



HAL
open science

Utilisation de l'Eye-tracking pour l'Interaction Mobile dans un Environnement Réel Augmenté

Qinjie Ju, Stéphane Derrode, René Chalon

► **To cite this version:**

Qinjie Ju, Stéphane Derrode, René Chalon. Utilisation de l'Eye-tracking pour l'Interaction Mobile dans un Environnement Réel Augmenté. 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, AFIHM, Aug 2017, Poitiers, France. 5 p. hal-01577862

HAL Id: hal-01577862

<https://hal.science/hal-01577862>

Submitted on 28 Aug 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation de l'Eye-tracking pour l'Interaction Mobile dans un Environnement Réel Augmenté

Eye-tracking for Mobile Interaction in an Augmented Real Environment

Qinjie Ju, Stéphane Derrode, René Chalon

Université de Lyon, CNRS

Ecole Centrale de Lyon, LIRIS, UMR5205

36 avenue Guy de Collongue, F-69134 Lyon-Ecully, France

qinjie.ju@doctorant.ec-lyon.fr, stephane.derrode@ec-lyon.fr, rene.chalon@ec-lyon.fr

ABSTRACT

In our thesis, we are interested in studying the potentialities of eye-tracking for mobile interaction and for interaction with physical objects in augmented real environments (in the sense of pervasive computing). Eye-tracking has a very strong potential in HCI as an entry modality particularly in mobile situations, and it can facilitate the learning process. In order to test the capabilities of interaction by gaze when the user's hands are occupied by another task, we have designed an interactive music learning application using eye-tracking. The conception of the first prototype for this application is also presented in this article.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Human computer interaction**; *Interaction techniques*; Pointing, Gestural input

KEYWORDS

Eye-tracking, human computer interaction, learning system, music.

RÉSUMÉ

Dans notre thèse nous cherchons à étudier les potentialités de l'eye-tracking pour l'interaction mobile et pour l'interaction avec des objets physiques dans des environnements réels augmentés (au sens de l'informatique pervasive). L'eye-tracking a un très fort potentiel en tant que modalité d'entrée en IHM (Interaction Homme Machine) en particulier en situation de mobilité, et il est capable de faciliter le processus d'apprentissage. Afin de tester les capacités d'interaction par le regard lorsque les deux mains de l'utilisateur sont occupées par une autre tâche, on a conçu un

système d'apprentissage interactif de la musique à l'aide de l'eye-tracking. La conception du 1^{er} prototype de ce système est également présentée dans cet article.

MOTS-CLEFS

Eye-tracking, Interaction homme machine, système d'apprentissage, musique.

1 INTRODUCTION

L'eye-tracking est une technologie consistant à enregistrer les mouvements des yeux de manière à fournir une estimation de la direction du regard. L'outil qui sert à fournir la direction du regard, et éventuellement l'objet regardé, est appelé eye-tracker ou oculomètre. Grâce aux progrès notables de la puissance de calcul des ordinateurs et de la performance des eye-trackers, l'eye-tracking dispose d'un regain d'intérêt dans la communauté IHM en tant que modalité d'entrée pour faciliter différents types d'interactions.

L'objectif de cet article est de présenter nos travaux de thèse qui visent à étudier les potentialités de l'eye-tracking pour l'interaction mobile dans le cadre de l'interaction avec des objets physiques dans des environnements réels augmentés (au sens de l'informatique pervasive). Nous proposons tout d'abord un état de l'art de l'ensemble des utilisations de l'eye-tracking en IHM, en particulier lors d'une interaction avec des objets physiques de l'environnement de l'utilisateur et en situation de mobilité. Dans ce contexte, nous présentons également notre dispositif expérimental d'apprentissage interactif de la musique. Celui-ci est destiné aux musiciens débutants pour réaliser une interaction rapide et pratique avec les partitions tout en conservant les mains libres pour la pratique de l'instrument. Nous projetons également de coupler les gestes 3D de la tête avec l'eye-tracking pour régler les problèmes dans l'utilisation de l'eye-tracking pour les IHM et fluidifier l'interaction.

