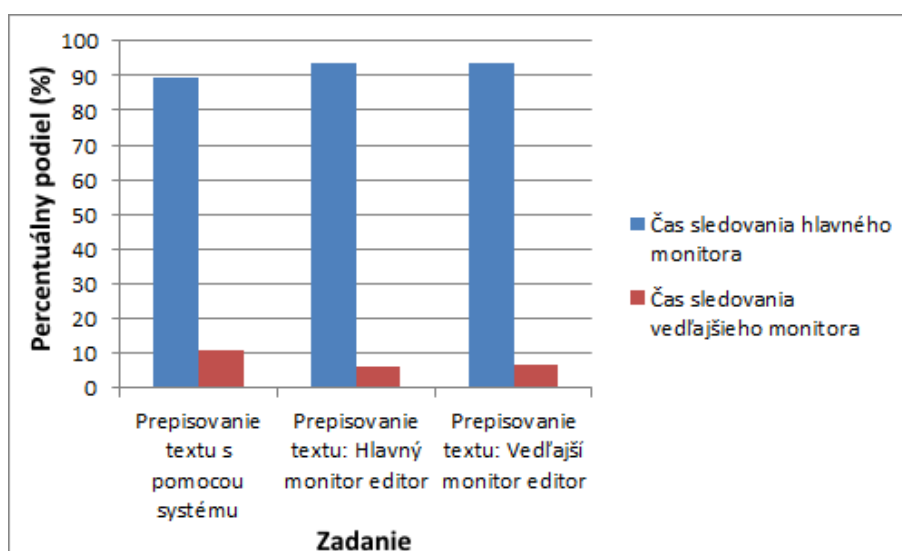
Výsledky experimentu poukazujú na to, že pri prepisovaní textu nezáleží na umiest-

není textu, ktorý používateľ nepozná a prepisuje. Väčšinu času v obidvoch prípadoch trávi používateľ pohľadom na hlavný monitor, pred ktorým sa nachádza klávesnica.

Druhý krok experimentu spočíva vo vyskúšaní systému snímajúceho aktivitu používateľa pri prepisovaní textu, pričom textový editor bol umiestnený na hlavný monitor a prepisovaný text na monitor vedľajší.

Vhodným testovací subjekt pre túto úlohu je osoba, ktorá s počítačovými prostrediami pracuje dlhšie a dobre pozná rozloženie kláves na klávesnici (pri prepisovaní hrá veľkú úlohu rýchlosť, akou dokáže testovaný subjekt písať slová pomocou počítačovej klávesnice).

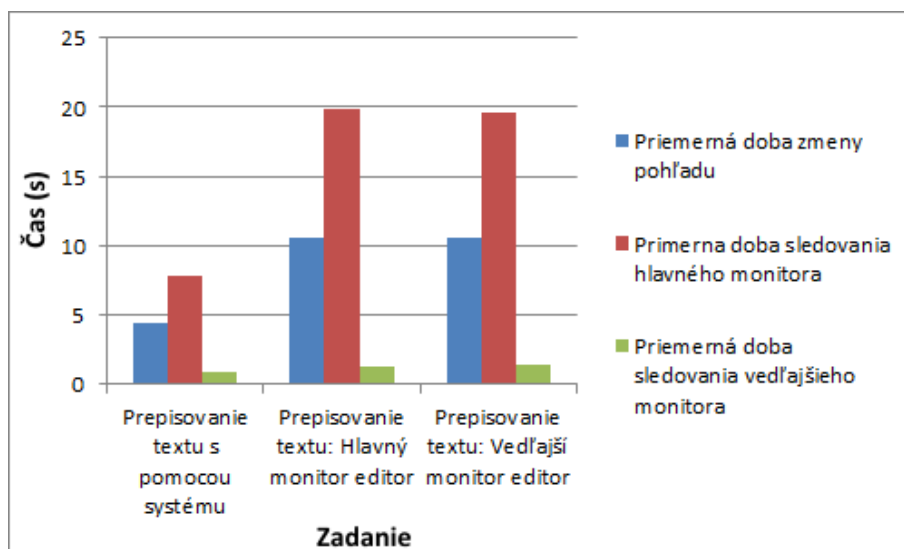
Systém bol v tomto prípade nastavený spôsobom, aby pri každej tretej zmene pohľadu z vedľajšieho na hlavný monitor vykonal skrolovanie na koniec dokumentu takým spôsobom, aby používateľ videl na monitore prázdny priestor a napísal text na koniec písaného textu. Zároveň sa pri tejto zmene pohľadu vytiahlo okno textového editoru do popredia a používateľ nemusel vykonať aktiváciu okna tým, že na neho klikol myšou. Nastavenie tohto príkazu je zobrazené na Obrázku 4–7.



