



**HAL**  
open science

# Localisation Indoor: Nouvelle Méthode d'Estimation de la TDOA à Partir des Signaux de Communication Millimétrique OFDM

Ahmadreza Jafari, Julien Sarrazin, Luca Petrillo, Theodoros Mavridis, Philippe de Doncker, Aziz Benlarbi-Delai

► **To cite this version:**

Ahmadreza Jafari, Julien Sarrazin, Luca Petrillo, Theodoros Mavridis, Philippe de Doncker, et al.. Localisation Indoor: Nouvelle Méthode d'Estimation de la TDOA à Partir des Signaux de Communication Millimétrique OFDM. Journées scientifiques 2014 de l'URSI France, Mar 2014, Paris, France. hal-00985032

**HAL Id: hal-00985032**

**<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-00985032>**

Submitted on 29 Apr 2014

**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.

# Titre: Localisation Indoor: Nouvelle Méthode d'Estimation de la TDOA à Partir des Signaux de Communication Millimétrique OFDM

## Title: Indoor Localization: New TDOA Estimation Method Using Millimeter-wave OFDM Communication Signals

Ahmadreza Jafari\*, Julien Sarrazin\*, Luca Petrillo\*\*, Theodoros Mavridis\*\*, Philippe De Doncker\*\* et Aziz Benlarbi-Delai\*

\* Sorbonne Université, UPMC Univ Paris 06, UR2, L2E, F-75005 Paris, France

\*\* OPERA Dpt.-Wireless communications Group, Ecole Polytechnique de Bruxelles, Bruxelles, 1050 Belgique

**Mots clés:** Localisation Indoor, Communication millimétrique, OFDM, TDOA, Communication sans fil ultra large bande. Indoor localization, Millimeter-wave communication, OFDM, TDOA, Ultra wideband wireless communication.

### 1. Introduction

Dans le domaine des communications sans fil haut débit à 60 GHz, on propose une nouvelle méthode pour la localisation d'objets communicants en milieu indoor. Cette méthode est basée sur l'extraction de la différence de temps d'arrivée : TDOA (Time Difference of Arrival), en utilisant un système MISO (Multiple Input Single Output). Avec cette approche, contrairement aux mesures TDOA conventionnelles, une seule référence RD (Reference Device) constituée de deux antennes, est requise. Cette solution qui permet de réaliser simultanément les fonctions de communication et de localisation, exploite les signaux UWB-OFDM pour estimer la TDOA. L'influence de canal sur la précision de localisation est étudiée. Les simulations et mesures, réalisées au sein de notre laboratoire, confirment la pertinence des modèles et estimateurs utilisées. Cette étude est conduite dans le cadre de la norme IEEE802.11ad [1][2][3].

### 2. Principe

Pour mettre en œuvre cette technique, un system MISO est considéré. Un dispositif de référence (RD) constitué de deux antennes  $A_1$  et  $A_2$  et un dispositif mobile (MD) sont placés dans un milieu indoor. Les temps de vol entre MD et  $A_1$ , et entre MD et  $A_2$  sont notés respectivement  $\tau_1$  et  $\tau_2$  [4]. Les antennes  $A_1$  et  $A_2$  transmettent les mêmes signaux au format IEEE802.11ad, retardés l'un par rapport à l'autre de  $\tau_p$  [5]. La fréquence d'échantillonnage est noté  $F_s$ ,  $N$  est le nombre de sous-porteuses et  $M$  est le nombre de sous-porteuses de données. Si nous appelons,  $x(t)$ , l'enveloppe complexe (CE) du signal en bande de base et  $x_{RF}(t)$ , la représentation RF du signal transmis, les équations suivantes sont obtenues :

$$x(t) = \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} c_k e^{\frac{i2\pi k F_s t}{N}} = \sum_{k=-\frac{M}{2}}^{\frac{M}{2}-1} c_k e^{\frac{i2\pi k F_s t}{N}} \quad (1)$$

$$x_{RF}(t) = Re(x(t)e^{i2\pi k F_{RF} t}) \quad (2)$$

où  $Re$  est l'opérateur de la partie réelle,  $c_k$  sont des coefficients complexes, avec  $k$  l'indice des porteuses et  $F_{RF}$  la fréquence du signal RF. En appelant respectivement  $h_1$  et  $h_2$ , les gains de canal entre  $A_1$  et MD et entre  $A_2$  et MD, les réponses impulsionnelles du canal dans le domaine CE sont, pour les deux temps de vol  $\tau_1$  et  $\tau_2$ , :

$$h_1(t) = h_1 e^{-i2\pi F_{RF} \tau_1} \delta(t - \tau_1) \quad (3)$$

$$h_2(t) = h_2 e^{-i2\pi F_{RF} (\tau_2 + \tau_p)} \delta(t - \tau_2 - \tau_p) \quad (4)$$

où  $\delta$  est la fonction de Dirac. Les deux antennes du RD étant relativement proches l'une de l'autre, nous pouvons assumer dans un scénario LOS, que  $h_2 \cong h_1$ . En posant  $\tau = \tau_p + \tau_2 - \tau_1$ , le signal reçu dans le domaine fréquentiel peut être présenté comme suit :

$$Y(f) = h_1 \sum_{k=-\frac{M}{2}}^{\frac{M}{2}-1} c_k \delta\left(f - \frac{k F_s}{N}\right) e^{-i2\pi (F_{RF} + \frac{k F_s}{N})(\tau_2 + \tau_p - \tau)} \left[1 + e^{-i2\pi (F_{RF} + \frac{k F_s}{N})\tau}\right] \quad (5)$$

