HAL
open science

Une vision plus durable et fiable de la ville intelligente grâce à la RFID

Abdoul Aziz Mbacké, Nathalie Mitton, Hervé Rivano

To cite this version:

Abdoul Aziz Mbacké, Nathalie Mitton, Hervé Rivano. Une vision plus durable et fiable de la ville intelligente grâce à la RFID. CORES 2018 - Rencontres Francophones sur la Conception de Protocoles, l'Évaluation de Performance et l'Expérimentation des Réseaux de Communication, May 2018, Roscoff, France. pp.1-4. hal-01784572

HAL Id: hal-01784572

https://hal.science/hal-01784572v1

Submitted on 3 May 2018

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.

Une vision plus durable et fiable de la ville intelligente grâce à la RFID †

Abdoul Aziz MBACKE[12*] et Nathalie MITTON[1*] et Hervé RIVANO[2*]

[1]*Inria, France ;* [2]*Université de Lyon, INSA Lyon, Inria, CITI, France ;* [*]*prénom.nom@inria.fr*

La vision de la ville intelligente soulève la perspective que les villes deviendront des environnements plus durables, améliorant le bien-être et la sécurité des citoyens. Pour offrir ces services, plusieurs entités doivent être surveillées afin de fournir des données fiables sur l'état de la ville, ses équipements, ses bâtiments, ses citoyens, etc. De nos jours, plusieurs solutions basées sur les réseaux de capteurs sans fil sont en déploiement dans les villes pour recueillir de telles données. Nous proposons un changement de paradigme afin de nous appuyer sur des solutions RFID, non pas en remplacement, mais comme une technologie complémentaire pour améliorer la fiabilité, l'autonomie, la gestion, réduire le coût, etc. Mais cela lève deux problèmes principaux, ***(i)*** les collisions de lecteurs, ***(ii)*** la collecte de données de lecture jusqu'à une station de base, de manière potentiellement multi-sauts. A travers cet article, nous proposons une classification et une évaluation de performances de plusieurs solutions d'anti-collision RFID en tenant compte de différents critères. Nous établissons ensuite un guide pour choisir le meilleur protocole pour des types d'applications données en fonction de leurs contraintes ou exigences. Par la suite, en utilisant des algorithmes d'anti-collision présentés, nous proposons deux solutions distribuées qui permettent de conserver l'efficacité du système RFID tout en permettant un routage efficace des informations vers les stations de base.

Mots-clefs : RFID; Internet des Objets; réseaux de capteurs, villes intelligentes

1 Introduction

La RFID pour Identification par Radio Fréquence, a déjà fait ses preuves dans les domaines industriels, logistiques ou de la sécurité pour la reconnaissance, le suivi et la surveillance d'objets, d'animaux ou de personnes. La technologie repose sur deux composants principaux : les ***tags*** qui contiennent les informations désirées, et les ***lecteurs*** qui sont utilisés pour récupérer les informations stockées. Les tags peuvent être soit *actifs* reposant sur une batterie pour s'alimenter et communiquer ou *passifs* utilisant le signal de requête du lecteur pour s'alimenter et répondre à l'interrogation. Dans ce qui suit, nous nous concentrerons sur les tags passifs. L'urbanisation croissante soumet les infrastructures urbaines à une utilisation plus intensive et fréquente et les rend susceptibles d'être victimes de dégâts matériels pouvant même produire des dégâts humains. Leur surveillance permet donc de pouvoir intervenir à temps afin d'apporter les correctifs nécessaires avant des interventions plus coûteuses. A cet effet, plusieurs solutions basées sur des réseaux de capteurs ont été proposées qui permettent de recueillir différents indices concernant l'altération de ces infrastructures urbaines. Ils comportent cependant quelques inconvénients qu'il est nécessaire de corriger. Le **coût**, le prix de ces capteurs varie d'une dizaine à quelques centaines d'euros en fonction de la qualité des données recherchée. De même, pour collecter les données captées par chaque appareil, on utilise soit des moyens de communication de type téléphonie, soit des technologies LPWAN. Ces moyens de communication peuvent revenir coûteux pour avoir des données fiables, car ils nécessitent l'abonnement à un fournisseur et un positionnement à portée de communication de ce dernier. La **facilité d'utilisation** : même si ils peuvent être considérés comme relativement petits, ces dispositifs restent encombrants pour certaines applications où ils doivent rester transparents à l'oeil non-averti. Ceci, combiné au coût, a une incidence sur le nombre de dispositifs pouvant être déployés. La quantité et la qualité des données détectées sont affectées car la densité souhaitée ne peut pas être atteinte. La **durée de vie** : les capteurs déployés s'appuient sur une batterie pour

