HAL open science

Définition du contexte et méthodes de sélection

Stéphane Lavirotte, Diane Lingrand, Jean-Yves Tigli

To cite this version:

Stéphane Lavirotte, Diane Lingrand, Jean-Yves Tigli. Définition du contexte et méthodes de sélection. 2èmes Journées Francophone: Mobilité et Ubiquité, Jun 2005, Grenoble, France. hal-00482032

HAL Id: hal-00482032

https://hal.science/hal-00482032v1

Submitted on 7 May 2010

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.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Définition du contexte: Fonctions de coût et méthodes de sélection

Stéphane Lavirotte
I3S (UNSA/CNRS) UMR 6070
équipe Mainline
B.P. 121
06903 Sophia Antipolis - FRANCE
stephane.lavirotte@unice.fr

Diane Lingrand
I3S (UNSA/CNRS) UMR 6070
équipe Rainbow
B.P. 121
06903 Sophia Antipolis - FRANCE
lingrand@essi.fr

Jean-Yves Tigli
I3S (UNSA/CNRS) UMR 6070
équipe Rainbow
B.P. 121
06903 Sophia Antipolis - FRANCE
tigli@essi.fr

ABSTRACT

This paper targets with applications running on mobile devices. We aim at developing a formalism and a framework to simplify the development of applications taking into account the context in which they are running, whatever this context may be.

Following previous studies from other authors, we extend the notion of context area using distance function with cost function on context space dealing on different modes of selection.

We extend the context area formalism to encompass more applications. We demonstrate on a mobile applications (museum visit) and we present a secure acces dealing with context.

Keywords

Context-aware, Definition of context, Distance and Cost Functions

RESUME

Après une revue des travaux antérieurs sur le sujet, nous présentons une extension de la notion de voisinage, ou zone contextuelle, en remplaçant l'utilisation classique d'une distance par l'emploi d'une fonction de coût sur l'espace contextuel.

Après une définition de cette fonction de coût pour passer d'un état contextuel à un autre, nous en mesurons l'impact sur le mode de sélection contextuel. La deuxième contribution se situe dans la définition d'une méthode de sélection permettant de combiner le contexte d'un utilisateur avec celui d'entités du contexte. Ceci permet de sélectionner les entités pertinentes dans un contexte unifié.

Enfin, nous illustrons ce formalisme ainsi défini par une application expérimentale : la classique visite du musée.

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. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.
Copyright 200X ACM X-XXXXX-XX-X/XX/XX ...$5.00.

Mots-clés

Application contextuelle, Definition du contexte, Fonctions de Distance et de Coût

1. INTRODUCTION

Avec la multiplication des terminaux mobiles dans notre vie quotidienne (PDA, téléphones cellulaires...), nous observons, depuis quelques années, l'émergence naturelle d'applications faisant appel à une notion de contexte.

En effet, quoi de plus naturel que de vouloir tenir compte, par exemple, de la localisation géographique d'un utilisateur pour lui fournir la liste des restaurants qu'il demande à un annuaire, depuis son PDA relié à Internet ? Une liste exhaustive est certes intéressante, mais l'application devrait également utiliser non seulement la localisation géographique mais aussi les jours et les heures d'ouverture afin de filtrer cette liste avec la date du jour et l'heure.

Dans cet article, nous rappelons les définitions utilisées pour la notion de contexte et de zone contextuelle ainsi que les méthodes de sélection de composants dans les zones contextuelles qui utilisent des fonctions de distance. À l'aide d'exemples, nous montrerons que celle-ci n'est pas suffisante et proposerons un autre modèle pour définir le contexte et la zone contextuelle. En utilisant ce formalisme, nous présenterons la définition de la sélection à l'aide des zones contextuelles et nous montrerons l'asymétrie qui en découle (schéma de sélection endo, exo et bilatérale). Nous illustrons ceci par une application expérimentale : la classique visite du musée.

2. MODÉLISATION DU CONTEXTE

La notion de contexte est très large et désigne "toute information qui peut être utilisée pour caractériser une entité" [4]. La plupart des travaux gèrent la notion de contexte de manière ad-hoc en la redéfinissant en fonction des besoins propres aux applications [10, 6, 1, 9], ce qui présente l'inconvient de ne pas offrir un cadre formel unificateur.

