



RADIOSCIENCES AU SERVICE DE L'HUMANITE

La RFID une Technologie Clé au Service de l'Humanité *RFID a Key Technology for Humanity*

Yvan DUROC¹, Smail TEDJINI²,

¹AMPERE, Université Lyon 1, France, yvan.duroc@univ-lyon1.fr

²LCIS, Université Grenoble Alpes, smail.tedjini@grenoble-inp.fr

Mots clés (en français et en anglais) : RFID, Tags Augmentés. RFID, Augmented tags.

En 1945, l'URSS (Union des Républiques Socialistes Soviétiques) offrait en cadeau à l'ambassadeur des Etats-Unis un magnifique cadre où était dissimilé un microphone espion connu sous le nom de « The Thing » conçu par L. Theremin. Ce dispositif qui ne fut découvert que des années plus tard exploitait la rétro-modulation pour espionner les conversations de l'ambassade. Le premier tag était né ! Le concept de communication radio par ondes réfléchies fut présenté et détaillé pour la première fois en 1948 par H. Stockman [1]. Dans les années 60, le système antivol EAS (Electronic Article Surveillance) devient la première application grand public basé sur ce principe. L'identification par radiofréquence dite technologie RFID (Radio Frequency Identification) était née !

Plus de soixante-dix ans après la découverte de son principe, la RFID est aujourd'hui une technologie sans fil bien connue pour ses applications en traçabilité, logistique et contrôle d'accès, et elle est devenue omniprésente dans l'industrie et notre vie de tous les jours (tickets de transport, systèmes de paiement, passeports, clés de voiture, etc.). Technologie standardisée, ses avantages inhérents (identification unitaire et télé-alimentation) et le coût modeste des tags lui procurent des avantages pratiques déterminants qui impulsent de nouvelles évolutions aussi bien qu'applicatives que conceptuelles [2]. Ainsi la RFID est devenue, devient et deviendra une technologie de plus en plus incontournable avec de nombreuses applications au service de l'humanité. Cette tendance est largement démontrée que ce soient par les projections économiques en termes de croissance et de marchés, son succès déjà actuel dans les secteurs de la santé (« Intelligent Hospital ») et de l'assistance aux personnes, ses aptitudes dédiée aux applications d'anti-contrefaçons ou encore ses promesses pour les paradigmes naissant d'intelligence ambiante distribuée et d'Internet des Objets. Enfin il est intéressant de souligner qu'aujourd'hui plusieurs milliers d'applications RFID sont présentes dans une centaine de pays à travers le monde, et que nombre d'entre elles sont dédiées à la société et à l'humanité.

Cette communication est organisée en trois volets. Le premier volet rappelle brièvement les fondamentaux conceptuels de la technologie RFID et leur lien intime avec les radio-sciences. Le deuxième volet illustre l'impact de la RFID au service de l'humanité avec plus particulièrement un focus d'applications autour de l'autonomie et du handicap. Le troisième volet dresse un panorama des perspectives et tendances futures, annonceurs de l'évolution grandissante des applications visées par la RFID et de la place qu'elle prendra au service de la société et de l'humanité.

1. Principes fondamentaux de la RFID

La RFID est une technologie sans contact dont la fonction principale initiale (comme son nom l'indique) est l'identification d'objets, d'animaux et de personnes associés à un transpondeur (appelé tag) qui peut être porté, collé, attaché, implanté, etc. La communication s'effectue donc entre un lecteur dédié et le tag, et l'information recueillie par le lecteur est généralement à destination finale d'une base de données distante. Par exemple l'identifiant d'un objet, appelé « Electronic Product Code » (EPC), est composé de 96 bits (précisant nom de l'entreprise, type / classe de l'objet, et numéro de série) engendrant donc des transferts de données relativement faibles entre tag et lecteur.

Le concept original de la RFID est basé sur le principe de rétro-modulation : un émetteur (le lecteur en mode émission) rayonne une onde électromagnétique de fréquence donnée et d'amplitude constante, onde qui simultanément fournit la source d'énergie à la cible (le tag) et qui est rétro-modulée pour retourner l'identifiant de la cible ; le récepteur (lecteur en mode réception) démodule le message d'information transmis et le transmet à la base de données.