†Ce travail a été partiellement soutenu par une subvention du CPER / FEDER DATA, des Ministères français MESRI et MEAE, du projet LIRIMA Agrinet et de l'IPL CityLab@Inria

leurs activités de détection et de communication. Afin d'allonger l'autonomie, soit la fréquence d'échanges de données est réduite, soit les systèmes utilisent des techniques de récupération d'énergie. Néanmoins, la durée de vie des batteries limite leur utilisation avant qu'une campagne de remplacement des batteries ne soit demandée. L'**environnement** : les capteurs peuvent nécessiter d'être enterrés, noyés, rattachés à du métal ou dans du béton. De tels environnements affectent la fiabilité de la communication de ces appareils. De même, leur déploiement dans les infrastructures est compliqué et coûteux.

Aujourd'hui, il est possible de rattacher des outils de captation de données aux tags RFID [CCT13]. Ces "***sensing tags***" conservent les même propriétés que les tags passifs classiques (sans batteries) tout en profitant des aspects supplémentaires de récupération des données environnementales ce qui permet de répondre favorablement aux inconvénients présentés plus haut. Leur prix reste faible comparé à celui des nœuds capteurs, de l'ordre de la dizaine d'euros. Le prix d'un lecteur revient plus cher que celui d'un tag, toutefois il est en mesure de couvrir un ensemble de tags, ce qui reste donc plus avantageux que la solution capteurs traditionnels pour des déploiements denses et en grand nombre. Concernant la facilité d'utilisation, ces tags ont une taille de l'ordre de quelques centimètres au plus et peuvent parfaitement être dissimulés à travers la ville. Les qualités de communication sont moins altérées par les environnements métalliques, aquatiques ou souterrains corrigeant donc l'aspect lié à l'environnement de déploiement.

Cependant, une faille de la RFID réside dans les collisions de lectures générées lors d'interrogations simultanées de tags par 2 ou plusieurs lecteurs. Ces collisions affectent le fonctionnement des systèmes RFID par le défaut de lecture de certains tags ce qui peut être dangereux dans certaines applications critiques telles que celle considérée ici pour la surveillance des villes intelligentes. Pour pallier cela, plusieurs propositions on été faites dans l'état de l'art que nous tenterons de classifier dans la suite de cet article. Un autre souci réside dans la collecte des données issues des tags vers une instance de traitement et décision. Une première solution consiste à réutiliser l'interface de communication dédiée des lecteurs afin de remonter les informations de pair à pair via un routage multi-sauts tenant compte de leur activité et déploiement. En nous appuyant sur des algorithmes d'anti-collision, nous proposons deux solutions complètes de lecture et collecte d'informations issues des tags pour des déploiements denses et mobiles de lecteurs et/ou tags.

2 Classification des protocoles d'anti-collision RFID

La grande diversité des protocoles proposés pour résoudre les collisions de lecture RFID fait que leur classification peut se faire suivant différents critères : TDMA vs CSMA, centralisé vs distribué, monocanal vs multicanal,canal de communication dédié ou non [MMR18]. Les applications pour les villes intelligentes sont très variées et reposent sur différentes contraintes. Dans cet article, nous les classons suivant deux principaux défis que sont la densité de déploiement des lecteurs et leur mobilité :
- **Faibles densité et mobilité** : e.g. chaînes de fabrication avec des tags attachés aux produits. Ces applications reposent sur des lecteurs déployés à des endroits stratégiques sans forte densité.
- **Faible densité et grande mobilité** : e.g. suivi de marchandises avec des lecteurs montés sur des robots/drones, surveillance d'une route par des véhicules équipés de tags. De tels scénarios tiennent compte du besoin de lecteurs et/ou de tags mobiles, mais pas de la forte densité de déploiement.
- **Forte densité et faible mobilité** : e.g. surveillance d'infrastructures urbaines pour lesquelles les tags sont noyés dans le béton et les lecteurs déployés à plusieurs endroits. Un grand nombre de lecteurs et/ou de tags doivent être déployés sans mobilité.
- **Fortes densité et mobilité** : dans ces applications, les tags et les lecteurs sont nécessaires en quantités importantes, ce qui représente les scénarios les plus difficiles. Dans les applications de ville intelligente, toute l'étendue de la ville doit être surveillée à l'aide de lecteurs mobiles pour atteindre tous les tags déployés et en haute densité pour offrir un faible délai de couverture. La surveillance des entrepôts est également un exemple puisque les lecteurs peuvent être montés sur des chariots élévateurs, mais aussi donnés aux employés pour suivre et identifier le grand nombre de marchandises disposées.

