

L'effet du contexte social sur les gestes réalisés avec un smartphone

Measuring the Effect of Public vs Private Context on the Kinematics of Smartphone Motion Gestures

Edward Iank

Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo

Waterloo, Ontario, Canada
LOKI, INRIA Lille Nord Europe
Villeneuve d'Ascq, France
lank@uwaterloo.ca

Paul D Meyer

Damien Masson

Hanae Rateau

Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo
Waterloo, Ontario, Canada
{pmeyer,dmasson,hrateau}@uwaterloo.ca

ABSTRACT

In this paper, the effect of social exposure on smartphone motion gestures is investigated. A within-subject repeated measures experiment was conducted where participants performed sets of motion gestures on a smartphone in both private and public locations. Using data from the smartphone's accelerometer, we found that the location had a significant effect on both the duration and intensity of the participants' gestures. As a result, we argue that it may not be sufficient for gesture input systems to be designed and calibrated purely in private lab settings. Instead, motion gesture input systems for smartphones may need to be aware of the changing context of the device and to account for this in algorithms that interpret gestural input.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Empirical studies in HCI**.

KEYWORDS

social exposure, smartphone, motion gestures

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous étudions l'effet du contexte social sur la réalisation de gestes avec le smartphone. Une étude pendant

Permission to make digital or hard copies of all or part 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 components of this work owned by others than the author(s) must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.
IHM '19, December 10–13, 2019, Grenoble, France

© 2019 Copyright held by the owner/author(s). Publication rights licensed to ACM.

ACM ISBN 978-1-4503-7026-4/19/12...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3366550.3372260>

laquelle les participants devaient réaliser un ensemble de gestes avec un smartphone en public et en privé est présentée. L'analyse des données de l'accéléromètre du smartphone, montre que le contexte social a un effet significatif sur la durée et l'intensité des gestes. Ces résultats nous permettent d'affirmer que le design et la calibration de gestes dans le contexte privé du laboratoire seul n'est pas suffisant. Les systèmes interactifs utilisant les gestes par smartphone doivent également prendre en compte le contexte dans lequel les gestes sont réalisés pour la détection de ces derniers.

MOTS CLÉS

contexte social, smartphone, interaction gestuelle

1 INTRODUCTION

Des travaux récents ont exploré les gestes comme modalité d'interaction pour les smartphones [3, 13]. En supposant que ces gestes peuvent être appris et reconnus de manière fiable, ces travaux montrent que les gestes peuvent être utiles pour invoquer des commandes lorsque l'écran du smartphone n'est pas disponible. De plus, grâce à la proprioception, cette modalité d'interaction est indépendante de la vue. Elle peut donc être utilisée dans des contextes où l'utilisateur ne peut pas regarder son smartphone (e.g. pendant qu'il conduit ou qu'il marche) pour invoquer des commandes (e.g. lecture du dernier e-mail reçu).

Un des freins de l'interaction à gestes identifié par des travaux antérieurs est son acceptabilité dans l'espace public. De façon générale, les travaux précédents indiquent que les utilisateurs peuvent être mal à l'aise lorsqu'ils réalisent des gestes en public [14] et ce vis-à-vis de différents critères : interne, inter-personnel, social, normatif et éthique [6]. Montero *et al.* ont montré que «l'acceptabilité sociale d'une interaction à gestes est fortement liée aux effets remarquables des gestes sur le système si l'interaction est visible» [7]. De la même

manière, Rico et Brewster présentent les résultats d'une enquête qui «démontre l'importance que l'observateur a dans l'acceptabilité sociale des gestes. Les gestes fortement acceptables incluent l'imitation subtile de gestes quotidiens ainsi que les gestes montrant explicitement leur rôle au sein de l'interface» [11].