Plusieurs auteurs [7, 5, 2, 3] ont proposé une classification des différents types de contexte en familles :

- **contexte environnemental** : les personnes ou objets à proximité, la luminosité, le bruit, le climat, etc.
- **contexte utilisateur** : la localisation de l'utilisateur, les centres d'intérêts, l'activité, l'émotion, la pression

artérielle, etc.

- **contexte machine** : URL, URI, serveurs à proximité, dispositif d'affichage, occupation des ressources de la machine, proximité des moyens de communication, etc.
- **contexte temporel** : historique des actions, des localisations, date et heure du système, etc.

Certaines valeurs du contexte sont quantifiables, mesurables, au sens de la distance : la localisation géographique de l'utilisateur, la luminosité, la température, le temps, etc. D'autres composantes doivent être paramétrées et numérisées comme par exemple les centres d'intérêts d'un individu ou bien l'émotion qu'il ressent. Pauty, Couderc et Banâtre [8] ont proposés une définition plus formelle du contexte à base de fonctions de distances. Toutefois, cette modélisation présente des limitations.

2.1 Définition du contexte

L'espace contextuel $\mathcal{E}$ est défini comme un espace d'états composé de différentes composantes contextuelles e_i. Ces composantes peuvent aussi bien prendre des valeurs scalaires (température en degrés Celsius, altitude en mètres, ...) que vectorielles (position géographique dans le plan en coordonnées cartésiennes, triplet de valeurs colorimétriques rouge, vert et bleu, ...). À chaque composante contextuelle est associée une fonction de distance d_i:

$$\mathcal{E} = \{\{e_1, ..., e_n\}, \{d_1, ..., d_n\}\}$$

dont on rappelle les propriétés :

$$\begin{cases} d_i(x,y) \geq 0 \\ d_i(x,y) = 0 \Leftrightarrow x = y \\ d_i(x,y) = d_i(y,x) \\ d_i(x,y) \leq d_i(x,z) + d_i(z,y) \end{cases} \quad (1)$$

Un vecteur de composantes contextuelles constitue un état contextuel. Une entité est une instance d'un vecteur de composantes conetxtuelles.

Pour illustrer ces notions, voici un exemple de trois contextes A, B et C constitués des quatres composantes contextuelles (une position dans un espace à deux dimensions (x, y), une date D, une heure H et une température T) :

$$\begin{array}{lllll} A = (& (200, 300), & \text{6 février 2005}, & 12{:}45, & 12°) \\ B = (& (5000, 320), & \text{7 mars 2005}, & 23{:}59, & 18°) \\ C = (& (4000, 400), & \text{3 juin 2005}, & 8{:}30, & 25°) \end{array}$$

La notion de distance entre les entités et la notion de distance entre composantes contextuelles est volontairement découplée. En effet, la notion de distance entre composantes contextuelles peut être déterminée indépendamment d'une application. Par exemple, la distance entre deux températures T_1 et T_2 est donnée par la valeur absolue de leur différence $|T_2 - T_1|$.

La nature des composantes du contexte peut être très différente. Une composante peut être une localisation géographique, une température, un climat, une date, un taux d'occupation de l'utilisateur ou du système qu'il utilise, etc.

2.2 Zone contextuelle

La fonction de distance sur l'espace du contexte étant correctement définie, nous devons définir la notion de proximité, le voisinage ou zone contextuelle :

$$Z(E) = \{F / d(F, E) \leq D\} \quad (2)$$

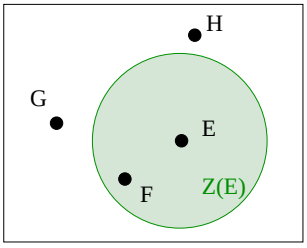

Figure 1: Cas du plan euclidien: zone contextuelle pour E.

