



L'HOMME CONNECTÉ

Titre français : Conception de tags et capteurs RFID sans puce brodés sur textile
Title English: Design of chipless RFID tags and sensors embroidered on textile

Arnaud Vena*, Brice Sorli*, Smail Tedjini**, Etienne Perret**, Leena Ukkonen***

*Institut d'Electronique du Sud, arnaud.vena@univ-montp2.fr

**Laboratoire de Conception et d'Intégration des Systèmes, smail.tedjini@lcis.grenoble-inp.fr

***Tampere University of Technology, leena.ukkonen@tut.fi

Mots-clefs (en français et en anglais) : RFID, capteur, sans puce, textile – RFID, sensor, chipless, textile

Résumé

Depuis quelques années, des contributions scientifiques autour des technologies d'identification radiofréquence (RFID) [1] centrées sur l'être humain [2-4] sont de plus en plus visibles. Ces études sont motivées par leur potentiel de rupture notamment concernant les applications de réseaux de capteurs intégrés aux vêtements (WBAN : Wireless Body Area Network). Nous reportons dans cet article une méthode de fabrication à coût plus réduit et surtout pouvant être réalisée lors de la fabrication du vêtement. Il s'agit de venir broder la forme de l'antenne du tag RFID [3-4] avec du fil de nylon rendu conducteur par un dépôt d'argent en superficie.

Introduction

La technologie d'identification radiofréquence (RFID) se décline aujourd'hui dans des milliers d'applications. Parmi elles nous pouvons citer les applications de gestion des palettes dans les dépôts ainsi que l'identification des abonnés dans les réseaux de transports urbains. L'intégration de tags ou capteur RFID dans les vêtements peut se faire de plusieurs manières différentes. La méthode classique consiste à réaliser le tag avec les méthodes de fabrications de l'industrie électronique et de venir reporter ce tag à l'intérieur d'une poche cousue dans le vêtement.

Nous reportons dans cet article une méthode de fabrication à coût plus réduit et surtout pouvant être réalisée lors de la fabrication du vêtement. Il s'agit de venir broder la forme de l'antenne du tag RFID avec du fil de nylon rendu conducteur par un dépôt d'argent en superficie (voir Fig. 1 (a) et (b)). En effet, sans modifier les procédés de fabrication de l'industrie textile, un tag RFID sans puce peut être cousu directement sur les habits, donc pour un investissement et un coût de réalisation quasi nul. Nous allons le voir par la suite, ce type de tag peut servir d'identifiant pour le contrôle d'accès des personnes, le tri des habits ou bien pour lutter contre la contrefaçon.