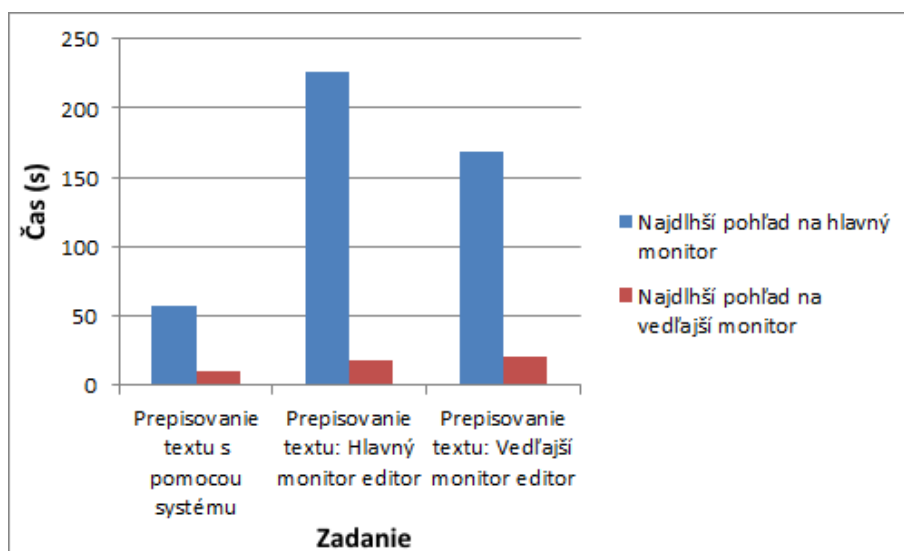
Obr. 4–12 Percentuálne zastúpenie času sledovania monitorov pri prepisovaní

Na Obrázku 4–12 je zobrazené percentuálne zastúpenie sledovania monitorov pri

prepisovaní. V prípade prepisovania systému je toto zastúpenie takmer identické a to bez ohľadu toho, ako boli rozmiestnené prvky na jednotlivých monitoroch. Pri použití systému sa čas potrebný pre sledovanie hlavného monitora znížil.



Obr. 4 – 13 Priemerný čas sledovania monitorov pri prepisovaní



Obr. 4 – 14 Najdlhší čas sledovania monitorov pri prepisovaní

Na Obrázku 4 – 13 sú zobrazené priemerné doby sledovania jednotlivých monitorov. V rámci sledovania vedľajšieho monitora sa priemerné doby pri použití systému príliš

nezmenili, avšak v prípade sledovania hlavného monitora sa priemerné doby rapídne znížili. To bolo zapríčinené automatickou aktiváciou okna pri pohľade na hlavný monitor a automatickým skrolovaním textu. Podobné údaje vyplývajú z Obrázka 4–14, na ktorom je zobrazovaná maximálna doba pohľadu na jednotlivé monitory pri prepisovaní. Použitie systému zvýšilo počet zmeny pohľadov z jedného monitora na druhý. Produktívna efektivita systému ostala na rovnakej úrovni. Pre jednotlivé spôsoby prepisovania textu platí priemerná prepisovacia rýchlosť:

- Prepisovanie textu s pomocou systému: 0,4886-slov za sekundu
- Prepisovanie textu: Hlavný monitor textový editor: 0,4796-slov za sekundu
- Prepisovanie textu: Vedľajší monitor textový editor: 0,4662-slov za sekundu

Užitočnosť systému sa ukázala pri plynulosti prepisovania pre používateľa. Automatické skrolovanie nadol odstránilo značnú dobu interakcie so systémom pomocou myši na hlavnom monitore. Zároveň najpozitívnejšia časť systému sa ukázala keď došlo k tretej zmene pohľadu z vedľajšieho na hlavný monitor po prepnutí snímky textu na vedľajšom monitore. V tomto prípade používateľ vykonal jeden klik na vedľajšom monitore, presunul pohľad na hlavný monitor a mohol pokračovať s písaním textu.