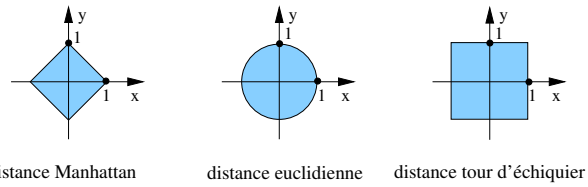

Figure 2: Cas du plan 2D. En bleu, les points qui ont une distance à l'origine inférieure à une constante de valeur 1.

où D est une constante.

Une illustration est donnée avec la figure 1 pour le cas simple du plan euclidien.

La figure 2 représente le profil de la zone contextuelle en fonction du type de distance choisie:

$$\begin{array}{lll} \text{Manhattan:} & d_1(\mathbf{u}, \mathbf{v}) & = \sum_{0 \leq i \leq n-1} |u_i - v_i| \\ \text{Euclidienne:} & d_2(\mathbf{u}, \mathbf{v}) & = \left(\sum_{0 \leq i \leq n-1} |u_i - v_i|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \\ \text{Tour d'échiquier:} & d_\infty(\mathbf{u}, \mathbf{v}) & = \max_{0 \leq i \leq n-1} |u_i - v_i| \end{array}$$

Dans cet exemple, l'espace contextuel est composé de deux éléments: x et y. La contrainte sur x (respectivement y) est: $|x| \leq 1$ (respectivement $|y| \leq 1$). La distance de Manhattan impose la contrainte $|x + y| \leq 1$, la distance euclidienne la contrainte $\sqrt{x^2 + y^2} \leq 1$ et la distance tours d'échiquier un "ET" logique entre les deux contraintes individuelles. En fait, il n'y a pas de raison de supprimer la région inscrite à l'intérieur du carré (d_∞) mais en dehors du cercle (d_2) ou du diamant (d_1). C'est une raison supplémentaire de choisir la distance *tour d'échiquier*.

2.3 Composition de distances

Il est nécessaire de définir la distance sur l'espace contextuel $\mathcal{E}$ entre deux entités. Étant donné que chacune des composantes du contexte est mesurable par une distance, nous devons trouver le moyen de composer ces distances.

Si l'on reprend l'exemple précédent définissant 3 entités, qui de A ou C est le plus proche de B ? Dans cette question, il y a deux problématiques : comment combiner les distances (spatiales et temporelles) et comment les pondérer. Pour le terme de composition, nous considérons ces deux types de contraintes. Concernant la pondération, nous considérons le poids relatif de chacune des composantes du contexte et

l'importance relative qui est associée à chacune d'elles.

La distance *tour d'échiquier* entre deux vecteurs $\mathbf{x}$ et $\mathbf{y}$: $\mathbf{x} = [x_0\ x_1\ ...\ x_{n-1}]^T$, $\mathbf{y} = [y_0\ y_1\ ...\ y_{n-1}]^T$ est définie par :

$$d_\infty(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max_{0 \leq i \leq n-1} |x_i - y_i|$$

Nous décomposons ces vecteurs en deux parties dans le but d'ajouter ou de soustraire un ensemble de composantes contextuelles :

$$\mathbf{x} = [x_0\ ...\ x_{p-1}\ x_p\ ...\ x_{n-1}]^T = [\mathbf{x_{0:p}}\ \mathbf{x_{p:n}}]^T$$

où $\mathbf{x_{0:p}} = [x_0\ ...\ x_{p-1}]^T$, $\mathbf{x_{p:n}} = [x_p\ ...\ x_{n-1}]^T$, et $1 \leq p \leq n-1$. Avec ces notations, nous exprimons une propriété intéressante de la distance tours d'échiquiers :

$$\forall p, d_\infty(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max\ (d_\infty(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}), d_\infty(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{y_{p:n}}))$$

La composition des règles donne aussi une fonction de distance f_d :

$$\forall p, f_d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max\ (d(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}), d(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{y_{p:n}})) \quad (3)$$

quelque soit la distance d.

Ceci nous donne une règle de composition des distances pour cet exemple utilisant le "ET" logique.

En introduisant la pondération pour modéliser le poids relatif de chaque composante, la fonction de distance devient :

$$d_\infty(E, F) = \max_i\ (w_i\ |x_i - y_i|) \quad (4)$$

où w_i sont des valeurs positives.