2 ETAT DE L'ART

2.1 Application de l'eye-tracking en IHM

Les recherches sur l'eye-tracking commencent au 18^{ème} siècle [23], cette technologie est utilisée dans de nombreux domaines

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author. Copyright is held by the owner/author(s).
IHM'17, August 28–September 1, 2017, Poitiers, France

de recherche comme la neurologie, la psychologie, le marketing, etc. afin d'analyser le comportement humain ainsi que certains processus cognitifs. Des progrès notables dans ce domaine ont été fait à la fin du 20ème siècle, avec l'augmentation énorme de la puissance de calcul des ordinateurs qui permet un traitement de la vidéo en temps réel : c'est le début de l'utilisation de l'eye-tracking pour les IHM [6].

Un des intérêts majeurs de l'eye-tracking dans le domaine de l'IHM est de faciliter la vie des personnes à mobilité réduite. Cela leur a apporté la possibilité de réaliser les actions qu'ils n'arrivaient pas à faire comme par exemple dactylographier une phrase [19, 33], faire un dessin [14] ou bien passer des commandes diverses [22] à l'aide d'un système spécifique piloté uniquement par le mouvement des yeux. Certains produits dans ce domaine sont déjà commercialisés, comme par exemple, la société Tobii¹ qui a proposé des écrans augmentés d'un eye-tracker spécialement conçu pour les personnes qui ont perdu la capacité de bouger leurs corps afin de leur permettre d'interagir avec le monde extérieur par les yeux.

Ce n'est cependant pas le seul contexte d'utilisation de l'eye-tracking ; ce dispositif est aussi capable d'améliorer l'expérience utilisateur de tous lors de l'interaction avec un système traditionnel comme un ordinateur puisque cela nous permet de faire des interactions à distance avec les mains libres. En plus, l'utilisation de l'eye-tracking dans l'interaction avec un écran en tant que modalité de pointage peut également faire gagner du temps. En effet, le pointage du regard de l'utilisateur est systématiquement proche de l'icône qu'il a envie de saisir. Ainsi à l'aide de l'eye-tracking il n'est plus nécessaire de chercher la position actuelle du curseur et ainsi de le déplacer [6]. David Fono et Roel Vertegaal ont présenté et évalué l'idée d'utiliser le point du regard comme une indication de l'attention parmi de multiples fenêtres d'application et de zoomer ce que l'utilisateur est en train de regarder. Le résultat montre que cela peut être 2 fois plus rapide que la souris ou le clavier pendant des tâches de dactylographie [10]. Stellmach et al. ont quant à eux appliqué l'eye-tracking dans le système GazeGalaxy qui sert à la recherche d'un fichier multimédia désiré dans une collection d'images ou de musiques [27].

2.2 Interaction mobile et ubiquitaire par le regard

Les recherches sur les environnements intelligents commencent à la fin des années 90, et produisent de nouvelles possibilités sur l'application de l'eye-tracking pour l'IHM. Plusieurs études sont basées sur l'utilisation de l'eye-tracking afin de sélectionner un appareil et de déclencher l'interaction avec celui-ci en disposant des caméras à côté de chaque appareil [25, 32]. Selon les expérimentations de Maglio et al., la plupart des utilisateurs ont rapidement pris l'habitude de regarder l'appareil avec lequel ils vont faire des interactions [18] ; cela ne demande pas d'efforts supplémentaires pour les utilisateurs qui peuvent alors interagir à distance avec une vitesse accélérée. Ce résultat a été vérifié dans les recherches de Oh et al. [21] : parmi les 3 méthodes choisies dans les expérimentations pour déclencher une interaction avec l'ordinateur (appuyer sur un bouton, tourner la tête vers l'écran avec lequel interagir, prononcer le mot « computer »), la plupart des participants utilisent le regard avant

d'interagir (look-to-talk) lorsqu'on leur demande de commencer l'interaction comme ils veulent.