Suivant cette classification, la figure 1 positionne différentes propositions issues de l'état de l'art. On peut voir que les propositions n'ont pas toutes les mêmes performances en fonction des conditions de déploiement. La majorité des algorithmes centralisés montrent des difficultés à gérer les déploiements mobiles. Cela s'explique par le fait que le temps de calcul nécessaire pour le serveur, chargé de gérer l'allocation

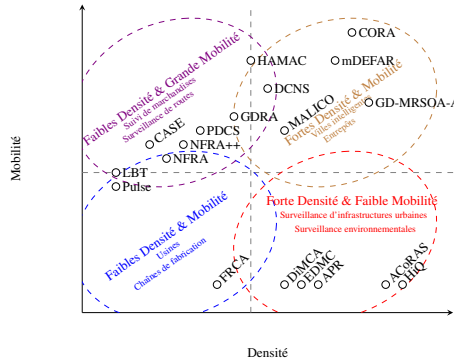


FIGURE 1: Performances des protocoles en fonction des contraintes applicatives

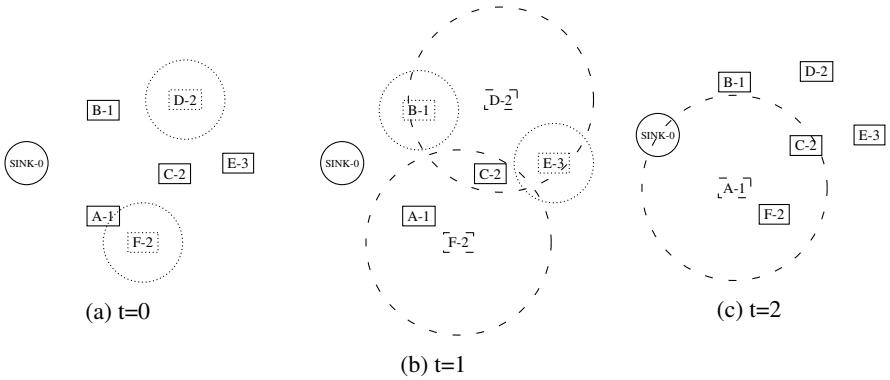


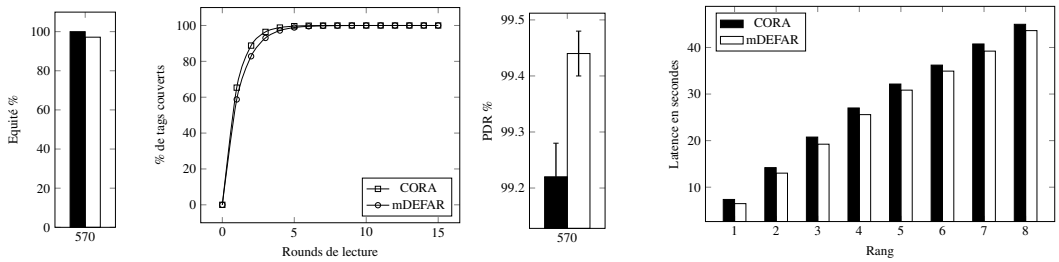
FIGURE 2: Exploitation du gradient. Les rectangles représentent les lecteurs et leur rang dans le gradient.

des ressources, est fortement impacté par la mobilité des lecteurs. D'un autre côté, les protocoles CSMA dans les environnements denses souffrent d'un manque d'équité dans l'accès aux ressources, ce qui influe sur le délai de lecture des tags déployés. Néanmoins, les bonnes performances d'un protocole en milieu dense et mobile ne signifient pas nécessairement qu'il est le meilleur pour les autres déploiements. En effet, ces performances peuvent être rattachées à une grande consommation énergétique qu'il sera nécessaire de déterminer afin d'avoir un bon compromis.