L'interaction à gestes avec smartphone est particulièrement sujette à ce malaise en raison de la petite taille d'écran d'un smartphone, empêchant aux passants de comprendre le but et le sens des gestes réalisés. Ce malaise peut rendre les utilisateurs réticents à utiliser les gestes pour interagir avec leur smartphone en public. En effet, Ahlström *et al.* montrent que les gestes au-delà de l'espace personnel de l'utilisateur défini par la proxémie (environ 30cm), sont moins acceptés par les utilisateurs [1]; de même que les gestes couvrant une aire supérieure à 15 × 15cm. Trois familles de techniques (tactiles, spatiales et sur corps) sont étudiées. Les techniques de pointages dans les airs sont jugées les moins acceptables car souvent plus amples et donc plus visibles. Si les paramètres d'un geste tels que son amplitude et sa durée influent sur son acceptabilité publique, il est important de savoir si les contextes (*e.g.* public vs. privé) peuvent influencer sur le geste lui-même. Créant ainsi des variations dans les mouvements effectués suivant ces contextes. Les interfaces gestuelles reposent sur des algorithmes de reconnaissance pour distinguer les gestes intentionnels d'entrée des gestes du quotidien. C'est pourquoi la façon dont l'utilisateur réalise les gestes peut influencer sur les performances de ces algorithmes et donc rendre l'utilisation des gestes moins fiable si le contexte change.

Bien qu'il existe des travaux sur l'acceptabilité sociale de l'interaction à gestes, nous n'avons pas connaissance de travaux étudiant si le contexte, en particulier public ou privé, influence la manière dont les gestes sont exécutés par l'utilisateur. Dans ce papier, nous présentons une étude dans laquelle les participants devaient réaliser différents gestes avec un smartphone en main dans deux contextes différents : public et privé. Un entretien avec les participants a également été réalisé afin de répliquer et vérifier les résultats des études précédentes sur l'acceptabilité. Nous montrons ici que le contexte affecte significativement l'intensité et la durée des gestes effectués avec un smartphone. De plus, les données récoltées durant les entretiens semblent confirmer que les participants sont influencés par le contexte pendant l'interaction. Ces résultats impliquent que la prise en compte du contexte dans le design d'algorithmes de reconnaissance de geste pour smartphone est non négligeable et peut également s'avérer pertinente pour d'autres systèmes d'interaction à gestes.

2 PLAN EXPÉRIMENTAL

Pour comprendre l'effet du contexte sur la réalisation des gestes, nous présentons ici une étude intra-sujets qui analyse les caractéristiques cinématiques de gestes faits avec un smartphone dans deux contextes différents. Le premier contexte est un endroit privé, plus précisément une salle d'expérimentation en laboratoire de recherche. Le second contexte est un atrium sur le campus de l'université. Afin d'assurer une cohérence entre le contexte public et le contexte privé, nous avons définie une zone expérimentale dans l'atrium à l'aide d'un mur, de bordures et d'une table. Ces éléments sont arrangés de manière à créer un espace de 2 par 3 mètres, identique à l'espace privé du laboratoire. Cette délimitation permet d'empêcher les passants d'empiéter sur l'espace réservé à la réalisation des gestes tout en gardant les participants visibles. L'atrium a un plafond haut de trois étages mais la zone délimitée pour l'étude a un plafond à 3,5 mètres de hauteur, comme la salle d'expérimentation. L'atrium donnant accès à une bibliothèque, un café, une imprimerie ainsi qu'à un arrêt de bus, il est hautement fréquenté par les piétons.

Apparatus

Nous utilisons un iPhone 5 avec l'application *Movement Data Logger* [4] installée afin d'enregistrer les données de l'accéléromètre et mesurer les forces exercées sur l'appareil durant l'étude. Le même iPhone 5 est utilisé pour tous les participants afin d'éviter des différences potentielles entre capteurs. L'application est configurée pour échantillonner les données de l'accéléromètre à une fréquence de 100Hz.

Une interface web, *Gesture Prompter* (voir Figure 1), affiche aux participants les gestes à effectuer dans un ordre aléatoire. Les gestes sont affichés pendant 3 secondes. Une étude pilote ayant déterminé que 3 secondes était un temps suffisant dans le cadre de cette étude. Après avoir intégré un algorithme de reconnaissance dans l'interface, nous avons trouvé que les erreurs de reconnaissance distraient les participants. A la place, les gestes sont ici toujours affichés comme corrects.