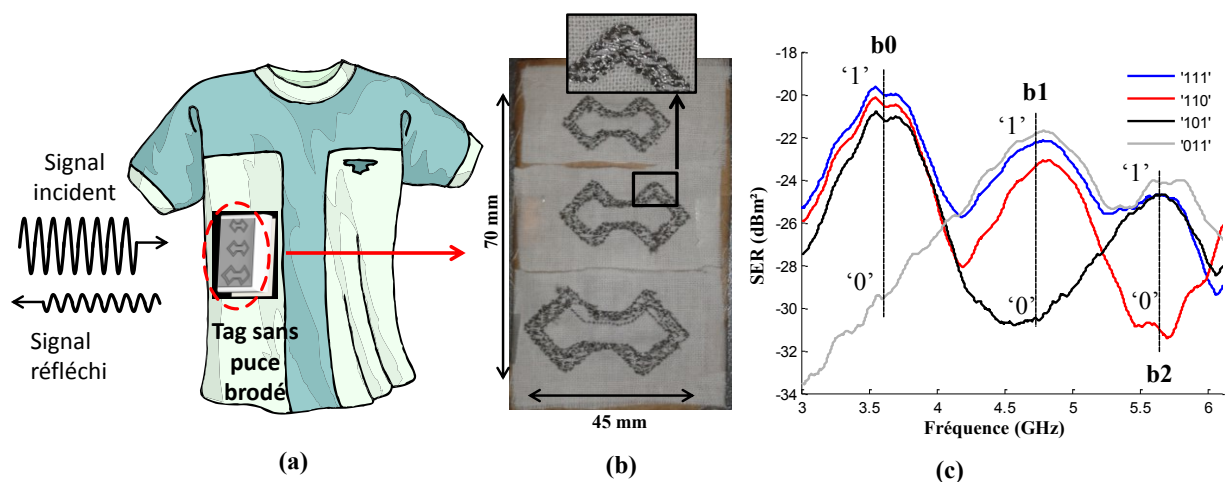


Figure 1. (a) Principe de détection d'un tag RFID sans puce intégré sur un vêtement. (b) Vue d'un tag sans puce à trois diffuseurs brodé sur coton (c) Réponses spectrales mesurées à 20 cm en espace libre pour plusieurs configurations : par exemple la courbe '111' représente le cas où les trois diffuseurs sont présents, tandis que la courbe '110' représente le cas où le diffuseur le plus petit est absent.

1. Technologie RFID sans puce

La technologie RFID sans puce [5-10] est étudiée depuis quelques années dans le but de diminuer le coût de réalisation des tags RFID avec puce ainsi que de permettre leur utilisation dans des environnements sévères ou la puce électronique peut être détériorée (rayonnement ou température élevée). En contrepartie, les fonctionnalités d'un tag RFID sans puce sont moindres, notamment on ne peut pas écrire de données à distance, seule la lecture d'un identifiant est possible. La quantité d'information stockée dans un tag RFID sans puce est de l'ordre de 50 bits max [7], ce qui est de loin inférieur à la capacité d'enregistrement des puces RFID. Enfin, le dernier inconvénient d'un tag sans puce vient du fait qu'il ait plus difficile d'extraire son information dans un environnement où les objets sont mobiles et présentent des signatures radar plus élevées que sa propre signature (les murs, les objets métalliques le corps humain). Malgré ces baisses de performances, il paraît tout à fait intéressant d'appliquer cette technologie pour instrumenter les vêtements, car elle nécessite un investissement et un coût de réalisation quasi nul.

D'un point de vue technique, le principe de fonctionnement d'un système RFID sans puce se rapproche d'un système de détection radar (voir Figure 1 (a)). Le tag étant une cible radar qui imprègne une signature spectrale qui lui est propre et dont la présence de mode résonants doit permettre de se ramener à un identifiant unique. Le mode de fonctionnement de ce radar peut se baser sur l'envoi d'une onde continue dont la fréquence évolue par pallier (radar FSCW pour Frequency Stepped Continuous Wave) dans la bande de fréquence susceptible d'abriter des modes résonants [5]. Le deuxième mode de fonctionnement possible se ramène à l'utilisation d'un signal impulsionnel [8-9] dont le spectre associé sera contenu dans la bande fréquentielle ULB (entre 3.1 et 10.6GHz). Ce deuxième mode présente l'avantage d'être compatible avec les puissances d'émission autorisées pour ces fréquences. La détection de modes résonants pour un lecteur FSCW est directe dans le sens où une détection de pic et de creux permettra d'identifier les fréquences de résonance et d'extraire un codage [10]. Dans le cas d'une approche temporelle, il faut d'en premier temps effectuer une conversion temps fréquence avec une transformée de fourrier et ensuite traiter la réponse spectrale comme dans le cas précédent. Dans les deux cas, un fenêtrage temporel permettra de minimiser l'impact des échos multiples sur la réponse spectrale.

Du fait de la faible surface équivalente radar (SER) des tags sans puce par rapport aux objets contenus dans son environnement proche (typiquement de -30 dBm^2 à -20 dBm^2), l'extraction de la réponse spectrale du tag nécessite au minimum deux mesures :

- Une première mesure de l'environnement sans le tag
- Une seconde mesure de l'environnement avec le tag

Une soustraction de ces deux mesures permet d'obtenir une réponse spectrale dont les modes résonants sont reconnaissables. Afin d'obtenir une mesure plus fine et pour s'affranchir des effets d'atténuation et de déphasage liés aux antennes, aux câbles, et au milieu de propagation, la mesure d'un objet de référence dont la SER est connue est nécessaire [9-10].