Malheureusement les zones contextuelles résultantes d'une composition de plusieurs distances ne permettent pas la description de toutes les zones contextuelles possibles. Par exemple, la composition de deux distances dans un espace de dimension 1 ne permet pas la description d'une zone contextuelle définie par une distance euclidienne de dimension deux.

2.4 Discussion sur les distances

Pourquoi étendre la constante D à une fonction ? Dans [8], D est remplacé par une fonction de E et F. Remplacer la constante D par une fonction majorante présente l'avantage de pouvoir exprimer une plus large variété de contraintes. Cependant, c'est une définition trop large qui doit être limitée afin de lui donner un sens.

Est-ce nécessairement une distance ? Étudions l'exemple d'un randonneur se promenant en montagne : celui-ci doit se rendre du point A (dans la vallée) au point B (au sommet). Il est pourtant plus coûteux de se rendre de A à B (en terme d'effort ou de carburant) que d'aller de B à A. Donc même si la distance est identique (au regard du nombre de kilomètres pour se rendre de A à B), en terme de coût, nous n'avons pas la symétrie : donc nous ne manipulons pas une distance. Nous disposons de deux moyens pour exprimer ce problème.

On peut décider de remplacer la fonction de distance par une fonction de coût, ce qui signifie pour notre exemple (avec h représentant l'altitude) :

$$c(h_1, h_2) = \begin{cases} 2 * (h_2 - h_1) & \text{si} \quad h_1 \leq h_2 \\ h_1 - h_2 & \text{si} \quad h_1 \geq h_2 \end{cases}$$

La zone contextuelle est alors définie par :

$$Z(h_0) = \{h / c(h_0, h) \leq D\}$$

Nous pouvons aussi décider de réécrire ceci dans les termes de la définition de [8] :

$$Z(h_0) = \{h / d(h_0, h) \leq f(h_0, h)$$

avec $f(h_0, h) = D - c(h_0, h) + d(h_0, h)$.

De quelles propriétés avons nous besoin ? Pour être en mesure de comparer des distances, de les composer et pour déterminer le voisinage. Comme nous l'avons montré précédemment, la symétrie n'est pas nécessaire.

Nous introduisons donc la notion de fonction de coût à notre formalisme.

2.5 Introduction d'une fonction de coût

La fonction de coût est définie par les propriétés suivantes :

$$\begin{cases} c(x, y) \geq 0 \\ c(x, y) \neq 0 \Rightarrow x \neq y \\ c(x, y) \leq c(x, z) + c(z, y) \end{cases} \quad (5)$$

Ces propriétés sont similaires à la fonction de distance (voir l'équation 1), excepté pour la propriété de symétrie.

L'espace contextuel est donc redéfini comme suit :

$$\mathcal{E} = \{\{e_1, ..., e_n\}, \{c_1, ..., c_n\}\}$$

où les c_i sont des fonctions de coût et la zone contextuelle est définie par :

$$Z(E) = \{F / c(F, E) \leq C\} \quad (6)$$

où c est une fonction de coût définie par les propriétés de (5) et C est une constante de coût.

Avec cette définition, nous perdons la propriété de symétrie des fonctions de distance, et par là même la symétrie pour les zones de contexte et nous allons étudier cet impact dans le paragraphe suivant.

La composition est toujours réalisée en utilisant l'équation 3 afin d'avoir un "ET" logique entre les contraintes.

2.6 Composition de coûts

Nous nous intéressons ici à démontrer une propriété similaire à (3), soit : La fonction c_p défini par :

$$c_p(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max\ (c_a(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}), c_b(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{y_{p:n}}))$$

où c_a et c_b sont deux fonctions de coût, est une fonction de coût.

