

XIX Seminarium

ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICE' 2009

Oddział Gdański PTETiS

Referat nr 16

## SYSTEM MONITORUJĄCY STOPIEŃ KONCENTRACJI UWAGI UCZNIÓW

Bartosz KUNKA

Katedra Systemów Multimedialnych, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

tel: 058 347-19-67 fax: 058 347-11-14 e-mail: [kuneck@sound.eti.pg.gda.pl](mailto:kuneck@sound.eti.pg.gda.pl)

**Streszczenie:** System śledzenia punktu fiksacji wzroku pozwala śledzić miejsce na ekranie monitora, na które patrzy użytkownik. W niniejszym artykule opisano system śledzenia punktu fiksacji wzroku w kontekście nowoczesnego zastosowania – w badaniu stopnia koncentracji uwagi u dzieci. W części pierwszej artykułu przedstawiono konfigurację sprzętową systemu oraz scharakteryzowano zagadnienie koncentracji uwagi. W drugiej, właściwej części, opisano eksperyment przeprowadzony na dzieciach z zastosowaniem systemu śledzenia punktu fiksacji wzroku. Na podstawie analizy wyników eksperymentu, sprecyzowano odpowiednie wnioski.

**Słowa kluczowe:** system śledzenia punktu fiksacji wzroku, koncentracja uwagi.

### 1. WPROWADZENIE

Obecnie komputery stanowią nieodłączną część naszej rzeczywistości. Stały się narzędziem pracy w większości profesji; dzięki dostępowi do sieci internetowej są oknem na świat; wykonują za człowieka złożone obliczenia; sterują urządzeniami w oparciu o sztuczne sieci neuronowe; wreszcie – umożliwiają komunikację, np. za pomocą poczty elektronicznej, czy komunikatorów internetowych. W Katedrze Systemów Multimedialnych (KSM) na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki w Politechnice Gdańskiej opracowywany jest interfejs multimodalny, który dzięki śledzeniu punktu fiksacji wzroku, związanego z analizą ruchów gałek ocznych, umożliwia interakcję człowieka z komputerem (ang. *Human-Computer Interaction* – HCI). Prace nad systemem, zarówno nad jego sprzętową jak i programistyczną warstwą, prowadzone są już od dwóch lat. W tym okresie dopracowano system na tyle, aby możliwe stało się jego praktyczne wykorzystanie w aplikacjach czasu rzeczywistego. System zwraca pozycję punktu fiksacji (punktu, na którym użytkownik skupia swój wzrok przez co najmniej 0,15s) z zadowalającą dokładnością. Jednym z obszarów zastosowań opracowywanego interfejsu może być badanie stopnia koncentracji uwagi uczniów. Właśnie temu zagadnieniu zostały poświęcone badania opisane w dalszej części niniejszego artykułu.

### 2. SYSTEM ŚLEDZENIA PUNKTU FIKSACJI WZROKU

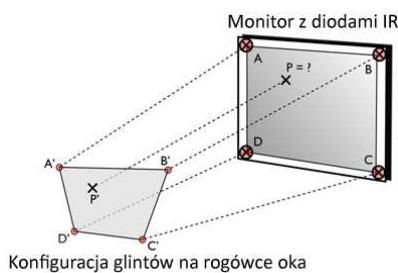
W ramach projektu kluczowego MULTIMODAL, prowadzonego w KSM opracowywany jest interfejs multimodalny oparty na śledzeniu punktu fiksacji wzroku na monitorze. W większości, systemy tego typu (ang. *eye tracking systems*) charakteryzują się pracą w czasie rzeczywistym, dzięki czemu możliwe jest zbieranie informacji o tym, które fragmenty obrazu wyświetlane na monitorze koncentrują na sobie wzrok użytkownika w określonym momencie [1] [2]. System spełnia założenia projektu dotyczące parametrów technicznych: rozdzielczości czasowej – 5 klatek (ang. *frames*) na sekundę, oraz rozdzielczości przestrzennej – precyzyjne rozróżnianie 9 obszarów na ekranie monitora (3x3). W tym miejscu należy zaznaczyć, że w rzeczywistych warunkach, po przeprowadzeniu procesu kalibracji, system zapewnia znacznie wyższą rozdzielczość przestrzenną. Rys. 1 przedstawia konfigurację sprzętową systemu śledzenia punktu fiksacji, opracowywanego w KSM.