Puisqu'un tag sans puce peut être vue comme une cible radar statique conservant sa SER quelques soit l'instant de détection, un système RFID sans puce ne fait pas appel à un protocole de communication gérant les collisions entre les tags. La détection de plusieurs tags sans puce en même temps est donc difficilement réalisable à moins de s'assurer qu'ils soient suffisamment séparés dans l'espace pour éviter que leurs réponses électromagnétiques ne se superposent. L'utilisation d'antennes lecteurs à faible ouverture et à dépointage de faisceau autorise potentiellement la détection de plusieurs tags à la fois [11].

2. Etude d'un tag RFID sans puce brodé

La première étape de cette étude démontre qu'il est possible de réaliser un tag RFID sans puce brodé sur un textile classique (coton) à l'aide d'une machine à coudre automatisée (Husqvarna Viking). Ce tag présenté sur la Figure 1 (b) est composé de 3 diffuseurs qui résonnent à leur fréquence propre (entre 3 et 6 GHz) lorsqu'ils sont excités par une onde électromagnétique incidente. Comme nous pouvons le voir sur les Figures 1 (b) à (c), nous pouvons associer à la présence d'un diffuseur, un pic de résonance dans le spectre du signal réfléchi, détecté par l'antenne de réception du système radar. Dans cet exemple, nous associons un bit de codage à un pic de résonance pour un total de 3 bits. Si le pic est présent, le bit est à '1' et inversement, un bit à '0' est associé à une absence de pic résonant.

3. Etude d'un capteur de déformation sans puce cousu sur un textile élastique

En se servant des propriétés remarquables d'élasticité de certains textiles, des capteurs de déformation peuvent également être réalisés (voir Figure 2 (a)). L'actimétrie, ou encore la mesure de l'activité physique des personnes est une des applications qui peut trouver un intérêt à utiliser cette technologie. En fonction de l'étirement appliqué sur le textile, une variation de fréquence de résonance peut être détectée (voir Fig. 2 (b) et (c)). Cette déviation est bien corrélée à l'étirement appliqué sur le textile et peut donc servir à détecter, à distance le mouvement d'une partie du corps dans le cas d'une application WBAN. Nous pouvons également noter que dans le cas de cet exemple de réalisation particulier, une relation linéaire existe entre l'étirement et la fréquence de résonance du diffuseur (voir Fig. 2 (c)). Là encore la réalisation de ce capteur peut se faire sans changer les méthodes de réalisation classiques de l'industrie textile.