L'eye-tracker porté sur la tête possédant une caméra frontale, il est capable de capturer des images de la scène, également utilisé au profit d'interactions avec l'environnement physique puisqu'il est capable de servir d'outil de sélection sans nécessiter de nombreuses caméras posées dans l'environnement. Grâce aux méthodes de reconnaissance de formes, les chercheurs ont réussi à détecter et reconnaître l'objet regardé en calculant une correspondance entre l'image de la scène en temps réel avec un dispositif pré-connu d'images enregistrées à l'avance dans une base de données [4, 24, 26].

Comme l'eye-tracker porté sur la tête est devenu de plus en plus mobile et robuste, le champ d'application de l'eye-tracking n'est plus contraint à une simple pièce. Anagnostopoulos et al. ont envisagé d'appliquer l'eye-tracking à l'extérieur afin de réaliser des interactions basées sur la position et le regard de l'utilisateur à l'aide de la vision d'ordinateur ou d'outils servant à détecter l'orientation de la tête [1]. Giannopoulos et al. ont réalisé une application qui sert à indiquer si l'utilisateur est orienté vers la bonne route lorsqu'il est en face d'un carrefour par un feedback vibro-tactile [11].

En plus, avec une caméra qui filme la scène regardée, il devient possible de fournir aux utilisateurs une aide pour l'interprétation de ce qu'ils n'arrivent pas à comprendre. En appliquant cela dans le contexte d'un musée, Toyama et al. ont créé une application Museum Guide 2.0 capable de fournir à l'utilisateur des informations complémentaires sur l'objet exposé d'intérêt [28]. Kobayashi et al. ont quant à eux travaillé sur la combinaison entre un eye-tracker et un système de reconnaissance de caractères en réalisant un dispositif de reconnaissance qui applique le processus d'OCR (Optical Character Recognition) autour de la région pointée par le regard : cela permet de donner des informations complémentaires aux mots reconnus sous de multiples formes (traduction, image, etc.) [16].

2.3 Problèmes dans l'utilisation de l'eye-tracking pour les IHM et solutions envisagées

Bien que l'utilisation de l'eye-tracking en IHM procure de nombreux bénéfices, il pose néanmoins encore un certain nombre de problèmes [6] :

- La fixation du regard manque souvent de précision : les modalités d'entrée traditionnelles comme la souris nous permettent d'interagir avec l'écran quasiment à la précision du pixel. La fixation du regard par contre, même avec le meilleur eye-tracker existant, peut générer un écart de 0,5 degré à cause de la surface de la fovéa [34].
- Le regard ne permet pas facilement de cliquer : généralement, la sélection d'un élément par l'interface traditionnelle est finie par un 'clic' souris, mais cette action n'est pas facilement réalisable par les yeux. Simuler le clic souris par un clignement de l'œil n'est pas une solution favorable, puisqu'il est difficile de différencier un clignement naturel d'un clignement volontaire. De plus le clignement des paupières peut entraîner une dérivation du regard vers le bas et une absence temporaire de données sur le regard. Une autre alternative est de simuler le clic souris par un temps d'arrêt (*dwell time*), comme dans l'EyeDraw proposé par Hornof et al [14]. Mais cette méthode est très consommatrice

¹ <https://www.tobiidynavox.com/>

en temps (600-1000ms [19]) et ainsi réduit les gains potentiels liés à la rapidité de l'œil.

- L'œil est également utilisé pour inspecter la scène : la tâche principale de l'œil est d'observer les informations dans l'environnement, du coup dans le cas d'eye-tracking il n'est pas évident de différencier si l'utilisateur souhaite simplement observer un élément ou bien interagir avec celui-ci. Ce problème est identifié par Jacob et s'appelle le problème du touché de Midas (*Midas touch*) [15].