Všeobecným výsledkom je, že pri použití systému snímajúceho aktivitu používateľa sa zlepšuje schopnosť prirodzenej interakcie s počítačovým systémom. Pri prepisovaní platí, že systém je najlepšie využiť pre skrolovanie dokumentu a automatickú aktiváciu okna pri pohľade naň. Aktivácia okna je vhodná pri každej zmene pohľadu na monitor, na ktorom sa toto okno nachádza. Skrolovanie na koniec dokumentu je užitočné približne pri každej šiestej zmene pohľadu, pričom toto číselné ohodnotenie silno závisí od zložitosti prepisovaného textu.

Negatívnym výsledkom pri prepisovaní bol fakt, že systém odosiela príkazy vo forme postupnosti stlačených kláves. Táto postupnosť je pre skrolovanie v textovom editore rovná postupnosti: Page Down, Up, Up, Up, Down, Down, Down. Tým pádom pri

poslaní príkazu skrolovania súčasne s ručným písaním textu došlo k približne dvom chybám na stranu textového editoru, keď používateľom písaný znak bol zapísaný nad požadovaný riadok. Rovnako pri takomto použití je potrebné text vždy písať na koniec dokumentu, z toho dôvodu je pre editovanie textu potrebné zvoliť odlišnú stratégiu.

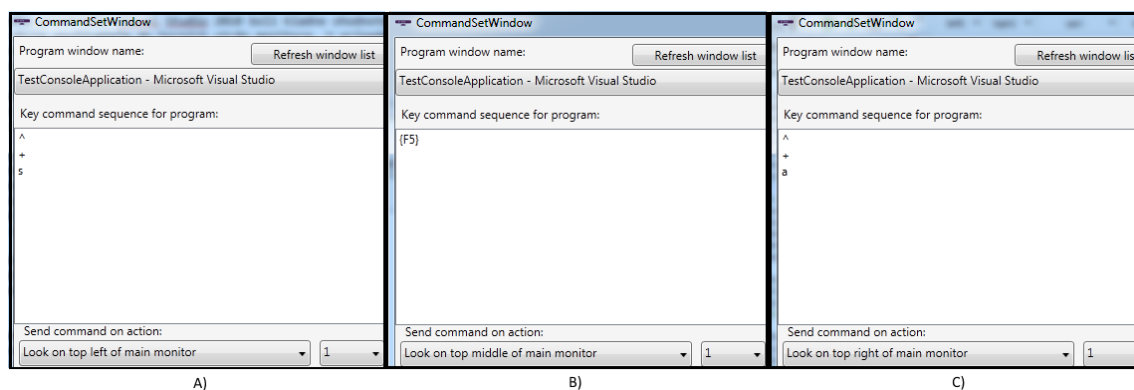
4.6.3 Použitie systému pri vývoji softvéru

Ako bolo ukázané v Kapitole 4.6.1, pri vývoji softvéru programátor väčšinu času trávi pohľadom na hlavný monitor. Vedľajší monitor je využitý pre zobrazenie informácií, z ktorých programátor čerpá, respektíve pri vyhľadávaní riešení na internete.

Systém posielania príkazov ako reakcia na akciu používateľa nachádza aj v tomto prípade veľké uplatnenie z hľadiska prepínania aktívneho okna na jednotlivých monitoroch. Sústreďenie pohľadu do jednotlivých častí obrazovky bolo v prípade vývoja softvéru použité pre vykonávanie činností, ktoré vyžadujú aktivitu použitia počítačovej myši alebo klávesovej skratky.

V prípade vývojového prostredia Visual Studio 2010 boli kladne ohodnotené spôsoby použitia akcie používateľa do horných strán monitora. Nastavenia týchto príkazov sú zobrazené na Obrázku 4–15. V prípade pohľadu vľavo hore na monitor sa vývojovému prostrediu poslala klávesová skratka na uloženie projektu (skratka: Ctrl + Shift + S; obrázok časť A). V prípade pohľadu do hornej strany stredu monitora sa spustil beh programu (skratka: F5; obrázok časť B). Pri pohľade do pravého horného rohu monitora sa otvorilo okno pre pridanie novej triedy (skratka: Ctrl + Shift + A; obrázok časť C).