3 Routage d'informations dans un réseau de lecteurs RFID

Sur la base des résultats observés en Section 2, nous avons donc choisi de réutiliser CORA et mDEFAR [MMR17] qui montrent de bonnes performances pour les applications de villes intelligentes (forte mobilité, forte densité). Afin d'optimiser la remontée des informations issues des tags, nous avons jugé nécessaire de prendre en compte l'activité des lecteurs pour améliorer l'équité et la charge. Les lecteurs s'organisent sous la forme d'un gradient autour d'un ou plusieurs puits de données qui leur confère un rang en fonction de leur distance relative au puits. Pour déterminer ce rang, le puits envoie un message avec une valeur $n = 0$, une fois reçu par les lecteurs voisins, le message est ensuite incrémenté $n + 1$ avant d'être relayé aux lecteurs voisins. Après cette procédure, chacun des lecteurs du réseau possède un rang ainsi qu'un voisin de rang inférieur lui permettant de joindre le puits. Sur la base de ce rang, les lecteurs seront donc activés en fonction du protocole d'anti-collision choisi. En séparant les contentions des lecteurs de rangs pairs et impairs, nous arrivons à réduire le nombre de collisions potentielles vu que les lecteurs concurrents seront au moins séparés par un rang. Par la même occasion, lorsque les lecteurs de rangs pairs seront en train d'interroger les tags, les rangs impairs pourront relayer leurs informations vers le puits sans collisions avec les lectures vu que le canal de communication dédié n'interfère pas avec celui de lectures de tags.

La figure 2 présente un exemple avec 6 lecteurs [A ;B ;C ;D ;E ;F] déployés autour d'un puits [SINK]. En



(a) Equité (b) Délai de couverture (c) PDR (d) Latence

FIGURE 3: Résultats collecte des données issues des tags - sur un quartier de taille $555x555m^2$

t=0, les rangs pairs entrent en contention et D et F lisent les tags. En *t=1*, pendant que B et E accèdent aux tags, les lecteurs D et F renvoient respectivement leurs informations précédemment lues à B et A. En *t=2*, A relaie au SINK les informations précédemment lues et transmises par F. Dans un temps ultérieur, le lecteur B pourra relayer au SINK les informations lues par D en *t=0* et celles qu'il a lui-même lues en *t=1*.

Afin de valider le bon fonctionnement de notre algorithme et ses performances, nous avons simulé un quartier de ville dit intelligente dont les rues se coupent à angle droit (modèle Manhattan). 510 lecteurs fixes sont déployés aux angles des rues et 60 lecteurs mobiles se déplacent à une vitesse aléatoire comprise entre $[5-14]km/h$ le long des rues. 3000 tags sont supposés déployés sur des véhicules qui se déplacent à une vitesse comprise entre $[15-20]km/h$. 5 puits sont utilisés. Nos solutions maintiennent un taux d'équité de lecture et accès aux tags élevé entre les différents lecteurs (supérieur à 97%) (figure 3a). Ceci montre que l'ensemble des lecteurs est impliqué et explique également les résultats de la Figure 3b. En effet, le grand nombre de lecteurs activés avec succès accélère la reconnaissance des tags en déplacement. Ainsi, en moins de 5 rounds (tours de contentions), plus de 95% des tags sont lus au moins une fois et en 10 rounds la totalité des tags ont été lus au moins une fois quel que soit le protocole choisi. Concernant la remontée effective des données, la figure 3c montre que les puits reçoivent avec succès plus de 99% des informations envoyées par les lecteurs. Sachant qu'avec la densité de déploiement des lecteurs, plusieurs d'entre eux sont en couverture simultanée sur des tags, et assurent une redondance de l'information. La figure 3d montre le délai moy. nécessaire pour qu'une information d'un lecteur donné parvient à un des puits en fonction de son rang, 7s en moy. pour les lecteurs les plus proches des puits contre 45s pour les plus éloignés (rang 8).

4 Conclusion

A travers cet article, nous revoyons les challenges rencontrés par les réseaux de capteurs traditionnels selon différents aspects et proposons en complément la RFID pour améliorer les performances et l'efficacité. Cependant pour y parvenir, il est nécessaire de corriger certains problèmes connus par la RFID tels que les collisions de lecture. Différentes propositions d'anticollision de lecture sont étudiées et classifiées en fonction de leurs aptitudes à gérer les déploiements denses et/ou mobiles. Sur la base de cette classification, deux propositions sont choisies et testées par simulation sur un environnement de ville intelligente avec des résultats encourageants pour les applications considérées. La prochaine étape de ce travail tentera d'exploiter d'autres métriques que la distance relative au puits afin d'optimiser le routage des données en fonction de leur niveau de criticité.

Références

[CCT13] L Catarinucci, R Colella, and L Tarricone. Enhanced uhf rfid sensor-tag. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 23, 2013.

[MMR17] A. A. Mbacke, N. Mitton, and H. Rivano. Rfid anticollision in dense mobile environments. In *Proc. of IEEE WCNC*, 2017.

[MMR18] Abdoul Aziz Mbacké, Nathalie Mitton, and Hervé Rivano. A survey of rfid readers anticollision protocols. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, pages 1–11, 2018.