De nombreuses variantes et différentes normes (table I) existent dépendant notamment du lieu géographique (les fréquences autorisées, par exemple en UHF, ne sont pas les mêmes que l'on soit en Europe, en Asie ou aux Etats-Unis, et les possibilités associées non plus !), des fréquences mises en jeu (déterminant notamment les distances de lecture possibles), ou encore de l'autonomie du tag (totalement ou partiellement passif, voire actif). Ainsi selon l'application, il existe une multitude de tags de formes et de tailles différentes. Toutefois leur dénominateur commun est constitué par les trois composantes principales des tags : le substrat (le support matériel) et l'antenne dont les choix dépendent aussi en grande partie de l'environnement applicatif visé (en termes à la fois d'ergonomie et de performances), et une puce dédiée (intégrant intelligence, fonctions de traitement et mémoire). Les développements technologiques dans le domaine RFID, notamment celui des puces RFID sont très rapides et permettent aujourd'hui de trouver des puces qui ont des puissances d'activation de quelques μW et intègrent des capteurs, ce qui ouvre le champ d'investigation pour des applications de plus en plus sophistiquées relevant du paradigme de l'Internet des Objets (IoT). La RFID est aujourd'hui considérée comme une des technologies capables d'implémenter les derniers mètres de l'IoT.

TABLE I. APERÇU DES CARACTERISTIQUES DES STANDARDS RFID

	Gamme de fréquences	Distance de lecture	Type de couplage	Standards existants	Applications au service de l'humanité
LF	125 kHz 134 kHz	~0.1 m	Champ proche Magnétique	11784/85, 14223, 18000-2	Carte à puce, billetterie, accès, marquage des animaux, blanchisserie, ...
HF	13.56 MHz	~1 m	Champ proche Magnétique	18000-3.1, 15693, 14443A, B, C	Gestion des articles, chaîne d'approvisionnement, antivol, ...
UHF	900 MHz 902-928 MHz US 868-871 MHz Europe 950-956 MHz Asie	~2-20 m	Champ lointain Electromagnétique	EPC C0, C1, C1G2, 18000-6	Identifiant de véhicules, accès, sécurité, chaîne d'approvisionnement, ...
Micro - ondes	2.4 GHz	~10 m	Champ lointain Electromagnétique	18000-4	Identifiant de véhicules, péage, accès, sécurité, ...

2. La RFID au service de l'humanité

Les exemples d'applications sont nombreux et il serait illusoire de vouloir en faire une liste exhaustive. Chaque jour, des millions de personnes utilisent des systèmes RFID sans même souvent le savoir : tickets de transport en commun, badges pour péages autoroutiers ou pour accéder à son lieu de travail, passeports, clés électronique de voiture, suivis de marchandises, etc. : la RFID est omniprésente et de plus en plus « invisible ». La RFID est aujourd'hui devenue quasi-incontournable pour les applications liées au contrôle d'accès et à la logistique, pour lesquelles elle est utilisée pour sa fonctionnalité principale : l'identification.

Mais la RFID est aussi utilisée pour des applications moins courantes et permet d'offrir des services spécifiques. Elle est notamment déployée pour offrir des solutions d'aide, de suivi et de surveillance de personnes à risque (comme les personnes âgées ou les enfants) et/ou souffrant d'un handicap.

Dans ce contexte, l'une des applications significatives vise à améliorer la mobilité des personnes souffrant de déficience visuelle. Le système Sesamonet, développé en 2006, a été décliné sous diverses formes et plusieurs systèmes semblables ont été développés [3]-[7]. Le principe de ces systèmes repose sur le positionnement de tags dans le sol qui peuvent être interrogés par une canne blanche électronique (où le lecteur est inclus) ; les tags renvoient leur identifiant et donc de façon implicite leur position, qui est transmise par voie sonore à la personne. Ces systèmes peuvent être installés à l'intérieur de bâtiments ou à l'extérieur et permettent aussi d'interagir avec l'environnement : détecter un passage pour piétons, interroger un portail public, etc. Parmi les différents standards, ce sont les RFID LF ou HF qui ont été retenues car d'une part plus maîtrisées (déployées dans de nombreuses autres situations) et d'autre part présentant plus de précision et de sécurité grâce à leur portée de lecture et leur plus faible sensibilité à l'environnement (transmission RF possible même en présence de métal, de

tissus ou d'eau). Des alternatives proposent de remplacer la canne blanche « lecteur » en incluant cette fonction dans le harnais du chien-guide ou dans une sorte de bande placée autour de la cheville. Enfin si des approches basées sur d'autres techniques ont été étudiées (comme l'usage de détecteurs d'obstacles par ultra-sons ou de localisation par Wi-Fi ou réseau ZigBee), l'usage de balises RFID passives est assez peu contestée et ce sont davantage des solutions mixtes couplant d'autres technologies à la RFID qui semblent les plus prometteuses.

