



HAL
open science

Protocoles d'anticollision de lecteurs RFID pour des déploiements denses et mobiles

Abdoul Aziz Mbacké, Nathalie Mitton, Hervé Rivano

► **To cite this version:**

Abdoul Aziz Mbacké, Nathalie Mitton, Hervé Rivano. Protocoles d'anticollision de lecteurs RFID pour des déploiements denses et mobiles. CoRes 2017- 2ème Rencontres Francophones sur la Conception de Protocoles, l'Évaluation de Performance et l'Expérimentation des Réseaux de Communication, May 2017, Quiberon, France. hal-01515418

HAL Id: hal-01515418

<https://inria.hal.science/hal-01515418>

Submitted on 27 Apr 2017

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.

Protocoles d'anticollision de lecteurs RFID pour des déploiements denses et mobiles[†]

Abdoul Aziz MBACKE¹ et Nathalie MITTON¹ et Hervé RIVANO²

¹*Inria, France, prénom.nom@inria.fr*

²*Université de Lyon, Inria, INSA Lyon, CITI, France, herve.rivano@inria.fr*

Le développement de la technologie RFID a permis son adoption importante et conduit à un déploiement croissant de solutions RFID dans divers environnements sous divers scénarios et contraintes. La nature de ces contraintes va de la quantité à la mobilité des lecteurs déployés ce qui affecte la qualité du système RFID en provoquant des collisions de lecture. Bien que plusieurs solutions aient été proposées pour aborder la question de la collision de la lecture, peu d'entre elles se sont préoccupées de la densification et/ou de la mobilité des lecteurs. Cet article propose deux approches TDMA distribuées conçues pour réduire ces collisions par une coordination locale entre des dispositifs voisins pour différents scénarios testés ici. La première proposition est basée sur une phase de réservation organisée entre lecteurs avec différents niveaux de priorité donnés aux lecteurs en fonction de leur succès antérieur. La seconde tire profit du cas particulier des collisions RFID permettant une décision locale et mutuelle de chaque lecteur d'accéder ou non aux tags dans son voisinage. Des simulations ont été effectuées sur différents environnements contraignants en termes de densité et de mobilité des tags/lecteurs. Elles ont montré que nos propositions obtiennent les meilleures performances en termes de débit, de collisions et de délai de couverture par rapport à d'autres systèmes de réduction de collision.

Mots-clefs : RFID; anticollision de lecteurs; couche MAC; allocation de ressources; systèmes distribués

1 Introduction

La RFID pour Identification par Radio-Fréquence est une technologie qui permet l'identification sans visibilité directe d'un dispositif appelé "tag" par un autre, le "lecteur". Le tag, suite à la réception d'un signal radio émis par le lecteur, est alimenté par ce même signal et répond à la requête. Cette technique est appelée la rétro-modulation. L'utilisation de cette technique a permis le déploiement de solutions RFID dans plusieurs domaines d'applications tels que la logistique, la sécurité, les transports, etc. Ainsi, on peut retrouver aujourd'hui des entrepôts avec des tags rattachés à chaque produit stocké afin de suivre les entrées/sorties, la durée de vie, le statut vis-à-vis de la ligne de distribution. Pour assurer la pérennité d'un tel système, il est nécessaire d'installer un grand nombre de lecteurs : certains lecteurs fixes déployés aux différents accès et sur les tapis roulants, mais également des lecteurs mobiles qui seraient confiés aux ouvriers ou directement montés sur les chariots élévateurs qui circulent au sein de l'entrepôt. Un autre exemple pourrait être une ville intelligente avec des tags rattachés aux infrastructures urbaines afin de surveiller leur état (température, humidité, fissures, etc) grâce à des lecteurs qui seraient fixés aux différents coins de rue et montés sur les transports en commun. Cependant, de tels déploiements souffrent d'un problème inhérent à toutes les technologies radios que sont les collisions. Ces dernières réduisent grandement la qualité des déploiements RFID car elles entraînent des erreurs de lecture qui peuvent être coûteuses en délai et énergie. Ces collisions sont principalement observées à deux niveaux :

- Collisions de tags : ces dernières se produisent lorsque plusieurs tags tentent de répondre simultanément à la requête d'un lecteur. On peut en voir un exemple dans la figure 1a, les tags T1, T2 et T3 interrogés par le lecteur R1 vont répondre en même temps, leurs réponses vont donc entrer en collision et le lecteur ne pourra donc en décoder les informations. Ce problème a fait l'objet de plusieurs publications qui ont proposé diverses solutions [KCR10];

[†]Ce travail a été partiellement soutenu par une subvention de CPER/FEDER DATA et de l'IPL CityLab@Inria.