Procédure et participants

Pour chaque session, les huit gestes utilisés dans l'étude sont présentés au participant (voir Figure 2). Ces gestes ont été sélectionnés à partir des travaux de Ruiz *et al.* qui proposent un ensemble de gestes suite à une étude d'élicitation pour l'invocation de commande sur smartphone [13]. Les images des gestes sont d'abord montrées et décrites au participant avant d'en faire la démonstration. Le participant peut s'entraîner et se familiariser avec les gestes et l'interface web. La session commence lorsque le participant dit à l'expérimentateur qu'il est à l'aise avec les gestes et le timing de l'étude.

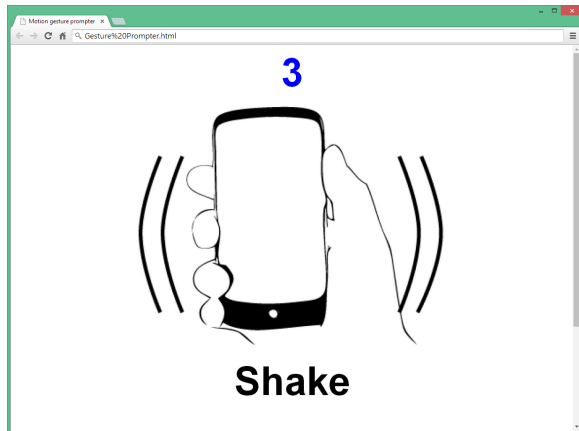


FIGURE 1: L'application web affichant le geste "Shake" avec 3 secondes restantes pour effectuer le geste

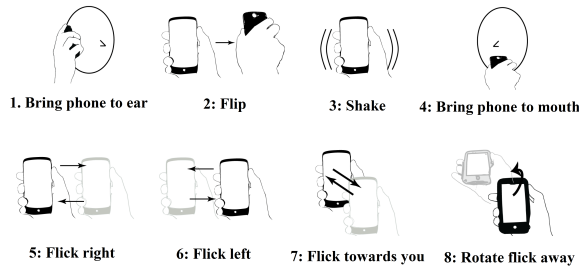


FIGURE 2: Les huit gestes utilisés pour l'étude pris de [13]

Le participant doit alors compléter une session comptant 64 gestes à réaliser avec l'iPhone à la fois en privé et en public. et les gestes sont choisis aléatoirement parmi l'ensemble de gestes disponibles. Chaque geste devant être exécuté huit fois. Toutes les sessions ont lieu entre 10h et 16h en semaine afin que l'atrium soit suffisamment occupé pour le contexte public. Entre 30 et 50 personnes sont présentes dans l'atrium au moment des sessions.

Notre étude était prévue pour 10 participants. Cependant, lors d'une session, le smartphone n'a pas pu enregistrer les données de l'accéléromètre. Nous avons donc recruté un participant additionnel. Les participants sont tous de l'université, recrutés par le bouche à oreille. Tous, six hommes et cinq femmes, possèdent un smartphone et ont entre 21 et 31 ans. Une fois les deux sessions (*i.e.* publique et privée) complétées, un entretien semi-structuré est mené pour récolter des informations additionnelles sur les participants.

En général, l'étude dure entre 30 et 40 minutes pour chaque participant. Le nombre total de gestes récoltés est de $8 \text{ gestes} \times 8 \text{ répétitions} \times 2 \text{ contextes} \times 10 \text{ participants} = 1280$ gestes pour analyse.

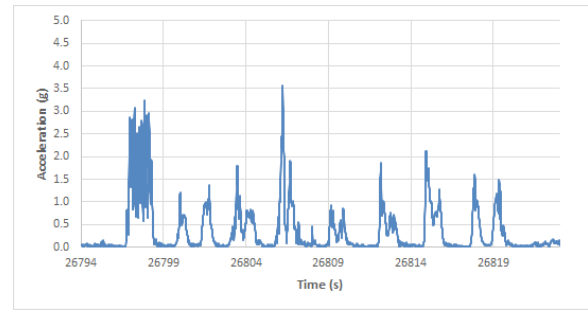


FIGURE 3: Accélération en absolu pour un seul ensemble de huit gestes. Ici, le premier geste est "Shake".