Les chercheurs ont proposé de multiples solutions afin de résoudre un ou plusieurs de ces problèmes. Au lieu de fixer le regard sur le bouton à cliquer, les mouvements volontaires des yeux sont étudiés dans le but de passer les diverses commandes [5, 7]. Dans ce cas-là, la précision du point du regard n'est plus importante, mais ces mouvements peuvent engendrer de la fatigue oculaire. Toujours dans le même but, Esteves et al. ont travaillé sur l'utilisation de la poursuite lisse (*smooth pursuit*) pour sélectionner l'objet cible sur un écran [9] ou dans l'environnement physique [31]. Comme la poursuite lisse des yeux n'est pas utilisée pour l'observation de la scène, cela nous permet d'éviter le problème du touché de Midas.

En dehors de l'utilisation de la poursuite lisse et des mouvements volontaires des yeux, la majorité des solutions proposées par les chercheurs sont basées sur le couplage du regard avec un autre dispositif. Ce dispositif secondaire peut être issu d'une modalité d'entrée traditionnelle ou d'une nouvelle technologie. Dans l'étude de pointage MAGIC, Zhai et al. utilisent une souris pour déplacer le curseur dans la région à côté du point du regard afin de compenser le manque de précision de la fixation du regard et réaliser l'action de clic après [34]. Drewes et al. ont conçu un mécanisme qui est la combinaison du pointage MAGIC de Zhai et d'une souris sensible au touché : le curseur s'affiche à la position du point du regard lorsque le doigt est posé sur le capteur pour éliminer la perturbation du curseur [8]. De même, le pavé tactile peut également être utilisé afin d'améliorer des interactions diverses [20, 27, 29]. Récemment, les gestes 3D comme modalité d'entrée ont été adoptés dans le domaine du jeu vidéo et cela intéresse de plus en plus de systèmes commerciaux. Du coup elle devient aussi une modalité envisageable à coupler avec l'eye-tracking. En combinant avec un système de détection des gestes 3D, les chercheurs ont réussi à sélectionner et manipuler des objets à distance, par le regard et par les gestes 3D des mains, avec une vitesse accélérée [13, 30].

Normalement, les commandes d'interaction sont passées d'une façon explicite. Mais une nouvelle tendance de l'utilisation de l'eye-tracking pour les IHM est de prédire l'intention de l'utilisateur par le mouvement de ses yeux et ainsi de contrôler les objets de manière implicite. Biswas a utilisé la vitesse et l'accélération des mouvements des yeux pour prédire la cible prochaine [3]. Dans l'application de GeoGazemarks, Giannopoulos et al. proposent de fournir l'historique du regard sur la carte à l'utilisateur en tant que référence de l'orientation pour qu'il puisse retrouver facilement les lieux d'intérêts sur un petit écran [12]. Dans l'étude [17], les auteurs ont essayé de faire défiler la page, raffiner le résultat d'une recherche d'image et d'éditer un fichier multimédia implicitement pour réaliser des interactions plus naturelles. Biedert et al. ont réalisé le système EyeBook qui utilise la détection de lecture pour faciliter les interactions avec les livres augmentés [2].

3 INTERACTION MOBILE CONTEXTUALISEE DANS UN ENVIRONNEMENT REEL AUGMENTE

Depuis plusieurs années, notre équipe travaille sur les techniques d'interactions adaptées pour des utilisateurs mobiles évoluant dans des environnements réels augmentés au sens de l'informatique pervasive et ubiquitaire. Des travaux antérieurs ont permis de dégager 3 types d'interactions [35] :

- IEI (*In-environment interfaces*) : un utilisateur nomade utilise des dispositifs d'interactions qui sont présents dans l'environnement,
- EDI (*Environment dependant interfaces*) : l'utilisateur porte un dispositif d'interaction qui lui permet d'interagir avec les objets présents dans l'environnement,
- EII (*Environment independant interfaces*) : l'utilisateur porte un dispositif d'interaction autonome.

