

N° d'ordre : D -

THESE

présentée

devant l'Institut National des Sciences Appliquées de Rennes

en vue de l'obtention du

DOCTORAT

spécialité : Electronique et Télécommunications

par Mlle Samar SINDIAN

Intitulé : Resource allocation with optimization for high data rate mesh WPANs

Directeur de Thèse : Jean-François HELARD

Date, heure et lieu de soutenance : le 17 septembre 2014 à 10h30, Amphi Bonnin-INSA de Rennes

Membres du jury (nom, prénom, titre)

BEYOT André-Luc, Professeur à l'ENSEEIH de Toulouse

ROVIRAS Daniel, Professeur au CNAM Paris

COUSIN Bernard, Professeur à l'Université de Rennes 1

KHALIL Ayman, Enseignant-chercheur à l'Université Islamique du Liban à Beyrouth

HELARD Jean-François, Professeur à l'INSA de Rennes

CRUSSIÈRE Matthieu, Maître de Conférences à l'INSA de Rennes

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examineur

Directeur de thèse

Co-encadrant

RESUME DE LA THESE

Les réseaux personnels sans fil (WPANs) à données haut débit (HDR) ont une portée nominale limitée et sont destinés à supporter les exigences des applications multimédias à données haut débit. Afin d'étendre leur couverture de communication, les réseaux HDR WPAN peuvent fonctionner dans une configuration maillée (Mesh) et ainsi établir des liaisons multi-sauts (multi-hop). Bien qu'il y ait eu récemment quelques algorithmes d'ordonnement proposés pour ces réseaux HDR WPANs, l'objectif principal de maintenir une certaine qualité de service (QoS) pour une capacité du réseau limitée reste un problème encore largement ouvert, tant d'un point de vue algorithmique que d'un point de vue mise en œuvre concrète aux seins de protocoles de gestion du réseau. Cette thèse vise principalement à résoudre les problèmes liés à la capacité des réseaux HDR WPAN maillés en proposant des mécanismes équitables d'allocation des canaux (CTAs), pour une utilisation efficace des super-trames du réseau.

La première contribution vise à améliorer la satisfaction et l'équité entre utilisateurs de la norme IEEE 802.15.3 utilisée en mode "parent/enfant" en proposant deux approches nommées "Algorithm with utilization threshold" et "Algorithm with threshold and service differentiation". En outre, l'approche "Algorithm with utilization threshold and QoS" applique un service de différenciation pour fournir les exigences de qualité de service pour le trafic temps-réel RT.

La deuxième contribution s'intéresse aux mécanismes d'allocation des ressources pour les réseaux WPAN IEEE 802.15.5 maillés. Les principaux objectifs sont d'introduire un élément d'équité dans l'allocation des slots temporels aux utilisateurs. Le but est d'utiliser efficacement la capacité de chaque super-trame et de minimiser les délais entre les slots alloués par le même utilisateur entre deux super-trames consécutives dans le cas d'un réseau 802.15.5 IEEE à deux sauts. Les objectifs sont atteints en introduisant le concept de de super-trames dynamiques, l'utilisation de seuils et d'une nouvelle métrique de *Flag* avec un contrôle centralisé de la super-trame. Le schéma centralisé utilise le concept de réservations groupées (bulk reservation). Dans ce contexte, deux algorithmes différents nommés CTRA et STRA sont proposés pour le premier saut. En outre, un algorithme pour la distribution des ressources pour le second saut entre les dispositifs (RT) à non temps réel (NRT) est introduit.

Dans la troisième contribution, une suite de formulations de problèmes d'optimisation dont le but est d'amener à une utilisation optimale des ressources sous contrainte d'équité entre les utilisateurs concurrents d'un réseau IEEE 802.15.5 à deux sauts est proposée. Un algorithme d'allocation de ressources distribuées basé sur les formulations proposées est mis en œuvre pour améliorer l'efficacité de la communication et l'utilisation de la capacité de la super-trame.

De nombreuses simulations sont effectuées afin d'analyser et d'évaluer les techniques proposées. Les résultats des simulations montrent des améliorations significatives de performances pour les réseaux WPAN maillés en termes d'utilisation de capacité, d'amélioration de l'indice de l'équité et de la réduction des délais entre les CTAs alloués au même utilisateur.

ABSTRACT

The high data rate (HDR) wireless personal area networks (WPANs) typically have a limited operating range and are intended to support demanding multi-media applications at high data rates. In order to extend the communication range, HDR WPANs can operate in a wireless mesh configuration to communicate in a multi-hop fashion. Although there have been some scheduling algorithms proposed for HDR WPANs, the main objective is to maintain the QoS in most cases, whereas efficient and fair utilization of network capacity is still largely open for research. This thesis mainly intends to resolve the issues related to the capacity of meshed HDR WPANs such as fair allocation of channel time allocations (CTAs), improvement in the superframe capacity, and efficient superframe utilization. The first contribution aims to improve satisfaction and fairness in IEEE 802.15.3 parent/child by proposing two approaches named “*Algorithm with utilization threshold*” and “*Algorithm with threshold and service differentiation*”. Additionally, the “*Algorithm with utilization threshold and QoS*” approach applies service differentiation for providing the QoS requirements for RT traffic. The second contribution consists of a resource allocation framework for meshed IEEE 802.15.5 WPANs. The main objectives are to introduce an element of fairness in the channel time allocated to requesting devices, utilize efficiently the superframe capacity and minimize delay between channel times reserved to the same device in two subsequent superframe for a two-hop IEEE 802.15.5. The objectives are achieved by introducing dynamic superframe, utilization thresholds and new flag metric with a centralized control of the superframe. The centralized scheme uses the concept of bulk reservations. In this context, the two different hop-1 algorithms, channel time allocation period (CTAP) utilization threshold based resource allocation algorithm (CTRA) and superframe utilization threshold based resource allocation algorithm (STRA) are proposed. Furthermore, an algorithm for the hop-2 resource distribution among RT and non-real-time (NRT) devices is introduced. In the third contribution, a suite of optimization problem formulations that achieve optimal resource utilization and fairness among competing devices in a two-hop IEEE 802.15.5 is proposed. A distributed resource allocation algorithm based on the proposed optimization formulations is implemented for improving communication efficiency and utilization of superframe capacity.

Extensive simulation studies are performed to analyze and to evaluate the proposed techniques. Simulation results demonstrate significant improvements in meshed WPANs performance in terms of capacity utilization, improvement in the fairness index for CTA allocation and reduction in delay between the allocated CTAs of the same device.