Hypothèse

[H1] Le contexte (public ou privé) a un effet significatif sur la cinématique des gestes.

3 RÉSULTATS

Données de l'accéléromètre

Les données de l'accéléromètre sont enregistrées à une fréquence de 100Hz (10ms d'intervalle entre deux points) et combinés en accélération absolue en utilisant la formule de la distance Euclidienne (voir Figure 3). L'accélération est donnée en unités gravitationnelles, *i.e.* en multiple de la constante de gravité g , à ne pas confondre avec les grammes du système international.

A l'aide d'un programme développé en laboratoire, deux caractéristiques sont extraites des données de l'accéléromètre après filtrage : la durée et l'intensité. La durée est le temps entre le début de la première accélération détectée (excédant 0,1g) et la dernière.

Analyse des données

La Figure 4 montre les valeurs moyennes pour la durée et l'intensité, en fonction du geste. Les durées moyennes sont de 1,51s et 1,55s (erreur standard = 0,71s) et les valeurs pour l'intensité sont de 2,55g et 2,71g (erreur standard = 0,31g) respectivement pour le contexte privé et public. Un effet remarquable est qu'en moyenne, les gestes réalisés en public ont une durée et une intensité plus haute qu'en contexte privé.

avec pour effet aléatoire les participants et pour effets fixes les gestes et les contextes. . Dû au fait que les gestes de l'étude soient particulièrement différents, c'est sans surprise que l'analyse des données montre un effet significatif des gestes sur l'intensité et la durée ($p < 0,001$ pour la durée et l'intensité).

Plus important vis-à-vis de notre hypothèse, la variable *Contexte* a un effet significatif sur la durée ($F_{1,1255} = 3,8501$; $p < 0,05$) et très significatif sur l'intensité ($F_{1,1255} = 7,2793$, p

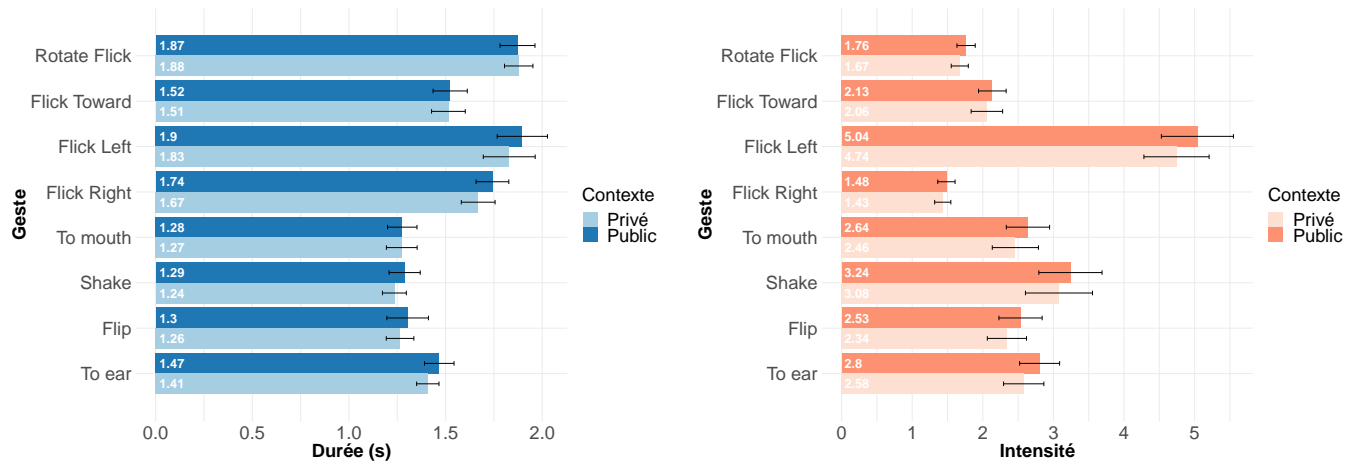


FIGURE 4: Durée (gauche) et intensité (droite) moyenne sur tous les participants en fonction du geste et du contexte.