Nos travaux s'inscrivent plus particulièrement dans le cadre des EDI où nous cherchons à étudier les potentialités de l'eye-tracking pour interagir avec des objets de l'environnement réel tout en laissant les deux mains de l'utilisateur libres pour accomplir des gestes liés à son activité principale. Notre problématique de recherche principale est donc, malgré les limitations connues de l'eye-tracking pour l'interaction par le regard, de mettre en évidence des cas d'usage où l'eye-tracking apporte une réelle plus-value par rapport à d'autres dispositifs d'interaction dans des situations où l'utilisateur est mobile et n'a pas l'usage de ses mains.

Notre démarche se veut principalement expérimentale par le développement de prototypes applicatifs mettant en œuvre ces concepts et leurs évaluations par des études empiriques. Le premier prototype que nous présentons par la suite est lié à l'apprentissage de la musique et plus particulièrement à l'apprentissage d'un instrument de musique.

4 EYEMUSIC : APPRENTISSAGE INTERACTIF DE LA MUSIQUE

L'apprentissage de la musique procure de nombreux bénéfices, tant intellectuels que personnel et culturel [36]. La lecture de la partition est incontournable pour les musiciens et nécessite un temps certain d'apprentissage. Apprendre à lire les partitions n'est pas une mission simple pour les débutants de la musique, cela est encore beaucoup plus compliqué qu'apprendre une nouvelle langue, puisque la langue est unidimensionnelle alors que la musique est bidimensionnelle (la hauteur et la longueur des notes). Du coup la création d'un système d'assistance pour l'apprentissage de la musique peut s'avérer très significatif.

Normalement, lorsqu'un débutant de la musique apprend à jouer une mélodie sur un instrument de musique, il a souvent besoin d'imiter l'exécution d'un autre musicien comme il ne maîtrise pas très bien la lecture de la musique. Afin d'entendre la mélodie pour une mesure spécifique, il lui faut mettre son instrument de musique de côté, ouvrir le fichier audio correspondant et puis chercher la bonne position temporelle. Ce processus n'est pas pratique pour le musicien débutant et consomme pas mal de temps. Le système *EyeMusic* que l'on réalise dans ce projet est un système d'apprentissage de la musique capable de jouer les

notes d'une mesure d'une partition musicale que l'utilisateur n'arrive pas à comprendre, à l'aide d'un eye-tracker. Lorsque l'utilisateur rencontre des difficultés sur la lecture des partitions, par un simple hochement de la tête il pourra déclencher le feedback audio de la mesure qu'il fixe du regard sans avoir à libérer ses mains occupées par son instrument de musique (flute, guitare, piano, etc.).

4.1 Equipement

L'équipement utilisé est un eye-tracker porté sur la tête sous la forme d'une paire de lunettes de la société SMI (SensoMotoric Instruments). Sur cet eye-tracker, deux caméras internes filment le mouvement des yeux avec un taux d'échantillonnage de 30Hz afin de calculer la direction du regard, et une 3ème caméra, située devant les lunettes, capture l'image de la scène regardée à une fréquence d'images de 24fps. Grâce au SDK de celui-ci, on dispose d'un accès direct aux informations précises du regard et à l'image de la scène via l'API.

4.2 Réalisation

4.2.1. Détection de marqueurs spécifiques. Pour connaître les notes regardées par l'utilisateur, le moyen le plus direct est d'appliquer la reconnaissance de la musique (OMR) sur l'image de la scène. Mais comme la musique est plus compliquée que la langue écrite, la performance des algorithmes utilisés dans les logiciels commerciaux et les recherches actuelles ne sont pas satisfaisantes. Du coup, afin de tester l'utilisabilité de cette application, nous avons décidé de lier chaque partition physique avec sa version numérique (fichier MIDI) à l'aide de marqueurs différents et d'utiliser la correspondance entre l'emplacement sur la page et la position temporelle dans le fichier MIDI pour obtenir les notes correspondantes dans la mesure désirée. Dans ce prototype, on choisit des marqueurs d'ArUco qui sont assez nombreux et facilement détectables à l'aide des fonctions de la librairie de traitement d'images *openCV*.

