

# Modélisation analytique de IEEE 802.15.4k associé aux réseaux LECIM

ALKAMA Lynda, BOUALLOUCHE Louiza

Doctoriales de Recherche Opérationnelle, les 12 et 13 Décembre 2018



## Introduction

L'apparition de moyens de communication nouveaux, plus rapides, plus efficaces, plus miniaturisés a toujours transformé le monde. Aujourd'hui, de nouvelles avancées technologiques permettent d'imaginer une nouvelle révolution, dans laquelle non seulement les Hommes, mais aussi les machines communiqueront entre elles, c'est ce qu'on appelle l'internet des objets (IOT).

Les réseaux sans fils LR-WPAN (Low-Rate Wireless Personal Area Network) sont de nouveaux réseaux de IOT à basse consommation d'énergie, bas débit et longue portée, optimisés pour les équipements aux ressources limitées.

Ce type de réseau permet de déployer des capteurs hétérogènes et qui sont interconnectés par un réseau de communication sans fil connu sous le nom des réseaux de capteurs sans-fil de façon autonome via un protocole de communication tels que IEEE 802.15.

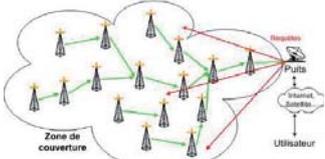


Figure1: Réseaux de capteurs sans-fil

### La norme IEEE 802.15.4:

Cette norme a fait son apparition en 2003, spécialisée pour les réseaux de capteurs à faible consommation d'énergie. Elle ne traite que les deux premières couches du modèle OSI dans les WPANs.

- **La couche physique:** a pour rôle de gérer le support physique sur lequel seront faites les transmissions.
- **La couche MAC:** a pour rôle de gérer l'accès au canal avec le mécanisme CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

### Mode de fonctionnement :

➤ Mode beacon (avec balise): en utilisant une structure de supertrame prédéfinie par le coordinateur PAN comme le montre la figure en dessous, la transmissions se fait suivant le mécanisme Slotted CSMA/CA;

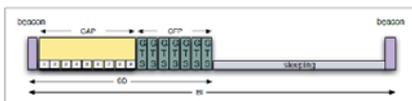


Figure2: Structure de la supertrame dans IEEE 802.15.4

➤ Mode non beacon (sans balise) : sans l'utilisation de la supertrame, la transmission se fait suivant le mécanisme Unslotted CSMA/CA.

**La norme IEEE 802.15.4K (2013):** est conçue pour les réseaux de surveillance des infrastructures critiques à faible consommation d'énergie LECIM qui fonctionnent en topologie en étoile. Elle prend en charge les messages critiques en utilisant le mécanisme CSMA/CA avec backoff PCA. Son schéma de fonctionnement est montré dans la figure suivante :

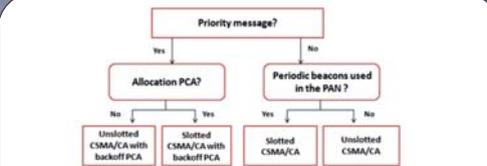


Figure3: Le schéma du fonctionnement de cet amendement

### Le mécanisme d'accès au canal CSMA/CA avec backoff PCA slotté:

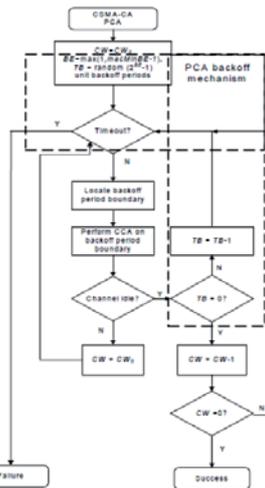


Figure4: Le mécanisme CSMA/CA avec backoff PCA slotté

## Résultats

### Modélisation de IEEE 802.15.4k:

Le mécanisme de transmission est modélisé par une chaîne de Markov à deux dimensions (c(t),d(t)) où , c(t): processus représentant le compteur d'attente backoff; d(t): processus représentant le délai encouru.

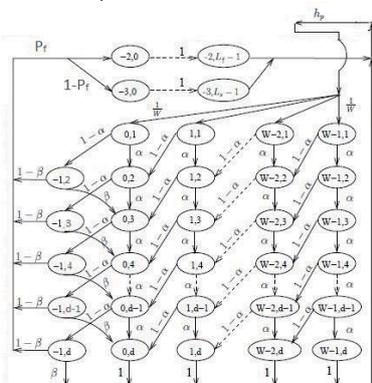


Figure5: Modèle de chaîne de Markov de CSMA/CA avec backoff PCA

### Probabilités de transition:

Les probabilités de transition du slot CCA vers les slots succès et échec respectivement sont:

$$P(-3,0 | 0, k) = (1 - \alpha)(1 - \beta)(1 - P_f)$$

$$P(-2,0 | 0, k) = (1 - \alpha)(1 - \beta)P_f$$

### Les métriques de performances:

#### 1- Fiabilité :

La fiabilité prend en considération la probabilité que le paquet soit rejeté à cause d'un délai dépassé ou bien perdu à cause d'une collision ou d'une erreur de transmission .

$$F_{PCA} = 1 - F_{dc} - F_{de} - F_{dte}$$

#### 2- Délai :

Le délai englobe le délai encouru par la transmission réussie du paquet, délai de l'accès au canal et le temps nécessaire pour la réception d'un ACK.

$$D_{PCA} = T_s + T_b \frac{\sum_{k=1}^d k P_{0,k} (1 - \alpha)}{\sum_{k=1}^d P_{0,k} (1 - \alpha)}$$

#### 3- L'énergie consommée :

Elle englobe l'énergie consommée durant l'accès au canal, la transmission du paquet et la réception de l'ACK.

$$E_{PCA} = P_{sence} + P_{tm} + P_{rm}$$

## Conclusion

La norme IEEE 802.15.4k conçue pour les réseaux d'infrastructures LECIM prend en charge les messages critiques en utilisant le mécanisme CSMA/CA avec backoff PCA.

Nous avons modélisé son mécanisme de transmission à l'aide d'une chaîne de Markov à deux dimensions. Finalement, nous avons évalué ce modèle et présenté les métriques de Performances correspondantes (fiabilité, délai et énergie consommée).

Comme perspectives nous allons résoudre un système d'équations non linéaire pour pouvoir tracer les courbes associées aux métriques de Performances afin de les comparer a ceux évaluées avec le mécanisme CSMA/CA de base utilisé par la norme IEEE 802.15.4.

## Références

1. IEEE Std 802.15.4. IEEE standard for local and metropolitan area networks part 15.4 : Low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs), (revision of IEEE std 802.15.4- 2006). Technical report, IEEE, 2011.
2. IEEE Std 802.15.4kTM. Amendment to IEEE std 802.15.4- 2011. Technical report, IEEE, 2013.
3. M. P. R. S. Kiran and P. Rajalakshmi. Performance Analysis of CSMA/CA and PCA for Time Critical Industrial IoT Applications. In IEEE Transactions on Industrial Informatics 2018.