Po nastavení príkazu a v momente, keď kinect bol schopný rozoznať tvár používateľa, systém vykonania reakcií na akcie používateľa bol spustený. Používateľ následne musel v prostredí Visual Studio 2010 naprogramovať jednoduchú konzolovú aplikáciu



Obr. 4 – 15 Príkazy v prostredí Visual Studion

podľa vlastného rozhodnutia s podmienkou, že daná aplikácia má obsahovať aspoň päť tried a každá metóda mala byť po napísaní overená spustením programu.

Testovacím subjektom pre toto zadanie musí byť osoba, ktorá pozná objektovo orientovanú paradigmu programovania, ktorá má skúsenosti s prácou vo vývojovom prostredí Visual Studio a ovláda základy programovacieho jazyka C#.

Efektivita programovania (pri hodnotení počtu riadkov kódu) sa nezvýšila, zvýšená bola pohodlnosť systému, keďže používateľ mohol držať svoje ruky na ploche písmen a číslíc klávesnice a nemusel sám zadávať skratky. Problémom tohto použitia je nechcené spustenie reakcie, avšak pri každom ďalšom použití sa počet nechcených spustení reakcií znižoval. Nechcené spúšťanie reakcie zároveň poukázalo na potrebu vytvorenia slepých zón medzi jednotlivými zaznamenanými oblasťami, ktoré počet nechcených spustení reakcií ešte ďalej znížili.

Systém je možné použiť aj pri vpisovaní textu. Pri tomto použití však treba brať do úvahy, že každý systémom zapísaný text sa zapisuje od istej pozície kurzora. Systém bol otestovaný pre objektovo orientovanú paradigmu programovania, presnejšie pre zápis enkapsulácií tried `private` a `public`. Pri tomto použití však dochádzalo k zápisom textu na nevhodné miesta, čo nasledovalo potrebu aby používateľ tento text manuálne vymazal.

Z testovania systému následne vyplynulo, že pri vývoji softvéru je systém najvhodnejšie použiť pri skrolovaní dokumentu a pri odosielaní klávesových skratiek systému. Ďalšou výhodou je, že klávesové skratky reakcií mohol do systému zapísať a uložiť skúsený programátor a menej skúsený používateľ dané reakcie mohol načítať a použiť. Silným aspektom systému je podpora makier, kedy používateľ sám definuje klávesovú skratku a akciu, ktorá sa vykoná, a následne toto makro môže spustiť pomocou vlastnej aktivity.

5 Záver

Systém vykonávajúci reakcie na akcie používateľa poskytuje nový spôsob práce s pracovným prostredím. Systém využíva pracovné prostredie s dvoma monitormi z dôvodu trendu pracovných prostredí s viacerými monitormi. Zariadenie kinect poskytuje údaje o tvári používateľa, pričom údaje sú reprezentované vo forme bodov tvoriacich mapu tváre. Tieto body následne systém používa k určeniu polohy pohľadu používateľa a túto polohu vie využiť pre rozoslanie klávesových príkazov.

Najväčšou výhodou systému je jeho univerzálnosť. Systém poskytuje rozhranie pre definíciu ľubovoľnej klávesovej postupnosti, ktorú je možné spojiť s niektorou zo zaznamenaných akcií používateľa. Akcie používateľa je navyše možné dodefinovať číselnou hodnotou pre sprístupnenie väčšej rôznorodosti. Pre nemeniace sa pracovné prostredie stačí jedna kalibrácia, ktorej údaje sú uložené v počítačovom systéme, pričom pre niektoré základné akcie používateľa je dokonca kalibrácia nepotrebná. Väčšinu dát je zároveň možné systémom ukladať a načítat pre neskoršie použitie.

Nevýhodou systému je nevyužitie obrazu očí pre čo najpresnejšie určenie polohy pohľadu používateľa. Vypočítaná poloha pohľadu predstavuje prienik osi nosa používateľa s monitorom pracovného prostredia. Aby došlo k aktivácii reakcie je teda používateľ niekedy nútený pohnúť hlavou viac, ako by to bolo pre neho prirodzené. Kladom tejto skutočnosti je však možnosť presnejšie rozoznať akciu používateľa.