4.2.2 Calcul de la position relative du regard par rapport à la partition. La direction du regard obtenue via l'API est connue sous la forme de coordonnées sur l'image de la scène. Or ce qui est utile dans cette application est plutôt l'emplacement du regard sur la partition. On utilise donc les coordonnées des marqueurs détectés pour calculer la matrice d'homographie nécessaire pour transformer les coordonnées et ainsi connaître quelle mesure de la partition intéresse l'utilisateur.

4.2.3 Détection du mouvement de la tête. Normalement, la détection des gestes en 3 dimensions est faite soit en appliquant des techniques de vision par ordinateur sur les images capturées par un système de caméra, soit à l'aide d'un capteur portable. Dans tous ces cas, un dispositif supplémentaire est nécessaire. Dans notre cas, nous pouvons profiter de la caméra frontale de l'eye-tracker pour détecter les mouvements simples de la tête en analysant la transformation des images de la scène lors de ce mouvement.

4.2.4 Distinction entre un mouvement naturel et un mouvement volontaire. Les mouvements naturels de la tête pendant la lecture de la partition ou l'observation de l'environnement est toujours accompagné du changement de la direction du regard. Par contre, un hochement volontaire de la tête effectué tout en fixant le regard sur un point précis est possible grâce au réflexe vestibulo-oculaire des yeux qui compense le mouvement de la tête par un

mouvement des yeux dans le sens l'inverse. Du coup, les mouvements de la tête volontaires sont facilement identifiables à l'aide des informations sur la fixation du regard (Fig. 1).

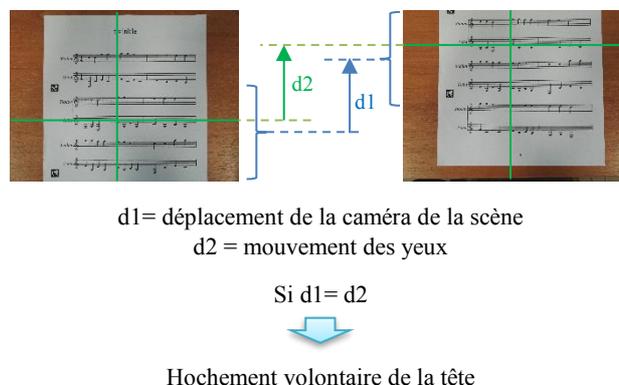


Figure 1 : Détection du mouvement volontaire de la tête en analysant la transformation des images de la scène et le mouvement des yeux.

5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

En conclusion, nous proposons un premier prototype expérimental *d'EyeMusic* à l'aide de l'eye-tracking et de la détection des mouvements de la tête. Cette application est capable d'assister les musiciens débutants lorsqu'ils apprennent la lecture des partitions. Pour l'instant cela ne marche que pour les partitions enregistrées dans une base de données. Mais avec un algorithme de reconnaissance de partitions musicales assez performant, cette application pourra fonctionner pour n'importe quelle partition. En plus, en analysant le regard de l'utilisateur lors de la lecture des partitions, il sera peut-être possible de prédire si l'utilisateur a des difficultés et a besoin d'assistance, ce qui permettrait un comportement pro-actif (les commandes seront passées implicitement pour assister l'apprentissage au bon moment).

Des études d'utilisabilité et d'utilité vont être menées prochainement. On va faire des tests en laboratoire en septembre pour valider l'utilisabilité du dispositif. En même temps, on va envisager des étapes concrètes de l'expérimentation et contacter l'école de musique d'Ecully afin de prendre des rendez-vous avec les élèves débutants de la musique. En fin de l'année 2017, on va signer un formulaire de consentement avec les participants et puis mener une étude empirique plus approfondie avec des musiciens débutants pour valider l'utilité d'une telle approche. Par la suite nous envisageons de développer d'autres prototypes utilisant l'eye-tracking dans un environnement réel afin d'affiner la pertinence d'un tel dispositif pour des interactions mobiles et contextualisées.