De l'équation (5), on peut montrer que dans le spectre reçu, les portuses  $k$  sont annulées pour les valeurs données par la relation:

$$\frac{kF_s}{N} = \frac{(2n+1)}{2\tau} - F_{RF} \quad n = 0,1,2, \dots \quad (6)$$

où  $\frac{kF_s}{N}$  est la  $k^{\text{ième}}$  sous-porteuse. A partir de (6) on déduit que le spectre reçu est un signal périodique, et cette périodicité est reliée à  $\tau$ . Ainsi la valeur de la TDOA peut être directement estimée. En réalité, compte tenu de la présence de trajets multiples, l'accès à la valeur utile  $\tau$  n'est pas direct. Il convient donc d'estimer cette donnée moyennant une connaissance a priori du canal.

### 3. La simulation, les résultats de mesures et la méthode d'estimation

Pour démontrer, par la simulation et par l'expérience, la faisabilité de cette estimation, un système de communication opérant à 60 GHz (en considérant le canal) est d'abord simulé en utilisant le logiciel SystemVue®, puis testé en utilisant un module d'émission réception fonctionnant à 60 GHz. Dans la figure 1, une configuration de mesure est présentée. En présence du canal, le spectre et la réponse équivalente du canal reçu sont déformés en raison de l'influence des multi trajets. Donc, une régression non linéaire fondée sur la méthode des moindres carrés est utilisée pour avoir une estimation de la réponse équivalente du canal et déduire la périodicité du spectre reçu. Le modèle de Fourier considéré pour cette régression permet d'obtenir, figure 2, une très bonne estimation du spectre qui donnera naturellement une très bonne estimation de  $\tau$ .



Figure 2. Configuration de mesure.

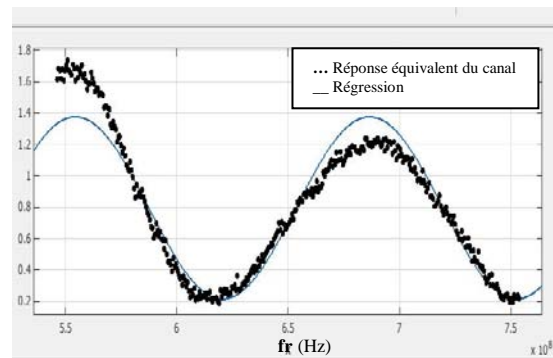


Figure 3. Réponse équivalent du canal et sa régression.

### 4. Conclusion

Dans ce papier, une nouvelle méthode d'estimation de TDOA particulièrement bien adaptée pour des systèmes de communication indoor opérant à 60 GHz et utilisant des signaux UWB OFDM est présentée. On a montré que, dans l'hypothèse de scénario LOS et l'utilisation de dispositif de référence (RD) formée de deux antennes, il est possible d'estimer une position 1D d'un dispositif mobile (MD) dans une pièce. Cette technique, contrairement aux mesures classiques de TDOA, a l'avantage de permettre la localisation et la communication de façon simultanée. De plus, seulement un dispositif de référence avec deux antennes très proches est utilisé au lieu de deux dispositifs de référence. Les mesures faites au sein de notre laboratoire confirment la faisabilité de cette technique en présence d'un canal réel.

### 5. Bibliographie

- [1] A. Jafari, L. Petrillo, J. Sarrazin, D. Lautru, P. De Doncker and A. Benlarbi-Delaï, URSI France 2013
- [2] C.J. Hansen. Wigig: Multi-gigabit wireless communications in the 60 ghz band. *Wireless Communications, IEEE*, 18(6):6{7, 2011.
- [3] Xinrong Li, K. Pahlavan, M. Latva-aho, and M. Ylianttila. Comparison of indoor geolocation methods in dsss and ofdm wireless lan systems. In *Vehicular Technology Conference, 2000. IEEE-VTS Fall VTC 2000. 52nd*, volume 6, pages 3015-3020 vol.6, 2000.
- [4] M. Bocquet, C. Loyez, and A. Benlarbi-Delai. Using enhanced-tdoa measurement for indoor positioning. *Microwave and Wireless Components Letters, IEEE*, 15(10):612{614, 2005.
- [5] K. Panta and J. Armstrong: «Indoor localisation using white LEDs», *Electronics Letters*, 2012, 48, pp. 228-230.