Démonstration Les fonctions c_a et c_b sont des fonctions de coût, donc : $c_a(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}) \geq 0$ et $c_b(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{y_{p:n}}) \geq 0$. Ainsi, on a également $c_p(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \geq 0$.

$$\begin{aligned} c_p(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \neq 0 \quad &\Rightarrow \quad c_a(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}) \neq 0 \\ &\qquad \text{ou } c_b(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{y_{p:n}}) \neq 0 \\ &\Rightarrow \quad \mathbf{x_{0:p}} \neq \mathbf{y_{0:p}} \\ &\qquad \text{ou } \mathbf{x_{p:n}} \neq \mathbf{y_{p:n}} \\ &\Rightarrow \quad \mathbf{x} \neq \mathbf{y} \end{aligned}$$

On a:

$$\begin{aligned} c_a(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}) &\leq c_a(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{z_{0:p}}) + c_a(\mathbf{z_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}) \\ c_b(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{y_{p:n}}) &\leq c_b(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{z_{p:n}}) + c_b(\mathbf{z_{p:n}}, \mathbf{y_{p:n}}) \end{aligned}$$

Ainsi :

$$\begin{aligned} c_p(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \quad &\leq \quad \max\ (c_a(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{z_{0:p}}) + c_a(\mathbf{z_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}), \\ &\qquad c_b(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{z_{p:n}}) + c_b(\mathbf{z_{p:n}}, \mathbf{y_{p:n}})) \\ &\leq \quad \max\ (c_a(\mathbf{x_{0:p}}, \mathbf{z_{0:p}}) + c_b(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{z_{p:n}})) \\ &\qquad + \max\ (c_a(\mathbf{z_{0:p}}, \mathbf{y_{0:p}}) + c_b(\mathbf{x_{p:n}}, \mathbf{z_{p:n}})) \\ &\leq \quad c_p(\mathbf{x}, \mathbf{z}) + c_p(\mathbf{z}, \mathbf{y}) \end{aligned}$$

Fin de la démonstration

2.7 Méthode de sélection

Étant donné un contexte, comme celui de E sur la figure 1, on peut souhaiter sélectionner tous les éléments contextuels proche de cet élément E. Deux possibilités s'offrent à nous : (i) sélectionner les entités qui sont dans la zone contextuelle de E (**sélection endo**) ou (ii) sélectionner les entités dont la zone contextuelle contient E (**sélection exo**). Si nous sommes intéressés par les deux types de sélection simultanément, nous considérons la **sélection bilatérale**:

$$S_{\text{bilatérale}}(E) = S_{\text{endo}}(E) \cap S_{\text{exo}}(E)$$

Quelle est la différence entre la sélection endo et exo? Comme défini dans [8], il n'y a aucune différence si l'on utilise l'équation (2). Avec la définition que nous avons présenté en (6), les modes de sélection endo et exo sont différents à cause de l'asymétrie. Ceci conduit à une propriété intéressante du mode de sélection. Nous allons maintenant illustrer ces propos au travers de deux applications.

3. EXPÉRIMENTATION

Dans l'application bien connue de la visite d'un musée, un visiteur est équipé d'un assistant personnel qui lui délivre des commentaires sur les tableaux. Quand le visiteur se trouve dans le voisinage d'un tableau, le système affiche ou diffuse les informations sur celui-ci. Nous considérons que le visiteur se retrouver immergé dans ce cadre et qu'il peut donc avoir un ou des tableaux situés plus près de lui, mais dans son dos. Naturellement, dans ce cas, le visiteur souhaite disposer de l'information concernant le tableau qui se trouve en face de lui même s'il est plus loin que celui dans son dos. Cet exemple montre qu'il est souhaitable de sélectionner les éléments non seulement au regard de la distance mais aussi de l'orientation de l'utilisateur.

L'espace contextuel est donc composé de la position (en 2 dimensions) du visiteur et de son orientation θ. À cette position 2D, nous associons la distance euclidienne. À l'angle θ, nous associons simplement la différence, modulo 2π, avec l'orientation de l'utilisateur (voir la figure 3 pour les notations). Nous ajoutons une pondération à cette définition afin de limiter la distance euclidienne à D et la variation de l'angle à $\frac{\alpha}{2}$. Le coût combiné entre les points M_1 et M_2 est défini par:

$$c([x_1, y_1, \theta_1]^T, [x_2, y_2, \theta_2]^T) = \max\left(\frac{\sqrt{(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2}}{D}, \frac{|\tau_{1,2}-\theta_1|}{\frac{\alpha}{2}}\right)$$

où $\tau_{1,2} = (\widehat{Ox, \overrightarrow{M_1M_2}})$ mesure l'orientation du vecteur $\overrightarrow{M_1M_2}$.