Rys. 1. System śledzenia punktu fiksacji wzroku

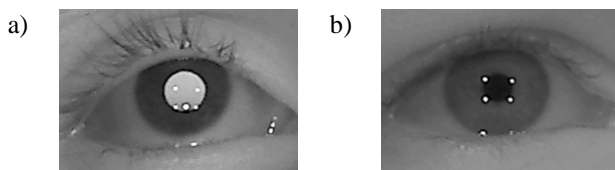
Opisywany w niniejszym artykule system śledzenia punktu fiksacji wzroku wykorzystuje promieniowanie podczerwone (ang. *infrared (IR) illumination*). Zastosowanie

promieniowania podczerwonego wpływa na zwiększenie dokładności wyznaczania punktu fiksacji wzroku poprzez wsparcie procesu przetwarzania obrazu. Emitowane promieniowanie IR jest niewidoczne dla użytkownika i nie zakłóca interakcji z komputerem. Diody IR z założenia umieszczone są w czterech rogach ekranu oraz wokół obiektywu kamery. Wskutek świecenia diod, na rogówkach oczu użytkownika pojawiają się charakterystyczne odbicia świetlne, zwane glintami. Dedykowany algorytm analizuje obraz przechwytywany z kamery, umieszczonej poniżej monitora. W wyniku tej analizy zostają zlokalizowane odbicia promieni IR (glinty) oraz środek źrenicy, który wraz z ruchami oka zmienia swoje położenie. Punktami odniesienia dla środka źrenicy są glinty, które charakteryzuje stabilność położenia. Dzięki odpowiednim operacjom matematycznym możliwe jest wyznaczenie punktu fiksacji wzroku. Przykładowe wzajemne relacje pomiędzy glintami na rogówce oka i środkiem źrenicy pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Relacja pomiędzy diodami IR a odbiciami promieniowania IR (glintami) na rogówce oka [3]

Zakładając, że system powinien być odporny na różne warunki oświetlenia, panujące w pomieszczeniu, w którym pracuje, oraz biorąc pod uwagę możliwość pracy z osobami o różnych kolorach oczu, zastosowano dwa tryby pracy systemu. Możliwość przełączenia się systemu na jeden z dwóch trybów wpływa na zwiększenie efektywności i dokładności w wyznaczaniu punktu fiksacji wzroku na ekranie monitora. Pierwszy z trybów charakteryzuje się tym, że diody umieszczone wokół obiektywu kamery emitują światło, w wyniku czego na obrazie, przechwytywanym z kamery, widoczny jest tzw. efekt jasnej źrenicy. Drugi tryb charakteryzuje podobna praca systemu, ale w tym przypadku różnica polega na tym, że diody IR wokół obiektywu kamery są wyłączone. W wyniku tego na obrazie powstaje tzw. efekt ciemnej źrenicy. Decyzja o tym w jakich warunkach system będzie pracował jest podejmowana jeszcze przed rozpoczęciem procedury kalibracyjnej. Fragmenty obrazów charakterystycznych dla różnych trybów pracy systemu pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Fragmenty przetwarzanych obrazów: a) z efektem jasnej źrenicy; b) z efektem ciemnej źrenicy

Po wybraniu odpowiedniego trybu pracy, system przechodzi do wykonania kalibracji. Użytkownik siedzi przed monitorem, a jego zadaniem jest śledzenie punktu

pojawiającego się kolejno w dziewięciu miejscach na ekranie. Algorytm kalibracji porównuje położenie wyznaczonego (obliczonego) punktu fiksacji ze znaną lokalizacją wyświetlanego na obrazie punktu [4]. Kalibrowanie systemu dla dziewięciu obszarów wynika bezpośrednio z rozdzielczości przestrzennej systemu: 3x3.

### 3. BADANIE STOPNIA KONCENTRACJI UWAGI

#### 3.1. Problem koncentracji uwagi

W dzisiejszych czasach umiejętność skupienia uwagi u ludzi, a zwłaszcza u dzieci jest ograniczona. Z pewnością wielki wpływ na taki stan rzeczy ma otaczający nas świat. „Z każdej strony” napływają do nas różne informacje. Na ulicach dużych miast w każdej chwili docierają do nas różne dźwięki: odgłosy silników, klaksony, krzyki, rozmowy, sygnał na przejściu dla pieszych. Ponadto, do naszej świadomości trafiają także bodźce wzrokowe: ogromna liczba przechodzących obok ludzi, ekrany diodowe, reklamy na billboardach, nazwy sklepów itd. Umiejętność skoncentrowania uwagi na jednej czynności jest czymś co można i trzeba wyćwiczyć. Stopień koncentracji uwagi w znacznej części zależy od tego ile dodatkowych bodźców dociera do naszej świadomości: im więcej, tym trudniej jest się skoncentrować [5] [6].

Odnosząc problem koncentracji uwagi do dzieci w wieku szkolnym należy stwierdzić, że znaczna część dzieci jest nadmiernie pobudzona i ma skłonność do stałego rozproszenia uwagi. Staje się to często przyczyną powstawania problemów w szkole, ponieważ uczeń nie jest w stanie skupić się na zadaniu. Ponadto, często nie jest wytrwały i nie lubi się wysilać. Badania dowodzą, że bardzo często problemy z koncentracją uwagi są przyczyną niepowodzeń szkolnych [7].