Toujours dans le domaine du suivi, de l'assistance et de l'autonomie des personnes souffrant de handicaps et/ou âgées, une variété d'applications exploitant l'identification par RFID sont recensées dans la table II.

TABLE II. EXEMPLES D'APPLICATIONS DE LA RFID AU SERVICE DE LA SANTE ET DU HANDICAP

Applications et contexte	Usage de la RFID	Type de RFID	Couplage à d'autres technologies d'information et/ou de communication	Réf.
Surveillance de la température des élèves handicapés scolarisés à Taïwan	Identification des personnes	HF	Application Web dédiée	[8]
Surveillance de l'état de santé et de l'activité motrice d'utilisateurs de fauteuils roulants	Identification des fauteuils	LF	Réseaux de capteurs intelligents (standard IEEE 1451.4) + Transfert de données (standard IEEE 802.15.4)	[9]
Connectivité entre patient et son environnement	Identification des objets et des personnes	NFC	Technologie 6LoWPAN Architecture type IoT	[10]
Médication à domicile	Identification (et localisation) des médicaments	NFC	Lecteur PDA	[11] - [13]
Système automatique de guidage et de paiement pour le shopping	Identification des objets	LF	Zigbee	[14]
Assistance vocale dans les bibliothèques, médiathèques, librairies	Identification du livre ou du CD	LF	Transmission sans fil à 433 kHz	[15]
Solution contre le dysfonctionnement de l'intégration sensorielle chez les jeunes enfants	Identification des personnes	LF	Réseaux de capteurs, bases de données, réalité virtuelle	[16]
U-learning et E-learning	Identification des objets et des personnes	LF	Bluetooth, Wi-Fi	[17]
Jeux sérieux thérapeutiques dans les troubles du langage	Identification des objets et des personnes	LF	Capteurs physiologiques Wifi, Bluetooth, Tablette PC	[18]

Comme le démontre ces différents exemples, la RFID (notamment LF et HF) est largement déployée dans nombres d'applications liées à l'autonomie et au handicap. Dans la majorité des cas le système d'identification est alors couplé à d'autres technologies d'information, de capture ou/et de communication. La RFID intègre ainsi de plus en plus les espaces intelligents avec des produits domestiques taggués et reconnaissables via synthèse vocale et où la domotique devient omniprésente. Ces nouveaux services présentent de plus en plus des avantages très significatifs pour les personnes handicapées ou les personnes, mais aussi de plus en plus à tout le monde [19], [20].

3. Nouvelles perspectives et tendances pour les applications futures de la RFID

Le potentiel de la technologie RFID ne s'arrête toutefois pas à l'identification, et ses propriétés impulsent de nouvelles évolutions aussi bien applicatives que conceptuelles dans les domaines des réseaux de capteurs, de l'IoT, et de l'intelligence ambiante distribuée **Erreur ! Source du renvoi introuvable., Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Si la grande majorité des applications citées exploitent la technologie RFID dans ses gammes de fréquences d'origine, c'est-à-dire en LF ou en HF, c'est certainement dans la gamme de fréquences UHF que sont attendues

les prochaines avancées les plus significatives en termes de nouvelles fonctionnalités. En effet, outre ses avantages en regard des standards LF et HF en termes de dimensions des tags, distances de lecture, débits de données et protocoles de gestion des collisions, la RFID UHF présente aussi un potentiel très important notamment dans les domaines de la localisation [21]-[23] et de la capture d'informations [24]-[26] : concernant la localisation, l'exploitation notamment de la phase laisse prévoir des précisions de l'ordre de quelques centimètres ; et concernant les capteurs, de nombreux tags-capteurs existent déjà pour la mesure de grandeurs telles que température, pression, humidité, déformation, gaz, déplacement, etc. Pour ces derniers, deux approches sont développées : tags couplés à des capteurs ou tags intégrant des fonctions internes de transduction. Outre l'information d'identification inhérente qui représente un plus par rapport aux capteurs classiques, les tags-capteurs agissent comme des points d'entrée-sortie d'une infrastructure de capture de données (qui peuvent être hétérogènes) dont l'agrégation laisse envisager de nombreuses perspectives applicatives ; et en UHF passif, ceci avec une maîtrise de la consommation énergétique et une faible empreinte au niveau hardware. D'autres évolutions en UHF sont aussi à l'étude comme par exemple les applications champ proche champ lointain [27] permettant d'adjoindre les avantages des deux situations, l'exploitation des harmoniques générées par les non-linéarités des puces [28], [29] ou encore les communications tag-to-tag [30]-[32] qui ouvrent de très nombreuses perspectives et aboutiront vers de nouvelles idées d'applications.