Výsledky práce je možné aplikovať pri presnejšom určovaní polohy pohľadu používateľa na monitor v spojení so systémom snímajúcim oči používateľa. Tieto systémy v súčasnosti značne obmedzujú používateľa tým, že nemôže prirodzene hýbať hlavou alebo musí mať na hlave pripojené zariadenie. S narastajúcim rozlíšením kamier je zvýšená možnosť umiestnenia kamery v priestore, pričom v spojení s údajmi poskytovanými zariadením kinect sa dajú údaje o natočení očí spojiť s údajmi o polohe hlavy používateľa a následne sa dá určiť presný bod pohľadu.

Literatúra

- [1] DIAZ, Jesus: *Scientists Invent Mind-Reading System That Lets You Type With Your Brain*. [online] Gizmodo, 2012. [cit.: 2014-04-11]. Dostupné na internete: <<http://gizmodo.com/5922208/scientists-invent-mind-reading-system-that-lets-you-type-with-your-brain>>
- [2] DAUGMAN, John G.: *High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence*. In: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993. s. 1148-1161. ISSN 0162-8828
- [3] POOLE, Alex – BALL, Linden J.: *Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects*. In: Encyclopedia of Human-Computer Interaction. 2006. s. 211-217. ISBN 1591407982
- [4] *Vnímanie svetla* [online] eSoft s.r.o. Proxia, 2014 [cit.: 2014-04-11]. Dostupné na internete: <<http://ami.proxia.sk/sk/Article/138/Category/350/Index%20farebn%C3%A9ho%20podania.proxia>>
- [5] VOJNIKOVIĆ, Božo - TAMAJO, Ettore. *Gullstrand's Optical Schematic System of the Eye – Modified by Vojniković & Tamajo*. Velika Gorica University of Applied Sciences, Velika Gorica, Croatia, 2013. Coll. Antropol. 37 Suppl. 1: 41-45. PMID: 23841130
- [6] GLENSTRUP, Arne John - ENGELL-NIELSEN, Theo. *Eye Controlled Media: Present and Future State* [online] University of Copenhagen 2015. [cit.: 2014-04-12]. Dostupné na internete: <<http://www.diku.dk/panic/eyegaze/article.html>>
- [7] *Jan Evangelista Purkyně* [online] 25. August 2014 [cit.: 2014-11-09] <http://monoskop.org/Jan_Evangelista_Purkyn%C4%9B>
- [8] HANSEN, Dan Witzner. *Committing Eye Tracking*. The IT University of Copenhagen, 2003. ISBN: 87-7949-053-3

-
- [9] ADAM. Red Eye – *what causes it and how to avoid it?* [online] 6. December 2011 [cit.: 2014-11-09]. Dostupné na internete: <<http://photrain.com/red-eye-what-causes-it-and-how-to-avoid-it/#sthash.awyZsrLl.dpbs>>
- [10] MORIMOTO, Carlos H. - MIMICA, Marcio R.M. *Eye gaze tracking techniques for interactive applications*. New York: Elsevier Science Inc., 2005. s.4-24 ISSN 1077-3142
- [11] BALUJA, Shumeet – POMERLAU, Dean. *Non-Intrusive Gaze Tracking Using Artificial Neural Networks*. In: *Non-Intrusive Gaze Tracking Using Artificial Neural Networks*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers. 1994. CMU-CS-94-102
- [12] MÜLLER, P. U.- CAVEGN, D.- d'YDEWALLE, G. - GRONER, R. *A comparison of a new limbus tracker, corneal reflection technique, purkinje eye tracking and electro-oculography*. In: *Perception and Cognition: Advances in eye-movement research*. Amsterdam: North Holland, 1993. s.393-401 ISBN-10: 0444899383
- [13] SCOTT, D.; FINDLAY J. *Visual search, eye movements and display units. Human factors report*. University of Durham, South Road, Durham DH1 3LE, UK. 1993
- [14] CLAY, Johnson. *NEC Productivity Study 0208* [online] Scribd, 2010 [cit.: 2014-11-23]. Dostupné na internete: <<http://www.scribd.com/doc/34875662/NEC-Productivity-Study-0208>>
- [15] BERGER, Ivan. *The Virtues of a Second Screen* [online] The New York Times, 2006 [cit.: 2014-12-02]. Dostupné na internete: <http://www.nytimes.com/2006/04/20/technology/20basics.html?_r=2&>
-