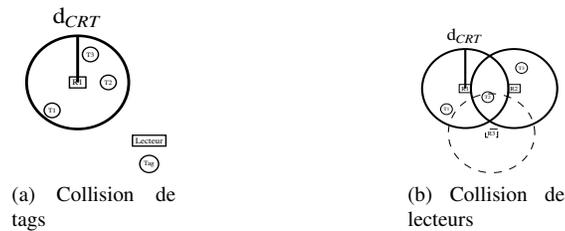


FIGURE 1: Collisions RFID

- Collisions de lecteurs : elles ont lieu lorsque deux, ou plusieurs lecteurs, tentent de lire en même temps le ou les même(s) tag(s). Les tags n'arrivant à dissocier les différentes requêtes sont donc brouillés et ne répondent pas. Dans le cas de la figure 1b, les tags T1 et T3 pourront être correctement lus respectivement par les lecteurs R1 et R2, tandis que le tag T2 se trouvant dans la zone d'interférence des deux lecteurs ne sera pas détecté. Dans la suite de cet article, nous nous intéresserons à ce type de collisions. Ainsi, dans l'exemple de l'entrepôt relaté plus haut, ces erreurs de lecture peuvent se traduire par des livraisons non effectuées ou des produits perdus, ou dans le cas de la ville intelligente, par un pont ou un tunnel défectueux non détecté. On comprend donc l'intérêt de mettre en œuvre des solutions d'anticollision de lecteurs afin d'éviter ces inconvénients et améliorer la qualité des systèmes RFID installés.

Nous proposons ici deux solutions, mDEFAR et CORA, pour améliorer la qualité et le rendement des solutions RFID. La première solution est basée sur une proposition précédente [MMR16] pour la rendre plus compétente dans les environnements denses et mobiles. La deuxième solution est axée sur la particularité des collisions RFID afin de maximiser le débit de lecture et le délai de couverture. Nos solutions sont testées sur différents scénarios en les comparant à la solution la plus performante de l'état de l'art [BDFG⁺13] ainsi qu'à la solution précédemment proposée.

2 mDEFAR & CORA

2.1 mobile-Distributed Efficient & Fair Anticollision for RFID protocol

Cet algorithme est une amélioration d'un protocole TDMA précédent [MMR16] afin de le rendre plus adapté aux déploiements denses et mobiles. En effet, le précédent était un algorithme multicanal qui nécessitait une distance de contention assez étendue due aux interférences sur canaux adjacents. En passant à une version monocanal, nous avons pu réduire ces interférences et ainsi améliorer la mise à l'échelle de notre proposition. Également, afin d'offrir une meilleure équité d'accès au médium nous avons défini 3 niveaux de priorité. Ces derniers sont attribués en fonction du succès/échec des lecteurs lors de l'accès au canal. Les lectures sont organisées en trames composées de n slots, ces mêmes slots sont ensuite répartis en T_{beacon} pour la synchronisation entre lecteurs et T_{CRT} pour la communication entre les lecteurs et les tags. On obtient donc $T_{trame} = n \times (T_{beacon} + T_{CRT})$. Durant T_{beacon} , les lecteurs échangent des beacons afin de découvrir leurs voisins et s'assurer qu'ils pourront lire. Pour ce faire, les lecteurs s'envoient leurs niveaux de priorité et leurs ID. Sur la base de ces informations ils décideront donc de s'activer et lire ou attendre la trame suivante. Durant T_{CRT} , les lecteurs ayant remporté la contention durant la phase d'échange de beacons vont accéder aux tags situés dans leur voisinage.

A l'initialisation, les lecteurs sont donc tous dans un état *Neutral* et choisissent aléatoirement un slot parmi les n dans la trame. Une fois leur slot arrivé, ils s'échangent leurs ID dans leur voisinage de manière distribuée. A la réception d'un beacon, un lecteur compare son ID avec ceux reçus et si aucun beacon reçu ne contenait un ID inférieur au sien, il accède au canal durant T_{CRT} et passe sa priorité en *Lazy*, sinon il se désactive et passe sa priorité en *PumpedUp*. Durant les trames suivantes, les lecteurs s'échangent, en plus de leur ID, leur niveau de priorité. Cette dernière valeur va permettre aux lecteurs ayant raté leur contention lors de la trame précédente, d'accéder au canal face à un autre lecteur qui l'avait remportée. Dans le cas particulier où deux ou plusieurs lecteurs tomberaient encore une fois sur le même slot avec la même priorité, la contention est résolue, comme lors de la phase d'initialisation, par une comparaison des ID.