De nouveaux standards RFID vont peut-être également émerger et les applications associées en conséquence. De nombreux travaux concernent la RFID dite « chipless » qui consiste à éliminer la puce : l'identifiant est alors contenu dans la signature électromagnétique de la structure rayonnante du tag elle-même [33]. Cette approche présente l'inconvénient de nécessiter des lecteurs plus complexes que les lecteurs traditionnels mais elle a pour avantage d'être totalement passive et comme la RFID UHF elle offre aussi de nombreuses perspectives en termes de tag-capteurs. La montée en fréquence vers le domaine des ondes millimétriques (MMID, MilliMeterwave Identification) est aussi envisagée toujours avec le potentiel aussi de disposer de tag-capteurs [1]. Plusieurs avancées technologiques récentes laissent aussi envisager de nouvelles perspectives : tags extrêmement fins et flexibles combinés avec des capteurs imprimés, des batteries imprimées, des cellules photovoltaïque ; tags en technologie d'impression 3D ; mémoires plus importantes intégrées dans les tags avec ainsi plus de capacités de traitements ; tags-actionneurs ; etc.

4. Conclusion

Ainsi si la technologie RFID est aujourd'hui une technologie maîtrisée et déjà présente dans beaucoup d'applications de notre vie de tous les jours, elle continue à se développer et à se renouveler, et fait toujours partie des technologies clés car elle permet la mise en œuvre effective d'applications très sophistiquées comme le paradigme de l'IoT et de ses nombreuses exploitations notamment au service de l'humanité. Un dernier point d'importance concerne l'apport de la RFID au concept de technologies vertes et recyclables. En effet, même si la très grande majorité des composants RFID ne sont pas réellement ni « verts » ni éco-compatibles, plusieurs travaux ont démontrés la réalisation de tags sur des supports non conventionnels comme les tissus, papiers, bois, arbres, plantes, etc. De plus la RFID, par ses caractéristiques fonctionnelles, présente une contribution positive en termes de gestion du recyclage des déchets, de réduction des niveaux de puissances RF émises et de la pollution électromagnétique [35].

Références bibliographiques

- [1] H. Stockman "Communications by Means of Reflected Power", Proc. IRE pp. 1196-1204, 1948.
- [2] S. Tedjini, G. Andia Vera, Z. Marcos, R.C.S Freire, Y. Duroc "Augmented RFID tags," in Proc. IEEE Radio and Wireless Week, Austin, TX, USA, January 23-27, 2016.
- [3] S.D. Nguyen, T.T. Pham, E. Fribourg Blanc, N. Nguyen Le, C.M. Dang, S. Tedjini, "Approach for quality detection of food by RFID-based wireless sensor tag," Electronics Letters, vol. 49, no. 25, pp. 1588-1589, December 2013.
- [4] L. Faggion, G. Azzalin, "Low-frequency RFID based mobility network for blind people," International Conference on RFID Technologies and Applications, September 2011.