Pamiętać należy o tym, że problem koncentracji uwagi nie jest banalnym zagadnieniem. Zależy bowiem nie tylko od samej woli skoncentrowania się na danym zadaniu, ale także od innych czynników, takich jak: entuzjazm dziecka do wykonywanego zadania, umiejętność jego wykonania, stanu psychofizycznego itd. [5].

#### 3.2. Stosowane sposoby badania koncentracji uwagi

Istnieją różne metody, które przyczyniają się do poprawienia umiejętności skupienia uwagi na jednej czynności. Począwszy od tradycyjnych metod, można tu wymienić: czytanie tekstów przygotowanych w taki sposób, aby dziecko mogło znaleźć w nich celowo zostawione błędy, np. przestawione w wyrazach literki. Potwierdzono, że koncentrację ćwiczy się również poprzez rozwiązywanie różnych matematyczno-logicznych łamigłówek, jak np. sudoku [8]. Innym przykładem tradycyjnych ćwiczeń są z ćwiczeniami fizycznymi, dobrze opisane w [9].

Do bardziej współczesnych metod wpływających na poprawę stopnia koncentracji uwagi, należą ćwiczenia, które wykonuje się z wykorzystaniem komputera. Mogą być to np. interaktywne ankiety, w których osoba badana na bieżąco odpowiada na zadawane jej pytania [5]. Innym przykładem omawianego tutaj podejścia może być interaktywna gra *Supermarket Game*. Jest ona oparta na labiryncie, w którym pokonywanie drogi zależy od tego, jakie produkty nabywa gracz. Dodatkowe utrudnienie gry polega na tym, że gracz może przeciąć większość korytarzy/ścieżek tylko jeden raz. Gra wymaga trzymania się pewnych z góry przyjętych zasad i pozwala zdobywać punkty dzięki nabywaniu dobrych

surowców, a także tracić punkty w przypadku, gdy gracz łamie jedną z przyjętych zasad. Dodatkowo, bardzo ważnym elementem wpływającym na zdolność koncentrowania się jest upływający czas [10].

### 3.3. System śledzenia punktu fiksacji wzroku w badaniach koncentracji uwagi

Badanie koncentracji uwagi z wykorzystaniem systemu śledzenia punktu fiksacji wzroku zostało przeprowadzone w Szkole Podstawowej Nr 44 im. Adama Mickiewicza w Gdańsku. Badanie polegało na prezentowaniu dzieciom statycznych obrazów, przedstawiających znanych im bohaterów kreskówek i obserwowaniu ich aktywności wzrokowej. Dzieci siedząc przed monitorem patrzyły na obrazy w określonym czasie: 30s. W badaniu wykorzystano trzy różne obrazy o zbliżonej treści wizualnej tak, by obniżenie stopnia koncentracji uwagi nie wynikało ze znużenia. Należy dodać, że dzieci biorące udział w badaniu nie były zdeterminowane trzymaniem głowy w jednej pozycji, ale mogły czuć się swobodnie dzięki zastosowanej w systemie ruchomej kamerze – z modułem PTZ (ang. *Pan-Tilt-Zoom*), która śledziła ich ruchy. Stanowisko badawcze, na którym przeprowadzono opisane powyżej testy zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 4. Stanowisko badawcze do badania stopnia koncentracji uwagi

W badaniach wzięło udział 5 uczniów w wieku 10-11 lat. Wynikiem przeprowadzonych testów były mapy cieplne (ang. *heat maps*), które zostały wygenerowane oddzielnie dla każdego ucznia, po zakończeniu badania. Mapa cieplna jest wizualizacją aktywności wzrokowej badanego – prezentuje te obszary ekranu, na które badany patrzył najczęściej w czasie trwania całego badania. Skala mapy cieplnej obejmuje zakres kolorów między kolorem czerwonym – oznaczającym miejsca, na które badany patrzył najdłużej, a kolorem niebieskim – wskazującym miejsca, na których badany skupił wzrok, ale trwało to stosunkowo krótko. Rys. 5 przedstawia przykładowe mapy cieplne dla dwóch wybranych osób. Pierwsza mapa wskazuje na wysoki stopień koncentracji dziecka, ponieważ najczęściej obserwowanymi obszarami są najbardziej istotne fragmenty tego obrazu. Ponadto, w przypadku tej mapy cieplnej wyraźnie widać, że badany nie rozpraszał się patrząc na inne, nie znaczące fragmenty obrazu. Drugi obraz (rys. 5b) jest przykładem mapy charakterystycznej dla dziecka mającego problem z koncentracją. To dziecko nie skupiło wzroku na

znaczących elementach obrazu (z wyjątkiem krótkiego spojrzenia na twarz jednej z postaci).