-
- [16] DOSTAL, Jakub – KRISTENSSON, Per Ola – QUIGLEY, Aaron. *Subtle Gaze-Dependent Techniques for Visualising Display Changes in Multi-Display Environments*. In: IUI '13 Proceedings of the 2013 international conference on Intelligent user interfaces. New York 2013. s. 137-148. ISBN 978-1-4503-1965-2.
- [17] PRATEEK. *How To Set Up A Multi Monitor Computer* [online] MyTechLogy, 2013 [cit.: 2014-11-23]. Dostupné na internete: <<http://www.mytechlogy.com/IT-blogs/992/how-to-set-up-a-multi-monitor-computer/#.VHG9xtKG8eg>>
- [18] BECK, MR – LEVIN, DT – ANGELONE, B. *Change blindness blindness: Beliefs about the Roles of Intention and Scene Complexity in Change Detection*. 2006 In: *Consciousness and cognition* 16. s. 31-51. PMID 16531072
- [19] KOCEJKO, Tomasz – WTOREK, Jerzy. *Gaze tracking in multi-display environment*. In: *Human System Interaction (HSI), 2013 The 6th International Conference on*. Sopot: IEEE, 2013. s. 626-631. ISBN 978-1-4673-5635-0
- [20] *Kinect for Windows* [online] Microsoft, 2014 [cit.: 2014-12-03]. Dostupné na internete: <<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>>
- [21] *Face Tracking* [online] Microsoft, 2014 [cit.: 2014-12-03]. Dostupné na internete: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj130970.aspx>>
- [22] GIREESHKUMAR, T. – POORNASELVAN, K.J. – SATTVIKSHARMA – GULSHANKUMAR – SREEVATHSAN, R. *Tracking a Nose Tip: An Alternative for Mouse*. In: *Data Engineering and Management*. Berlín: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. s. 219-225. ISBN 978-3-642-27872-3
- [23] *Nose as Mouse. Assistive Technology* [online] Nouse TM 2014 [cit. 2014-12-08]. Dostupné na internete: <<http://www.nouse.ca/>>
- [24] DUCHOWSKI, Andrew. *A Breadth-First Survey of Eye Tracking Applications*. Department of Computer Science, Clemson University, 2012. ISSN 1532-5970
-

-
- [25] VELICHKOVSKY, Boris – SPRENGER, Andreas – PIETER, Unema. *Towards gaze-mediated interaction: Collecting solutions of the „Midas touch problem“*. In: INTERACT '97 Proceedings of the IFIP TC13 International Conference on Human-Computer interaction. Londín: Campman & Hall, Ltd., 1997. s. 509-516. ISBN 0-412-80950-8
- [26] TRUBAN, Vlado. *Žmurkanie a myslenie* [online] Makrosvet 2014 [cit.: 2014-10-27]. Dostupné na internete: <<https://makrosvet.wordpress.com/2011/04/22/zmurkanie-a-myslenie/>>
- [27] *King Midas and the Golden Gaze*. [online] EyeTracking Inc. 2012. [cit.: 2014-04-21]. Dostupné na internete: <<http://www.eyetracking.com/News/EyeTracking-Blog/EntryId/57/King-Midas-and-the-Golden-Gaze>>
- [28] ZHAI, Shumin - MORIMOTO, Carlos - IHDE, Steven. *Manual and Gaze Input Cascaded (MAGIC) Pointing. Human Factors*. In: Computing Systems: CHI '99 Conference Proceedings. New York: ACM Press, 1999. s. 246-253. ISBN 0-201-48559-1
- [29] MASOOD, Shayaan. *Mimicking Human Body Movement and Facial Expressions*. [online] Behance 2013 [cit.: 2015-01-17]. Dostupné na internete: <<https://www.behance.net/gallery/9082913/Mimicking-Human-Body-Movement-and-Facial-Expressions>>
- [30] *Face Tracking Basics-WPF C# Sample* [online] Microsoft, 2012 [cit.: 2015-04-14]. Dostupné na internete: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131044>>
- [31] *SendKeys Class* [online] Microsoft, 2011 [cit.: 2015-04-14]. Dostupné na internete: <[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.windows.forms.sendkeys\(v=vs.100\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.windows.forms.sendkeys(v=vs.100).aspx)>
-

- [32] SZYMCZYK, Matthew. *How Does The Kinect 2 Compare To The Kinect 1*. [online] Zugara 2014 [cit.: 2015-02-04]. Dostupné na internete <<http://zugara.com/how-does-the-kinect-2-compare-to-the-kinect-1>>