

Sujet de Thèse: Système de localisation 3D indoor par radar multistatique UWB

Responsables:

Nel Samama

Professeur, Télécom Sud Paris, 9 rue Charles Fourier 91011 Evry Cedex, Tél: 01 60 76 46 50

Mel : nel.samama@telecom-sudparis.eu

Muriel Muller

Maitre de conférences, Telecom-Sud Paris 9 rue Charles Fourier 91011 Evry Cedex, Tél: 01 60 76 44 94

Mel : muriel.muller@telecom-sudparis.eu

Jean-Christophe Cousin

Maitre de conférences, Telecom-Paristech 46 rue barrault, 75013 Paris, Tel : 01 45 81 77 07,

Mel : Jean-christophe.cousin@telecom-paristech.fr

Contexte Scientifique

De nos jours, de nombreuses applications nécessitant la localisation en temps réel sont en développement. Le principal system est le GPS (Global Positioning System) développé pour les applications en extérieur. Depuis quelques années, les applications en intérieur se sont démocratisées mais il est connu que le GPS seul ne fournit pas une localisation précise à l'intérieur des bâtiments. L'objectif visé par cette thèse est la réalisation d'un prototype de localisation portable permettant la localisation en 3 dimensions (3D) de personnes à l'intérieur d'un bâtiment, que ce soit pour des applications médicales (suivi de patients) ou des applications indépendantes, se voulant autonomes de tout système existant et permettant un déploiement simple et rapide (organisation de la sécurité lors d'événements à grand public ou lors d'intervention d'urgence des services de sécurité civile lors d'un incendie ou d'un seisme...). Dans le cadre de la réalisation de notre prototype, nous proposons une méthode basée sur l'utilisation de radars fonctionnant dans la bande de fréquence UWB impulsionnel et exploitant une méthode interférométrique et goniométrique nécessitant une seule station, ce qui simplifie les contraintes de synchronisation couramment rencontrées [5]. Un premier démonstrateur de laboratoire a permis de valider un système de localisation 3D dans le cas dit Line Of Sight (LOS) d'un trajet directe entre la station de localisation et le badge à localiser. Les résultats obtenus ont permis d'atteindre une précision de l'ordre du cm pour des distances base de localisation/badge comprise entre 1m et 7m. Dans ce cas, le signal exploitée était un signal FMCW (Frequency Modulation Continuous Wave) couvrant la bande de fréquence UWB européenne [6-8.5 GHz] et couramment utilisé dans certaines catégories de radar. Ces travaux ont permis de rédiger plusieurs publications internationales [6] [7]. Le signal exploité dans ce système a permis la validation du fonctionnement de la technique de mesure mais ne répond pas au gabarit spectral de la norme 802.15.4a. Dans le cadre de cette thèse, nous voulons réaliser un prototype (station de localisation et badges à localiser) portable et autonome utilisant un signal UWB impulsionnel "classique" permettant en parallèle de transmettre des données de communication pouvant provenir de différents capteurs, par exemple corporels. Le cas dit NLOS (Non LOS) sera aussi une étude importante pour connaitre et quantifier la dégradation sur la localisation et apporter une solution afin de minimiser ces effets.

Contenu Scientifique de la thèse

Les objectifs scientifiques sont principalement la réalisation d'un système de localisation, développé sur la base des travaux de R.Kumar, exploitent un système radar UWB multistatique permettant de donner la localisation 3D en temps réel de badges transpondeurs ou badges actifs. Ce système comprend une station de localisation formée de 4 radars UWB colocalisés (permettant de s'affranchir des contraintes de synchronisation) et de badges transpondeurs UWB. La localisation est faite en coordonnées sphériques (distance, angles d'azimut et élévation) en associant les principes d'interférométrie et de goniométrie par mesure de corrélation temporelle entre le signal émis par la station et le signal retourné par le badge sur 4 canaux de réception dans le cas d'un canal de propagation possédant un trajet direct entre la station et le badge (cas dit LOS Line of sight). La structure développée devra permettre/prévoir en parallèle l'échange de données ou d'informations (provenant de capteurs par exemple) entre un badge et la station de localisation ou aussi la mesure passive de paramètre annexes, telle que la détection de respiration.