a)



b)



Rys. 5. Przykładowe mapy cieplne:

a) ucznia skoncentrowanego; b) ucznia mającego problemy z koncentracją

## 4. WNIOSKI

Zastosowanie systemu śledzenia punktu fiksacji wzroku w badaniu koncentracji uwagi u dzieci stanowi nowoczesne podejście do tego typu zagadnienia. Jak zauważono, dzieci lubią wykonywać zadania oparte na pracy z komputerem. Ponadto, należy zaznaczyć, że wykonanie instrukcji, których wymaga specyfika pracy z systemem, nie stanowi dla nich żadnego problemu. Zaproponowana metoda testowania koncentracji uwagi u dzieci jest cenna, ponieważ dla dzieci stanowi formę zabawy, a dla terapeuty – wartościowe narzędzie, pozwalające kontrolować poprawny rozwój dziecka. Zaznaczyć jednak trzeba, iż konieczne jest przeprowadzenie dodatkowych badań w zakresie diagnozowania i ćwiczenia koncentracji uwagi u dzieci – na przykład w celu zwiększenia wiarygodności oceny wydawanej na podstawie analizy mapy cieplnej, czy w celu znalezienia współczynnika, który pozwoli wyznaczać stopień koncentracji uwagi. Dzięki stosunkowo niskiej cenie systemu jest możliwe, że opisana w niniejszym artykule metoda zostanie wkrótce stosowana nie tylko w poradniach psychologicznych, ale również w domach dzieci mających problemy z koncentracją.

## 5. PODZIĘKOWANIA

Badania zostały przeprowadzone w ramach grantu nr POIG.01.03.01-22-017/08, o nazwie „Opracowanie

typoszeregu komputerowych interfejsów multimodalnych oraz ich wdrożenie w zastosowaniach edukacyjnych, medycznych, w obronności i w przemyśle”.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Mimica M. R., Morimoto C. H.: A computer vision framework for eye gaze tracking, XVI Computer Graphics and Image Processing Symposium, , Brazil, 12-15.10.2003, str. 406-412.
2. Yoo D. H., Chung M. J.: Non-intrusive eye gaze estimation without knowledge of eye pose, Proc. of the VI IEEE Int. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, Seoul, Korea, 17-19.05.2004.
3. Czyzewski A., Kunka B., Kurkowski M., Branchat R.: Comparison of developed gaze point estimation methods. Conference on NTAV/SPA 2008, Poznań, 25-27.09.2008, str. 133-136.
4. Kunka B., Kostek B., Kulesza M., Szczuko P., Czyzewski A., Gaze-tracking based audio-visual correlation analysis employing quality of experience methodology, Intelligent Decision Technologies (IDT), Special Issue on “Human-Computer Interaction in Knowledge based Environments” (artykuł w recenzji).
5. Kunka B., Czyzewski A., Kostek B.: Concentration tests: An application of gaze tracker to concentration exercises, Proc. 1<sup>st</sup> International Conference on Computer Supported Education CSEDU 2009, Lizbona, Portugalia, 23-26.03.2009, str. (streszczenie) 66.
6. Definicja koncentracji uwagi:  
<http://koncentracja.bestebook.pl/>
7. Publikacja wewnątrzszkolna nt. koncentracji uwagi u uczniów:  
[www.sp13.olsztyn.pl/publiki/problemy\\_z\\_koncentracja\\_uwagi.rtf](http://www.sp13.olsztyn.pl/publiki/problemy_z_koncentracja_uwagi.rtf)
8. Opis ćwiczeń poprawiających koncentrację:  
[http://www.babyboom.pl/dzieci\\_6\\_9/szkola/cwiczenie\\_koncentracji.html](http://www.babyboom.pl/dzieci_6_9/szkola/cwiczenie_koncentracji.html)
9. Dennison P. E., Dennison G. E.: Gimnastyka Mózgu. Podręcznik dla rodziców i nauczycieli, oraz dzieci w każdym wieku.
10. Andrade L. C. V., Carvalho L. A. V., Lima C., Supermarket Game: An Adaptive Intelligent Computer Game for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder Diagnosis, Proceedings of the 5<sup>th</sup> Mexican International Conference on Artificial Intelligence.

## EYE TRACKING SYSTEM IN CONCENTRATION TESTS

**Key-words:** eye tracking system, concentration test

This article presents the eye tracking system applied in concentration tests. In the first part of the article, hardware set-up of described system was presented. After all, a problem of concentration ability was discussed. The last part of the article contains description of experiments conducted at school. Analyzed outcomes of tests allowed to list some conclusions.