<0,01). . Nous rejetons donc l'hypothèse nulle et concluons que le contexte affecte les paramètres des gestes effectués.

Entretiens post-étude

Chaque entretien démarrait en demandant au participant «Vous avez réalisé des gestes dans [premier contexte], puis de la même façon dans [second contexte]. Quelles sont les différences que vous avez observé dans ces deux contextes?». Neuf des onze participants ont observé des différences. Cinq participants (P4, P8, P9, P11) ont affirmé qu'ils étaient plus distraits dans l'atrium. Cinq (P2, P3, P4; P5; P11) ont aussi décrit un sentiment d'inconfort ou de gêne. Deux participants (P2 et P10) pensaient avoir exécuté les gestes différemment dans les deux contextes. Six participants (P2, P3, P6, P8, P9, P10) ont noté que leur niveau de confort lors de l'utilisation des gestes dépendait de si les intentions des gestes pouvaient être comprises par les passants. Ce qui réplique et valide les résultats des précédents travaux [7, 12].

«Ça paraîtrait bizarre si ce que vous faisiez n'était pas quelque chose que les gens puissent comprendre.» – P6

«Si l'ensemble de l'équipement expérimental n'était pas là, alors je serais [rires]... si j'étais là en train de faire des gestes tout seul, ça serait moins agréable.» – P8

«Ouais, les gens penseraient que je suis un gars bizarre, ça serait vraiment différent. Parce qu'au moins les gens peuvent deviner le but quand quelqu'un est là en train d'observer.» –P10

4 DISCUSSION

Bien que les travaux précédents aient montrés que la transparence de l'interaction gestuelle est un facteur important pour son acceptabilité sociale [7, 11, 13], nous n'avons pas

connaissance de travaux analysant quantitativement les différences qui peuvent émerger lors de l'exécution de gestes selon le contexte. Nous pensons que ces variations liées au contexte sont importantes et ce, particulièrement dans le cas de l'interaction gestuelle avec smartphone. Plus précisément, puisque les smartphones sont des appareils mobiles, ils passent d'un contexte à l'autre avec l'utilisateur et requièrent donc une certaine fiabilité dans différentes situations. Ceci diffère des interfaces gestuelles fixes telles que les écrans publics où l'endroit et le contexte d'interaction sont fixes.

Le design d'interfaces gestuelles sur smartphone est déjà freiné par le besoin de distinguer entre les gestes intentionnels d'interaction et les gestes du quotidien [5, 8, 12]. Ce problème requiert des algorithmes de reconnaissance finement paramétrés afin de limiter les faux positifs. Bien que les résultats de notre étude varient d'un participant à l'autre, nous pouvons observer des variations jusqu'à 20% en durée et intensité suivant le contexte. Les algorithmes auraient donc besoin de considérer le contexte en temps réel si nous voulons éviter les faux positifs en utilisant des algorithmes finement paramétrés.

En regardant les gestes individuels de la Figure 4, nous voyons qu'un geste, *Flick Left*, a une intensité bien plus élevée que les autres gestes, y compris *Flick Right*. Pour comprendre cette différence en intensité liée à la direction d'un geste, nous avons examiné nos observations sur le déplacement du smartphone. Nous nous sommes aperçus que tous nos participants, à l'exception d'un, ont réalisé les gestes *Flick Left* et *Flick Right* d'une manière relative à leurs corps, déplaçant le smartphone à une distance équivalente à la ligne centrale de leurs corps. Puisque nos participants ont généralement tenu le smartphone avec leur main droite, ils ont déplacé le smartphone plus loin vers la gauche que vers la droite. Étant donné que les gestes sont effectués sur la même durée, l'intensité

du geste *Flick Left* est plus élevée. Un nombre important de travaux en IHM ont exploré les interactions *égocentriques* [2, 9, 10], et les aspects *égocentriques* des gestes dans l'espace pourraient être importants à considérer lors de l'analyse des paramètres du mouvement d'ensembles de gestes.