2.2 Coverage Oriented RFID Anticollision protocol

Comme annoncé en Section 1, cet algorithme tire parti de la particularité des collisions RFID dans les réseaux à forte densité. En effet, dans la figure 1b les lecteurs R1 et R2 arriveront respectivement à lire les tags T1 et T3 tandis que le tag T2 ne pourra être lu car étant dans la zone d'interférence. Ainsi, seuls les tags étant dans une zone d'interférence subiront les effets néfastes, il serait donc dommage d'annuler l'ensemble des lectures sans être sûr qu'un tag réside effectivement dans cette zone, d'autant plus qu'il pourrait être lu par un tiers lecteur ultérieurement comme c'est le cas avec le lecteur R3 dans la figure 1b.

A cet effet, notre algorithme organise les lectures sous forme de trames composées de n slots. Tout comme mDEFAR, les trames sont ici définies comme suit : $T_{trame} = n \times (T_{beacon} + T_{CRT})$. Chaque lecteur choisit aléatoirement un slot à chaque début de trame et transmet de manière distribuée et locale à son voisinage un beacon contenant le slot choisi. A la fin de cet échange, chaque lecteur est donc informé de la configuration de ses voisins et détermine donc deux valeurs : $slot_{same}$ désignant le nombre de voisins ayant choisi le même slot que lui-même et $slot_{different}$ le nombre de lecteurs sur des slots différents au sien. Sur la base de ces valeurs, une décision simple est effectuée :

- si $slot_{same} > slot_{different}$, le lecteur considère qu'il a trop de voisins en collision avec lui et se désactive donc pour la trame en cours afin d'éviter un trop grand nombre de tags en zone d'interférence.
- si $slot_{same} \leq slot_{different}$, le lecteur considère qu'il possède assez de voisins sur des slots différents au sien qui pourront donc couvrir les zones d'interférences qu'il ratera avec ses voisins en collision.

3 Évaluation de performances et résultats

Afin de considérer des environnements denses et mobiles, nous avons simulé les deux exemples donnés dans la Section 1. Pour l'entrepôt, nous avons imaginé 6000 tags disposés dans des produits placés sur des étagères avec 10 lecteurs mobiles déployés sur chaque couloir faisant des aller-retour avec une vitesse de 0,7m/s. La disposition est telle que les lecteurs sont non seulement en collision au sein d'un même couloir mais peuvent également être en collision avec les lecteurs sur les couloirs voisins. Pour l'environnement urbain, nous avons conçu un déploiement de 800 tags rattachés aux véhicules circulant avec une vitesse moyenne de 10m/s. Les lecteurs sont pour certains fixes, pour d'autres mobiles, montés sur des vélos de ville roulant à une vitesse de 4m/s, le tout pour un total de 352 lecteurs. La coexistence des lecteurs mobiles et fixes permet donc de valider la mise à l'échelle de nos propositions. Lors de nos simulations, nous avons fixé la valeur de $n = 4$ pour mDEFAR et CORA comme compromis entre les métriques après multiples simulations. En effet, une grande valeur de n diminue le nombre de collisions et augmente le débit de lectures grâce au large nombre de slots disponibles. En contre partie, la latence devient trop importante car de nombreux slots restent inoccupés. 100 simulations ont été effectuées pour chaque environnement afin d'obtenir les métriques présentées. Nos solutions sont comparées à [MMR16] et [BDFG⁺13] afin respectivement de valider l'amélioration de mDEFAR et comparer nos propositions à une approche TDMA centralisée.

- Les figures 2a et 2b montrent le nombre d'accès avec succès au canal sur la durée de simulation. Pour l'entrepôt, on remarque que CORA domine en tirant parti de sa gestion des voisins là où les autres désactivent plus de lecteurs. Pour l'environnement urbain, DEFAR est plus performant car étant en mesure de gérer de manière plus avisée les lecteurs fixes de par sa conception. Ce qui lui permet d'améliorer son débit de lectures face à mDEFAR et CORA qui sont plus conçus pour la mobilité.

- Les figures 2c et 2d expriment le nombre de collisions enregistrées. Dans les deux environnements, GDRA enregistre le plus de collisions dues à son inaptitude à gérer les déploiements denses. Dans l'exemple urbain, DEFAR obtient encore les meilleures performances grâce à son état de convergence, atteint avec les lecteurs fixes, qui n'est perturbé qu'au passage des lecteurs mobiles dans leur voisinage.

- Les figures 2e et 2f indiquent l'efficacité définie comme le ratio d'accès fructueux sur le nombre total de tentatives d'accès au canal. En entrepôt, bien qu'ayant un meilleur débit de lecture, CORA (72%) n'offre pas la meilleure efficacité à cause du nombre de collisions enregistrées, ainsi mDEFAR(75%) offre le meilleur résultat. En mode urbain, GDRA(42%) améliore ses résultats grâce à sa gestion des lecteurs fixes, mais reste bien en dessous de nos propositions. Respectivement, au vu des résultats obtenus en débit de lecture et collisions, DEFAR(87%) offre le meilleur résultat.