Comme nous pouvons le constater, nous n'utilisons pas le paramètre θ_2 : ce n'est pas une distance (asymétrie).

La zone contextuelle est définie par :

$$c([x_1, y_1, \theta_1]^T, [x_2, y_2, \theta_2]^T) \leq 1$$

Comme illustré par les figures **??**, **??** et **??**, le visiteur voit le tableau et le tableau contient le visiteur dans son champ d'application : ceci est une sélection bilatérale.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons étendu la notion de zone contextuelle en utilisant des fonctions de coût pour remplacer les fonctions de distance. Les contraintes liées à la définition formelle d'une distance sont en effet contraingantes pour mesurer l'écart entre les informations contextuelles. La notion de coût introduite permet de conserver les propriétés essentielles de la distance mathématique tout en élargissant son champ d'application.

Ceci nous a permis de décliner une large famille d'application et d'aboutir à différentes méthodes de sélection : endo, exo, bilatérale.

Nous avons appliqué ce formalisme du contexte à un exemple, celui bien connu de la visite d'un musée en considérant à la fois la localisation géographique et l'orientation de l'utilisateur. Nous avons présenté l'application de ces concepts aux services sécurisés avec la prise en compte du contexte.

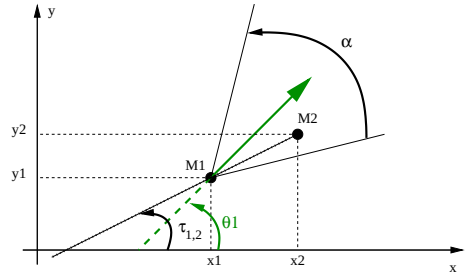

Figure 3: Notations pour l'espace contextuel dans le cas de la visite du musée. Le point M_1 est défini par sa position en 2D (coordonnées x_1 et y_1) et son orientation donné par l'angle θ_1. L'intervalle des valeurs pour $\tau_{1,2}$ est centré sur θ et admet α pour amplitude.

5. REFERENCES

[1] G. D. Abowd, C. G. Atkeson, J. Hong, S. Long, R. Kooper, and M. Pinkerton. Cyberguide: A mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks*, 3(5):421–433, Oct. 1997.

[2] G. Chen and D. Kotz. A survey of context-aware mobile computing research. Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College, November 2000.

[3] J. Coutaz and G. Rey. Foundations for a theory of contextors. In C. Kolski and J. Vanderdonckt, editors, *4th International Conference on Computer-Aided Design of User Interfaces*, pages 283–302, Valenciennes, France, May 2002.

[4] A. K. Dey. Understanding and using context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5(1):4–7, 2001.

[5] A. K. Dey and G. D. Abowd. Toward a better understanding of context and context-awareness. Technical Report GIT-GVU-99-22, Georgia Institute of Technology, College of Computing, June 1999.

[6] S. Long, R. Kooper, G. D. Abowd, and C. G. Atkeson. Rapid prototyping of mobile context-aware applications: the cyberguide case study. In *Proceedings of the Second Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, pages 97–107, White Plains, NY, . ACM Press., Nov. 1996.

[7] M. J. Pascoe. Adding generic contextual capabilities

to wearable computers. In *ISWC '98: Proceedings of the 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pages 92–99. IEEE Computer Society, 1998.

[8] J. Pauty, P. Couderc, and M. Banâtre. Synthèse des méthodes de programmation en informatique contextuelle. Technical Report 1595, IRISA, Jan. 2004.

[9] B. N. Schilit, D. M. Hilbert, and J. Trevor. Context-aware communication. *IEEE Wireless Communications*, 9(5):46–54, Oct. 2002.

[10] R. Want, A. Hopper, V. Falcão, and J. Gibbons. The active badge location system. *ACM Transactions on Information Systems*, Jan. 1992.