Nos résultats peuvent aussi induire des conséquences pour des designers d'autres types d'interfaces gestuelles. En effet, de nombreux systèmes interactifs sont conçus en laboratoire, entraînés et paramétrés avec des ensembles de gestes contrôlés, puis sont déployés. D'après nos observations sur les variations qu'il y a lors de la réalisation de gestes dans différents contextes, la validité écologique de ces systèmes peut-être questionnable.

Étonnamment, nos données indiquent que nos participants ont mis plus de temps et d'intensité pour faire les gestes demandés en public. En supposant que les participants sont moins à l'aise en public, nous nous attendions à ce que les gestes soient plus contraints en public, *i.e.* plus courts en temps et/ou moins intenses. Même s'il est difficile de déterminer les raisons d'un tel effet, Rico et Brewster ont observé le besoin d'être visible dans le contexte public [11]. Nos participants ont peut-être été influencés par le fait que les gestes étaient faits avec un smartphone et voulaient le montrer. Un travail additionnel est nécessaire pour déterminer le motif de cette durée et intensité allongée.

La zone de l'atrium dans laquelle a été menée l'étude offrait la plus grande similarité avec les conditions de la salle d'expérimentation privée, l'aspect public étant la seule différence. La zone était proche du passage principal de l'atrium mais un peu à l'écart afin de ne pas être directement dans le passage des passants. De cette façon, l'exposition au public durant l'étude était non négligeable tout en assurant que l'espace disponible était similaire à celui du contexte privé. De plus, grâce à la table et aux bordures, aucun passant ne s'est approché à moins de deux mètres des participants.

Cependant, des biais sont possibles. Par exemple, l'espace physique perceptible par les participants étant bien plus grand que la salle, cela a pu pousser les participants à réaliser des gestes plus amples et plus rapides. Mais, lors des entretiens, l'espace physique n'a été mentionné par aucun des participants. De plus, l'ensemble des gestes comporte à la fois des gestes amples, pouvant être influencés par le contexte public, ainsi que de gestes contraints tels que des *Flicks* et des *Flips* dépendants moins de l'espace physique entourant l'utilisateur. En raison de l'absence d'interaction entre le geste et le contexte dans les analyses, nous pensons que le facteur physique n'est pas un facteur mais que le contexte social l'est. Cependant, cela reste un risque inhérent à toute étude menée en public qu'il est difficile de contrôler ou limiter.

Enfin, il y a également un risque inhérent que nos données sous-estiment l'effet du contexte dû à la présence des chercheurs pendant l'étude. Sept participants ont affirmé que la présence des chercheurs ainsi que l'installation pendant les sessions dans l'atrium les mettaient plus à l'aise.

5 CONCLUSION

Ce papier présente une analyse des données cinématiques d'un ensemble de gestes exécutés avec un smartphone en main. Ces gestes étaient faits dans deux contextes différents : public et privé. Les analyses indiquent un effet significatif du contexte sur la durée et l'intensité des gestes effectués. Dans le contexte public, les participants ont effectué des gestes plus longs et plus intenses que dans un contexte privé. Les entretiens répliquent et valident les résultats obtenus par des études précédentes [7, 11] montrant que les utilisateurs sont plus à l'aise avec des interfaces gestuelles en public lorsqu'ils pensent que le but et la signification des gestes sont claires pour les passants. Les résultats de cette étude sont à la fois une validation par réplication de l'effet du contexte sur l'interaction à gestes ainsi qu'une discussion sur les implications pour le design d'algorithmes de reconnaissance de gestes lorsque le geste lui-même est affecté par le contexte.

REMERCIEMENTS

La recherche dans ce papier est soutenue par le Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada (CRSNG) et le Conseil National de Recherches du Canada. La recherche a été validée par l'Office of Research Ethics à l'université de Waterloo. Les auteurs remercient les participants aux études présentées dans ce papier.