- Les figures 2g et 2h renseignent sur la latence. En entrepôt, mDEFAR & CORA offrent les meilleures

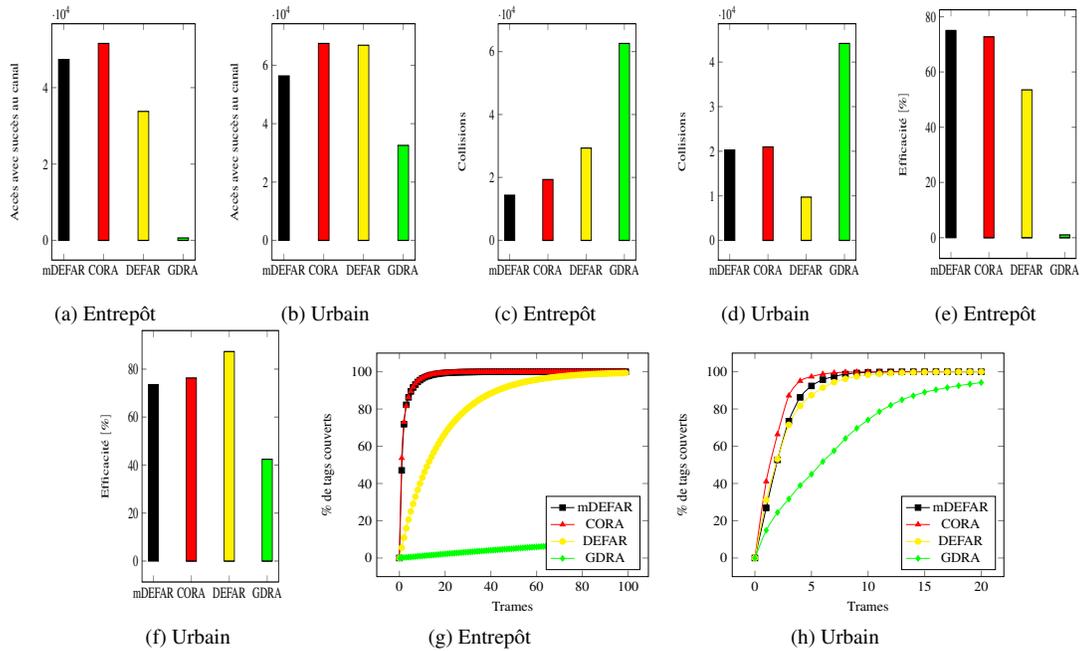


FIGURE 2: Résultats

performances en arrivant à couvrir dans les 20 premières trames plus de 90% des tags grâce à leur aptitude à gérer la densité de déploiement. En environnement urbain, les résultats sont plus similaires pour nos 3 propositions. La densité plus faible mais également la meilleure gestion des lecteurs fixes déployés, permet à DEFAR de se rapprocher des 2 autres solutions.

4 Conclusion

Nous présentons dans cet article 2 solutions, compatibles avec le standard ETSI [ETS11], pour la réduction du nombre de collisions dans les déploiements RFID denses et mobiles. mDEFAR étant une réadaptation d'une proposition précédente et CORA, une solution tirant parti de la densité de déploiement et de la mobilité pour optimiser le débit de lecture. Les résultats obtenus montrent qu'une solution unique pour couvrir l'ensemble des métriques n'est pas encore envisageable et qu'en fonction des caractéristiques de l'application, le choix d'un protocole ou d'un autre sera judicieux. La prochaine étape de ce travail s'articulera autour d'une validation expérimentale de ces propositions avant de passer à l'agrégation et la remontée des données en fonction de l'activité des lecteurs.

Références

- [BDFG⁺13] M Victoria Bueno-Delgado, Renato Ferrero, Filippo Gandino, Pablo Pavon-Marino, and Maurizio Rebaudengo. A geometric distribution reader anti-collision protocol for RFID dense reader environments. *IEEE Trans. on Automation Science and Engineering*, 2013.
- [ETS11] Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters ERM radio frequency identification equipment operating in the band 865MHz to 868MHz with power levels up to 2W part 2, 2011.
- [KCR10] Dheeraj K Klair, Kwan-Wu Chin, and Raad Raad. A survey and tutorial of rfid anti-collision protocols. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 12(3) :400–421, 2010.
- [MMR16] Abdoul Aziz Mbacke, Nathalie Mitton, and Herve Rivano. Distributed efficient & fair anti-collision for RFID protocol. In *Proc. of WiMob*, 2016.