REFERENCES

- [1] Anagnostopoulos, V.-A., Kiefer, P. 2016. Towards gaze-based interaction with urban outdoor spaces. In Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct, pages 1706–1715, ACM.
- [2] Biedert, R., Buscher, G., Dengel, A. 2009. The eyeBook -- Using Eye Tracking to Enhance the Reading Experience, In Informatik Spektrum.

- [3] Biswas, P., Langdon, P. 2014. Eye gaze tracking based interaction in India. In Proceedings of 6th International conference on Intelligent Human Computer Interaction (IHCI 2014), pages 59-66.
- [4] Bonino, D., Castellina, E., Corno, F., Gale, A., Garbo, A., Purdy, K., Shi, F. 2009. A blueprint for integrated eye-controlled environments, Universal Access in the Information Society November 2009, Volume 8, Issue 4, pages 311-321.
- [5] Bulling, A., Roggen, D., Trster, G. 2009. Wearable EOG goggles: Eye-based interaction in everyday environments, In Proceedings of 27th International Conference Human Factors Computer System, pages 3259-3264.
- [6] Drewes, H. 2010. Eye Gaze Tracking for Human Computer Interaction. PhD Thesis. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- [7] Drewes, H., and Schmidt, A. 2007. Interacting with the Computer using Gaze Gestures. In Proceedings of Human-Computer Interaction - INTERACT 2007, pages 475 – 488.
- [8] Drewes, H., Schmidt, A. 2009. The MAGIC Touch: Combining MAGIC-Pointing with a Touch-Sensitive Mouse, In Proceedings of the 12th IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction: Part II.
- [9] Esteves, A., Velloso, E., Bulding, A., Gellersen, H. 2015. Orbits: Gaze Interaction for Smart Watches using Smooth Pursuit Eye Movements. In Proceedings of the 28th ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2015).
- [10] Fono, D., Vertegaal, R. 2005. EyeWindows: evaluation of eye-controlled zooming windows for focus selection. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, USA.
- [11] Giannopoulos, I., Kiefer, P., Raubal, M. 2015. GazeNav: Gaze-based pedestrian navigation. In Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI), pages 337–346, ACM.
- [12] Giannopoulos, I., Kiefer, P., Raubal, M. 2012. GeoGazemarks: providing gaze history for the orientation on small display maps, In Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction, USA.
- [13] Hales, J., Rozado, D., Mardanbegi, D. 2013. Interacting with Objects in the Environment by Gaze and Hand Gestures, In 3rd International Workshop on Pervasive Eye Tracking and Mobile Eye-Based Interaction (PETMEI2013).
- [14] Hornof, A., Cavender, A., Hoselton, R. 2004. Eyedraw: A system for drawing pictures with eye movements. In Proceedings of the ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, pages 86–93.
- [15] Jacob, R. J. K. 1990. What You Look At is What You Get: Eye Movement-Based Interaction Techniques. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI '90, pages 11 – 18, ACM Press.
- [16] Kobayashi, T., Toyamaya, T., Shafait, F., Iwamura, M., Kise, K. et Dengel, A. 2012. Recognizing words in scenes with a head-mounted eye-tracker. IAPR International Workshop on Document Analysis Systems, pages 333–338.
- [17] Kumar, C., Menges, R., Staab, S. 2016. Eye-Controlled Interfaces for Multimedia Interaction, Interaction IEEE Multimedia, 23(4), pages 6-13.
- [18] Maglio, P.P., Matlock, T., Campbel, C.S., Zhai, S., Smith, B.A. 2000. Gaze and speech in attentive user interfaces, in Proceedings of the International Conference on Multimodal Interfaces.
- [19] Majaranta, P., Riih a, K.-J. 2002. Twenty years of eye typing: Systems and design issues. In Proceedings of symposium on Eye Tracking Research & Applications, ETRA 2002, pages 15-22, ACM.
