

COMMUNICATION DE PROXIMITE
Responsable du projet : Muriel Muller

Ambitions et objectifs du projet

Les analyses ont montré que beaucoup d'applications en communication de proximité exigent un matériel simple, à bas coût et à très faible consommation électrique. La plupart des systèmes de communications actuels sont conçus pour la transmission de données dans un contexte micro-informatique et ne répondent pas tout à fait à ces critères d'exigence. Par conséquent, les objectifs de recherche visent à réaliser des dispositifs de communications basés sur des structures nouvelles et innovantes dont font partie les systèmes basés sur les technologies à base de transmission Infra Rouge, par exemple ou la technologie Ultra Wide Bande (UWB).

Petit historique UWB :

Projets Incitatifs 2003-2004

(Plate-forme UWB & UWB-Domo)

Les activités de ce projet initiées à EPH ont été soutenues par la direction scientifique sous forme de deux projets de recherche sur crédit incitatif en 2003 (Plate forme UWB ; GET-INT & GET-ENST) et en 2004 (UWB-Domo, GET). Ces deux projets nous ont permis d'étudier les aspects des systèmes UWB à impulsion allant de la génération d'impulsion jusqu'au codage source et canal.

A travers ces deux projets et grâce à des réalisations matérielles, nous avons pu collecter des données réelles à la fois sur la réalisation matérielle et sur les traitements de signal associés. La modularité de ces plates-formes nous permettra de tester et valider des nouveaux concepts tout au long des activités au sein du projet communication de proximité.

Nouvelle approche TDSC pour TR-UWB (Telecom SudParis)

Malgré la simplicité matérielle démontrée d'un système UWB à impulsion, une simple détection d'énergie présente plusieurs limitations sérieuses. D'abord le fonctionnement quadratique d'un tel détecteur limite le niveau minimum du signal à détecter. Ensuite le post-filtrage passe-bas nécessaire réduit considérablement l'amplitude du signal à la sortie du détecteur, étale ce même signal sur l'axe des temps conduisant à une résolution temporelle beaucoup plus faible que les impulsions UWB initiales.

Pour remédier à ces deux problèmes qui limitent la portée et la capacité de discrimination d'un récepteur UWB à impulsion, des méthodes plus efficaces sont nécessaires. Une approche idéale devrait présenter les caractéristiques suivantes : haute sensibilité de détection, fort pouvoir de discrimination temporelle favorisant l'élimination des interférences, capacité de multiplexage et grande facilité de synchronisation entre l'émission et la réception.

Ces considérations nous ont conduites à visiter à nouveau le concept TR-UWB où une référence est transmise en même temps que l'information. Le codage TR-UWB et la méthode de détection associée répondent bien aux problématiques évoquées. Mais cette méthode de détection, basée sur une ligne à retard analogique, est difficile à réaliser en électronique moderne intégrée. La difficulté à la programmer en temps réel limite sérieusement son utilité dans un contexte multi-utilisateurs.

Nous avons proposé une approche très différente basée sur une conversion temps-espace à l'aide d'un échantillonneur analogique. Cet échantillonneur analogique capte un signal UWB sur une période très brève et le stocke sur une matrice de points mémoire analogique. Par cette conversion temps-espace, nous pouvons obtenir la forme d'onde du signal UWB reçu (l'image du signal UWB). En mettant en place deux échantillonneurs de ce type activé en temps différé, nous pouvons construire un détecteur de signal TR-UWB en comparant les deux "images" du signal UWB.

Cette méthode originale, appelée TDSC pour Time Delayed Sampling and Correlation (brevet NI Yang) , a pu être testée en configuration réelle dans notre laboratoire à l'aide des générateurs d'impulsion et des oscilloscopes numériques à mémoire. Cette validation a été faite pour une bande de fréquence abaissée due aux limitations en performance de nos instruments. Nos expérimentations ont clairement démontré l'efficacité remarquable de cette approche. Dans la suite nous allons décrire la réalisation de cette méthode en circuit intégré, dans le but d'arriver à un démonstrateur complet E/R pour la radio impulsionnelle.

Réalisation du système de transmission radio impulsionnelle bas moyen débit.

L'étude relative à ce projet porte sur deux axes complémentaires, en vue de la réalisation d'un système de transmission de signaux impulsionnels. Une partie concerne l'étude de la réalisation circuit du système, l'autre partie concerne l'étude d'un point de vue plutôt 'signal'.

Francisco Hirata, en thèse au département EPH, a réalisé le layout d'un premier prototype du module de réception en technologie CMOS 0,35 μ m de chez AMS, le schéma du layout est présenté figure 1. Ce circuit est basé sur le principe de transmission TDSC développé au département EPH. Le but de ce premier prototype est d'évaluer les performances du circuit basé sur le principe de détection TDSC, qui doit détecter un signal de largeur au moins égale à 500MHz si l'on veut se placer dans la définition du standard 802.15.4a. Même si la technologie utilisée ici ne nous permettra pas d'atteindre des performances très élevées en termes de fréquences, le prototype devrait nous permettre de valider tout le travail expérimental et théorique effectué lors de ce projet.