Dans ce cadre, un effort important sera apporté sur la réalisation du/des badges pour plusieurs raisons:

* Ceux ci devront tenir compte de problèmes d'interférences entre eux. Dans ce cas un badge pourra être équipé d'un circuit de réveil associé à un code d'identification activé par la station de localisation sous la forme d'un codage du signal émis par cette station.

* L'environnement indoor étant assez complexe, les problèmes de trajets multiples ou de rétrodiffusion passive (back scattering passif) sont importants. De plus la proximité des 4 radars UWB peut engendrer des

problèmes de couplage électromagnétique directs entre eux. Afin de diminuer les effets induits par les défis précités, plusieurs solutions sont envisagées. La première est l'optimisation des antennes à polarisation circulaire de la station et du badge, développées lors de la thèse de R. Kumar, pour le système développé dans cette thèse. La seconde solution envisagée exploite le principe des transpondeurs utilisées en radio navigation pour les systèmes DME (Distance Measuring Equipment) [8] qui intègrent un retard supplémentaire connu au niveau du transpondeur de sol. Cette solution permet ainsi d'éliminer naturellement la rétrodiffusion passive de l'environnement qui engendreront naturellement des temps de trajet aller et retour inférieur au retard supplémentaire imposé par le transpondeur.

Un aspect important sera aussi l'étude de l'influence des conditions de propagation dans le cas où le badge n'est plus en visibilité directe avec la station de base ou autrement appelé N-LOS (Non Line Of Sight). Il conviendra d'évaluer la dégradation plus ou moins importante de la précision sur la localisation.

Afin de mener à bien ce sujet de thèse, le plan suivant pourra être suivi :

I- Spécifications techniques : cette partie sera consacrée à l'étude bibliographique et théorique et à la simulation du Radar afin de déterminer les caractéristiques de l'émetteur et du récepteur en fonction du canal de propagation et du tag. Nous pourrions nous appuyer sur les précédents résultats obtenus dans les travaux de Mr Kumar.

II- Mise en place du démonstrateur : cette partie concerne la mise en place du Radar UWB impulsionnel. Cette étude prendra en compte plusieurs résultats obtenus au point I (antennes, bilan de liaison, étude de la structure fonctionnelle du tag, linéarité des composants). Ceci dans différentes conditions de mesure LOS, NLOS.

III- Extraction des distances et validation de la localisation: cette partie porte sur le traitement du signal DOA (Direction Of Arrival) en 3 D à partir des signaux issus des simulations d'une part et des mesures expérimentales d'autre part.

Mots clés : radar monopulse UWB, goniométrie, plateforme de localisation indoor 3D UWB , Situation N-LOS, Multibadges

[1]: " Indoor Localisation for telemonitoring", R Kumar, thèse de doctorat, Telecom-Paristech, Décembre 2014

[2] J.A. Pardiñas-Mir, M. Muller, R. Lamberti and C. Gimenes, «Experimental Detection and Synchronisation Validation for a TR-UWB System Based on the Time Delayed Sampling and Correlation Scheme», M.S. Obaidat, J.L. Sevillano and J. Filipe (Eds.): ICETE 2011, CCIS 314, pp. 477–491. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.

[3] J.A. Pardiñas-Mir, R. Lamberti, M. Muller and C. Gimenes, «An Experimental Approach to a Low-Complexity Two-Step TOA Measurement for TR-UWB Signals», IEEE ICC, June 2012.

[4]: M. Muller and G.I. Abib, «Ultra WideBand RADAR system for human chest displacement», IEEE NEWCAS Conference, 2015.

[5]: B.Denis, " Exploitation des Capacités de Radiolocalisation des Transmissions Ultra-Large Bande dans les Réseaux Sans-Fil", Thèse de doctorat, Insa Rennes, Décembre 2005

[6]: "3D Indoor Localization System covering the European UWB frequency Bandwidth using a Single Anchor", Rupesh Kumar, J. C. Cousin et Bernard Huyart, EUMW 2014, Rome, Octobre 2014

[7]: "Indoor Localization System for 2D Measurement in European UWB Band with One Reference Position", R Kumar, JC Cousin, B Huyart, IMS 2014, Tampa, Floride, juin 2014

[8]: <http://www.lavionnaire.fr/RadioNavDME.php>