- [20] Mauderer, M., Daiber, F., Kruger, A. 2013. Combining touch and gaze for distant selection in a tabletop setting, In Proceedings of the Workshop on Gaze Interaction in the Post-WIMP World - ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI13'), ACM.
- [21] Oh, A., Fox, H., Kleek; M.V., Adler, A., Gojos, K., Morency, L-P., et Darrell, T. 2002. Evaluating look-to-talk: A gaze-aware interface in a collaborative environment. Extended abstracts of CHI, ACM, Seattle, pages 650–651.
- [22] Porta, M., Turina, M. 2008. Eye-S: a full-screen input modality for pure eye-based communication. In Proceedings of the symposium on eye tracking research and applications, ETRA 2008, pages 27–34, ACM.
- [23] Rayner, K. 1998. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. Psychological Bulletin, vol. 124, pages 372–422.
- [24] Ruminski, J., Bujnowski, A., Wtorek, J., Andrushevich, A., Biallas, M., Kistler, R. 2014. Interactions with recognized objects. 7th International Conference, pages 101 -105.
- [25] Shell, J.S., Selker, T., and Vertegaal, R. 2003. Interacting with Groups of Computers. Communications of the ACM Vol. 46 No. 3, ACM Press, New York, pages 40-46.
- [26] Shi, F., Gale, A.G. and Purdy, K. 2006. Direct gaze based environmental controls. IN Proceedings of 2nd COGAIN Annual Conference on Communication by Gaze Interaction: Gazing into the Future, 4-5 September 2006, Turin, Italy, pages 36-41.
- [27] Stellmach, S., Stober, S., N urnberger, A., Dachselt, R. 2011. Designing gaze-supported multimodal interactions for the exploration of large image collections. In Proceedings of the 1st Conference on Novel Gaze-Controlled Applications, pages 1-8, Sweden.
- [28] Toyama, T., Kieninger, T., Shafait, F., Dengel, A. 2011. Museum guide 2.0 - an eye-tracking based personal assistant for museums and exhibits. In Proceedings of International Conference on Re-Thinking Technology in Museums.
- [29] Turner, J., Bulling, A., Gellersen, H. 2011. Combining gaze with manual interaction to extend physical reach, In Proceedings of the 1st international workshop on pervasive eye tracking & mobile eye-based interaction, China.
- [30] Velloso, E., Turner, J., Alexander, J., Bulling, A., Gellersen, H. 2015. An Empirical Investigation of Gaze Selection in Mid-Air Gestural 3D Manipulation, In Proceedings of the 15th IFIP TC13 Conference on Human Computer Interaction (INTERACT 2015).
- [31] Velloso, E., Wirth, M., Weichel, C., Esteves, A., Gellersen, H. 2016. AmbiGaze: Direct Control of Ambient Devices by Gaze, In Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems.
- [32] Vertegaal, R., Cheng, D., Sohn, C., Mamuji, A. 2005. Media eyepliances: Using eye tracking for remote control focus selection of appliances. Extended abstract of ACM CHI, ACM Press, Portland, OR.
- [33] Wobbrock, J. O., Rubinstein, J., Sawyer, M.W., Duchowski, A. T. 2008. Longitudinal evaluation of discrete consecutive gaze gestures for text entry. In Proceedings of the symposium on eye tracking research and applications, ETRA 2008, pages 11–18, ACM, New York.
- [34] Zhai, S., Morimoto, C., Ihde, S. 1999. Manual and gaze input cascaded (MAGIC) pointing. In Proceedings of the ACM CHI'99 Human Factors in Computing Systems Conference, pages 246–253, ACM.
- [35] Zhou, Y., Xu, T., David, B. & Chalon, R. 2014. Innovative Wearable Interfaces: An Exploratory Analysis of Paper-based Interfaces with Camera-glasses Device Unit. Personal and Ubiquitous Computing, vol. 18, pages 835-849.
- [36] Les b en efices reliées   l'apprentissage de la musique, 2008, document de travail du Groupe de compétence 'Musique', Conseil Régional de la culture SLSJ, http://faitesdelamusique.ca/wp-content/uploads/2012/07/Bienfaits_lies_a_la_Musique_dec2008.pdf