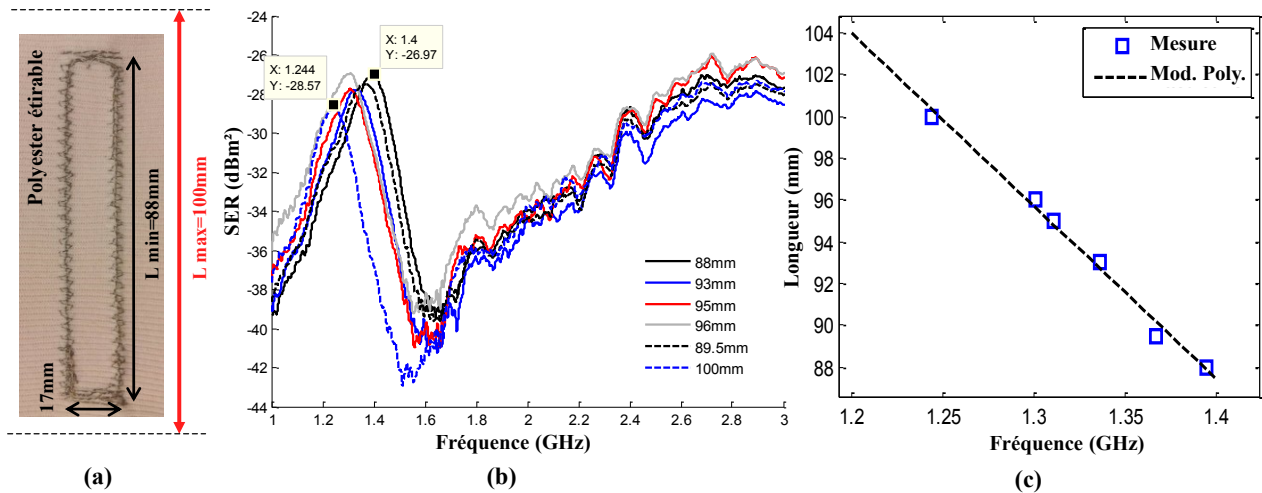


Figure 2. (a) Vue du capteur de déformation brodé sur polyester étirable. (b) Réponses spectrales mesurées à 20 cm en espace libre en fonction de l'élongation du diffuseur. (c) Relation entre l'élongation et la fréquence de résonance du diffuseur.

4. Conclusion

Nous avons montrés dans ce papier qu'il était possible de réaliser des tags et capteurs RFID sans puce à l'aide de procédés de fabrication issus de l'industrie textile. Malgré la conductivité moindre des fils de nylons rendu conducteur par l'ajout d'une couche d'argent en leur superficie, des mesures effectuées à l'aide d'un banc caractérisation par réflectométrie nous a permis de vérifier qu'il était possible de détecter une signature radar issue de diffuseurs brodés sur du coton. La réalisation d'un diffuseur sur un textile aux propriétés élastiques a également démontré qu'il était possible de détecter un étirement ou une déformation à distance, en supervisant sa fréquence de résonance. L'étape suivante est de travailler sur la robustesse de détection de ce type de technologie.

Références bibliographiques

- 1- K. Finkenzeller, "Rfid handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication" Wiley. 2010.
- 2- S. Manzari, S. Pettinari and G. Marrocco, "Miniaturized and Tunable Wearable RFID Tag for Body-Centric Applications," IEEE International Conference on RFID Technologies and Applications, pp. 239-244, 5-7 Nov. 2012, Nice, France.
- 3- Y. Kim, K. Lee, Y. Kim and Y. Chung, "Wearable UHF RFID Tag Antenna Design Using Flexible Electro-Thread and Textile," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, pp. 5487-5490, June 2007.
- 4- E. Koski, K. Koski, T. Bjorninen, A. A. Babar, L. Sydanheimo, L. Ukkonen, and Y. Rahmat-Samii, "Fabrication of embroidered UHF RFID tags," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), 8-14 July 2012.
- 5- S. Preradovic, N. C. Karmakar, "Multiresonator based chipless RFID tag and dedicated RFID reader," IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, Anaheim, CA, May 2010, pp. 1520-1523.
- 6- C. Mandel, B. Kubina, M. Schüßler, and R. Jakoby, "Group-Delay Modulation with Metamaterial-Inspired Coding Particles for Passive Chipless RFID," IEEE International Conference on RFID Technologies and Applications, pp. 203-207, 5-7 Nov. 2012, Nice, France.
- 7- A. Vena, E. Perret, S. Tedjini, "High Capacity Chipless RFID Tag Insensitive to the Polarization," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 60, Issue 10, pp. 4509-4515, Oct. 2012.
- 8- A. Vena, T. Singh, E. Perret, S. Tedjini, "Metallic Letter Identification Based on Radar Approach" URSI GASS, Istanbul, Turkey, August 2011.
- 9- A. Vena, E. Perret, S. Tedjini, "A Depolarizing Chipless RFID Tag for Robust Detection and its FCC Compliant UWB Reading System," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, pp. 1-13, 2013.
- 10- A. Vena, E. Perret, S. Tedjini, "Chipless RFID Tag Using Hybrid Coding Technique," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 59, No 12, pp. 3356-3364, December 2011.
- 11- C. Hartmann, P. Hartmann, P. Brown, J. Bellamy, L. Claiborne, W. Bonner, "Anti-collision methods for global SAW RFID tag systems," IEEE Ultrasonics Symposium, 2004