RÉFÉRENCES

- [1] David Ahlström, Khalad Hasan, and Pourang Irani. 2014. Are You Comfortable Doing That? : Acceptance Studies of Around-device Gestures in and for Public Settings. In *Proceedings of the 16th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices & Services (MobileHCI '14)*. ACM, New York, NY, USA, 193–202. <https://doi.org/10.1145/2628363.2628381>
- [2] Xiang 'Anthony' Chen, Nicolai Marquardt, Anthony Tang, Sebastian Boring, and Saul Greenberg. 2012. Extending a Mobile Device's Interaction Space Through Body-centric Interaction. In *Proceedings of the 14th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 151–160. <https://doi.org/10.1145/2371574.2371599>
- [3] Nem Khan Dim and Xiangshi Ren. 2014. Designing Motion Gesture Interfaces in Mobile Phones for Blind People. *Journal of Computer Science and Technology* 29, 5 (01 Sep 2014), 812–824. <https://doi.org/10.1007/s11390-014-1470-5>
- [4] iMovePD. 2012. iMovePD. Retrieved May 1th, 2012 from <http://appshopper.com/utilities/movement-data-logger>
- [5] Keiko Katsuragawa, Ankit Kamal, Qi Feng Liu, Matei Negulescu, and Edward Lank. 2019. Bi-Level Thresholding : Analyzing the Effect of Repeated Errors in Gesture Input. *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.* 9, 2-3, Article 15 (April 2019), 30 pages. <https://doi.org/10.1145/3181672>

- [6] Marion Koelle, Thomas Olsson, Robb Mitchell, Julie Williamson, and Susanne Boll. 2019. What is (Un)Acceptable? : Thoughts on Social Acceptability in HCI Research. *Interactions* 26, 3 (April 2019), 36–40. <https://doi.org/10.1145/3319073>
- [7] Calkin S. Montero, Jason Alexander, Mark T. Marshall, and Sriram Subramanian. 2010. Would You Do That? : Understanding Social Acceptance of Gestural Interfaces. In *Proceedings of the 12th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 275–278. <https://doi.org/10.1145/1851600.1851647>
- [8] Matei Negulescu, Jaime Ruiz, and Edward Lank. 2012. A Recognition Safety Net : Bi-level Threshold Recognition for Mobile Motion Gestures. In *Proceedings of the 14th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 147–150. <https://doi.org/10.1145/2371574.2371598>
- [9] Thomas Pederson, Lars-Erik Janlert, and Dipak Surie. 2010. Towards a Model for Egocentric Interaction with Physical and Virtual Objects. In *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction : Extending Boundaries (NordiCHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 755–758. <https://doi.org/10.1145/1868914.1869022>
- [10] Hanae Rateau, Laurent Grisoni, and Bruno De Araujo. 2014. Mimetic Interaction Spaces : Controlling Distant Displays in Pervasive Environments. In *Proceedings of the 19th International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI '14)*. ACM, New York, NY, USA, 89–94. <https://doi.org/10.1145/2557500.2557545>
- [11] Julie Rico and Stephen Brewster. 2010. Usable Gestures for Mobile Interfaces : Evaluating Social Acceptability. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 887–896. <https://doi.org/10.1145/1753326.1753458>
- [12] Jaime Ruiz and Yang Li. 2011. DoubleFlip : A Motion Gesture Delimiter for Mobile Interaction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*. ACM, New York, NY, USA, 2717–2720. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979341>
- [13] Jaime Ruiz, Yang Li, and Edward Lank. 2011. User-defined Motion Gestures for Mobile Interaction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*. ACM, New York, NY, USA, 197–206. <https://doi.org/10.1145/1978942.1978971>
- [14] Julie R. Williamson, Stephen Brewster, and Rama Vennelakanti. 2013. Mo!Games : Evaluating Mobile Gestures in the Wild. In *Proceedings of the 15th ACM on International Conference on Multimodal Interaction (ICMI '13)*. ACM, New York, NY, USA, 173–180. <https://doi.org/10.1145/2522848.2522874>