La deuxième partie est réalisée en collaboration avec le département CITI avec l'étudiant en thèse Charbel Saber, et consiste à étudier la partie propagation du signal en utilisant les modèles de canal préexistants et définis pour le standard 802.15.3a ou 4a. Ces travaux doivent nous donner deux indications : l'une sur les performances que devrait avoir le circuit optimal pour détecter le signal TDSC, l'autre partie à l'inverse, évalue les performances du système à partir des performances que nous autorise la réalisation circuit.

Grâce à ces différents travaux nous avons pu répondre à un appel à projet dans le cadre d'un projet nommé CARE4 de l'appel FP7.

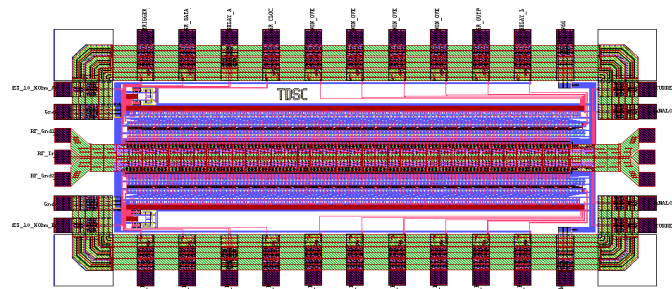


Fig 1 : Layout du circuit TDSC réalisé dans la technologie 0,35 μ m AMS

Premiers résultats expérimentaux.

Une première plate forme de démonstration a été conçue afin d'évaluer les performances du système. Nous avons réalisés les modules manquants comme l'émetteur, la ligne à retard, les antennes larges bandes.

Mr Francisco Hirata Flores a soutenu sa thèse en novembre 2008. Sa thèse s'intitule « Design and Implementation of a CMOS Prototype for a TDSC-UWB Receiver Based on TR Detection Scheme » Nous avons obtenus courant du mois d'Avril les chips du circuit TDSC réalisé en technologie CMOS 0,35 μ m AMS par l'intermédiaire du CMP de Grenoble. Ils nous ont livrés des puces montées dans un boîtier CQFP 44 broches (Fig 2 a), que nous avons implémentées sur un PCB, afin d'intégrer le microcontrôleur qui commande le circuit TDSC. Les premières mesures de fonctionnement et de test ont été réalisées afin de s'assurer du bon fonctionnement du composant.

La bande passante de la ligne de transmission est de l'ordre de 1,1GHz, ce qui est la limite que l'on peut espérer en utilisant cette technologie. Nous avons obtenu une fréquence d'échantillonnage de 7,4 GHz, ce qui est une très bonne performance compte tenu de la technologie utilisée.

La seconde étape a été de réaliser l'émetteur à base de diode SRD qui nous a permis de générer des impulsions de l'ordre de la nanoseconde. Le retard D généré numériquement, entre deux impulsions d'un doublet utilisé pour coder un bit de donnée, a été fixé en tenant compte des performances du microcontrôleur que nous utilisons. Le résultat de la détection des deux impulsions retardées de D l'une par rapport à l'autre, obtenue grâce au circuit TDSC, est visible sur la photo ci-

dessous (Fig 2 b). Le retard étant parfaitement identique à l'émission et à la réception les deux formes d'ondes d'impulsions sont détectées et sont parfaitement décalés dans le temps l'un par rapport à l'autre et tombe dans la fenêtre de détection ce qui permet de réaliser la corrélation entre les deux formes d'ondes analogiques. Cette mesure donne un résultat de corrélation très bon (93%), ce qui permet d'affirmer que nous avons reçu un bit de donnée UWB. La corrélation est faite en dehors du circuit sur ordinateur pour l'instant.

Ces travaux ont validés la nouvelle méthode de détection TDSC proposée pour des signaux ultra large bande (signal d'une durée inférieure à 2ns).