- [5] S. Chumkamon, P. Tuvaphanthaphiphat, P. Keeratiwintakorn, "A blind navigation system using RFID for indoor environments," International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, May 2008.
- [6] S. Willis, S. Helal, "RFID information grid for blind navigation and wayfinding," International Symposium on Wearable Computers, October 2005.
- [7] B. Ding, H. Yuan, L. Jiang, X. Zang, "The research on blind navigation system based on RFID," International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, September 2007.
- [8] Y.P. Lin, P.H. Cheng, "Mobile nursing cart service with radio frequency identification technology for use in measuring disabled body temperature," IEEE Region 10 Conference TENCON, November 2011.
- [9] O. Postolache, J. Freire, P.S. Girao, J.M. Dias Pereira, "Smart sensor architecture for vital signs and motor activity monitoring of wheelchair users," International Conference on Sensing Technology, December 2012.
- [10] A.J. Jara, M.A. Zamora, A.F.G. Skarmeta, "An architecture based on internet of things to support mobility and security in medical environments," IEEE Consumer Communications & Networking Conference, January 2010.
- [11] M. Ervasti, M. Isomursu, I.I. Leibar, "Touch- and Audio-based medication management service concept for vision impaired older people," IEEE International Conference on RFID-Technologies and Applications, September 2011.
- [12] C. Lee, J. Orszulak, R. Myrick, J.F. Coughlin, O.L de Weck, D. Asai, "Integration of medication monitoring and communication technologies in designing a usability enhanced home solution for older adults," International Conference on ICT Convergence, September 2011.
- [13] A. Dionisi, E. Sardini, M. Serpelloni, "Wearable object detection system for the blind," IEEE International Conference on Instrumentation and Measurement, May 2012.
- [14] M. Mathankumar, N. Sugandhi, "A low cost smart shopping facilitator for visually impaired," International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, August 2013.
- [15] S. Mulla, J. Rayeen, R. Muluk, N. Gani Bhat, "Library automation system for visually handicapped person," International Journal of Inventive Engineering and Sciences, vol. 1, no. 4, March 2013.
- [16] S. Liu, J. Yu, Y. Ma, Q. Dang, Y. Cen, H. Wang, D. Wu, "A novel WSN based intelligent training system for children's sensory integration," IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, November-December 2008.
- [17] O. Boyinbode, A. Bagula, "An adaptive and personalized ubiquitous learning middleware support for handicapped learners," International Conference on Information Technology: New Generations, April 2010.
- [18] R. N. Madeira, N. Correia, A.C. Dias, M. Guerra, O. Postolache, G. Postolache, "Designing personalized therapeutic serious games for a pervasive assistive environment," International Conference on Serious Games and Applications for Health, November 2011.
- [19] A.K. Gnanasekar, P. Jayavelu, V. Nagarajan, "Speech recognition based wireless automation of home loads with fault identification for physically challenged," International Conference on Communications and Signal Processing, Avril 2012.
- [20] U. Naeem, J. Bigham, "Recognising activities of daily life through the usage of everyday objects around the home," International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, April 2009.
- [21] C. Hekimian-Williams, B. Grant, X. liu, Z. Zhang, P. Kumar, "Accurate localization of RFID tags using phase difference," International Conference on RFID, April 14-16, 2010.
- [22] D. Fortin-Simard, K. Bouchard, S. Gaboury, B. Bouchard, A. Bouzouane, "Accurate passive RFID localization system for smart homes," International Conference on Networked Embedded Systems for Every Application, December 2012.
- [23] Y. Duroc, G. Andia Vera, J.P. Garcia Martin, "Modified RSSI Technique for the Localization of Passive UHF RFID Tags in LOS Channels," International Journal of Microwave and Wireless Technologies, Vol. 5, No. 5, pp. 645-691, 2013.

- [24] C. Occhiuzzi, G. Marrocco, "Constrained-design of passive RFID sensor antennas," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 6, pp. 2972-2980, June 2013.
- [25] L. Catarinucci, R. Colella, L. Tarricone, "Enhanced UHF RFID sensor-tag," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 23, no. 1, pp. 49-51, January 2013.
- [26] J. Grosinger, W. Bosch, "A passive RFID sensor tag antenna transducer," in *Proc. European Conference on Antennas and Propagation, The Hague, The Netherlands*, pp. 3638-3639, April 6-11, 2014.
- [27] A. Coelho de Souza, Y. Duroc, T.P. Vuong, A. Luce, J. Perderau, "A Near-Field and Far-Field Antenna for UHF RFID Applications," *IEEE Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications, Italia*, September 9-13, 2013.
- [28] G. Andia Vera, Y. Duroc, S. Tedjini, "Third harmonic exploitation in passive UHF RFID," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 63, no. 9, 2991-3004, September 2015.
- [29] D. Allane, G. Andia Vera, Y. Duroc, R. Touhami, S. Tedjini, "Harmonic power harvesting system for passive RFID sensor tags," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 64, no. 7, pp. 2347-2356, July 2016.
- [30] P.V. Nikitin, S. Ramamurthy, R. Martinez, K.V.S. Rao, "Passive tag-to-tag communication," *IEEE International Conference on RFID, US*, April 3-5, 2012.
- [31] G. Marrocco, S. Caizzone, "Electromagnetic Models for passive tag-to-tag communications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 11, November 2012.
- [32] L. Zhou, F. Hutu, G. Villemaud, Y. Duroc, "Simulation framework for performance evaluation of passive RFID tag-to-tag communication," *European Conference on Antennas and Propagation, France*, April 19-24, 2017.
- [33] S. Tedjini, N. Karmakar, E. Perret, A. Vena, R. Koswatta, R. E-Azim "Hold the Chips: chipless technology, an alternative technique for RFID," *IEEE Microwave Magazine*, pp. 56-65, July 2013.
- [34] D. Hotte, R. Siragusa, Y. Duroc, S. Tedjini, "A pressure sensor based on slotted waveguide antenna array for passive MMID sensor networks," *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 14, pp. 5583-5587, May 2016.
- [35] Y. Duroc, D. Kaddour, "RFID potential impacts and future evolution for green projects," *Energy Procedia Journal published by Elsevier/Science Direct*, vol. 18, pp. 91-98, June 2012.