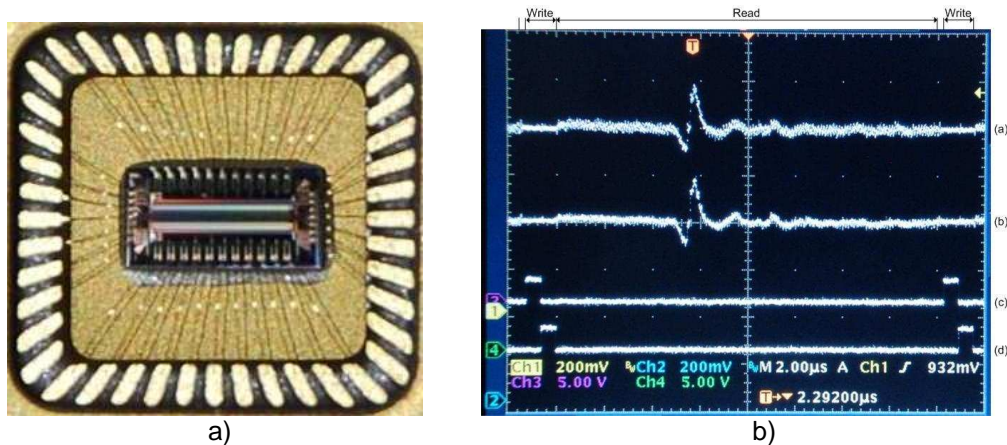


Fig 2 : a) Circuit TDSC monté dans un boîtier CQFP 44 broches. b) Premières captures d'un doublet d'impulsions (1ns de bande passante à l'émission) obtenues grâce au récepteur TDSC.

Poursuite des travaux sur ce sujet.

Nous voulons développer la plate forme modulaire de communication UWB basée sur le système de détection TDSC.

Nous pourrions utiliser la puce en technologie CMOS 0.35µm conçue à EPH.

Un premier volet d'étude devra permettre de mettre en place une stratégie de synchronisation des données afin de l'implémenter sur les cartes de notre système de communication pour éprouver la synchronisation de celui-ci qui est l'une des phases critique dans tous systèmes de communication mais qui est accrue pour un système de transmission d'impulsions.

La réalisation de cette phase est une étape supplémentaire pour valider l'efficacité de ce nouveau concept.

L'étude des couches supérieures va être abordée aussi de manière à établir les transmissions entre les différents composants du système et étudier les potentialités de celui-ci.

Nous étudierons aussi les potentialités de notre système pour des applications comme la localisation en intérieur, grâce au prototype E/R réalisé, et une étude poussée de la propagation de ces signaux en environnement intérieur sera réalisée..

Nous devons atteindre de bonnes performances de sensibilité du circuit afin de détecter des signaux de très faible niveau de puissance par rapport au niveau du bruit.

La consommation doit-être éprouvée pour viser des applications telles que les réseaux de capteurs.

Tout ceci implique des études d'architectures de circuit, de design, études théoriques d'optimisation du bruit dans les circuits, traitements électronique temps réel et/ou embarqué aux niveaux hardware (FPGA, etc.) ou software (VHDL, etc.).....

Publications

1. A new empirical I-V model for NMOS and PMOS transistors'; Hirata, F.I.; Muller, M.; Yang Ni; Gimenes, C.; Microelectronics, 2007. ICM 2007. International Conference on 29-31 Dec. 2007 Page(s):355 – 358 Hirata, F.I. Muller, M. Yang Ni Gimenes, C.
2. CMOS implementation for a low power tr-uwB receiver based on tdsc method: technology vs signal specifications"; Francisco I. Hirata-Flores, Muriel Muller, Yang Ni, Roger Lamberti, Charbel Saber, Claude Gimenes The 7th International conference Communicationss 2008, Bucharest, Romania, June 2008.
3. CMOS Implementation of a TR-UWB Receiver, Based on Time Delayed Sampling and Correlation Method, Francisco I. Hirata-Flores, Muriel Muller, Yang Ni, and Claude Gimenes European Wireless 2008, Prague, Czech Republic, 22-25 June 2008.
4. Fast synchronisation for the TDSC-UWB receiver in multiuser environment Charbel Saber, Roger Lamberti, Muriel Muller, Francisco I. Hirata-Flores, The 7th International conference Communicationss 2008, Bucharest, Romania, June 2008.
5. Optimal correlator Size for the TDSC-UWB detection method, Charbel Saber, Roger Lamberti, Muriel Muller, Yang Ni, Francisco I. Hirata-Flores, The International conference on Mobile technology, applications and Systems, Singapore, Sep 2007
6. Design and Implementation of a CMOS Prototype for a TDSC-UWB Receiver Based on TR Detection Scheme, Francisco Hirata, Thèse soutenue le 6 Novembre 2008, Telecom & Management SudParis.
7. An Impulse Radio UWB system for Sensor Networking Yang Ni; Muller, M.; Baldinger, J.-L.; Lebegue, A.; Control and Automation, 2005. ICCA '05. International Conference on Volume 1, 26-29 June 2005 Page(s):203 - 207
8. "A NEW SIGNAL DETECTION METHOD FOR TR-UWB By Time Delayed Sampling & Correlation (TDSC)", Muriel Muller; Yang Ni, Roger Lamberti, Charbel Saber, Winsys 2006, Setubal Portugal.
9. "Fully Cmos Low Power Low Complexity Detection Method For TR-UWB" M. Muller, Y. Ni, R. Lamberti, F. Hirata, C. Saber; FTFC 2007 Paris