

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE A. MIRA BEJAIA



Tasdawit n' Bgayet
Université de Béjaïa
جامعة بجاية

Faculté de science exacte

Département informatique

Mémoire de Fin de Cycle

Thème

*Ordonnancement dans un réseau mobile
ad hoc*

Présenté par :

M^{elle} . MAALI NAOUEL
Mr . GUIDDIRE SAAD

Encadré par :

Mr. MEHAOUED.K

Jury:

Mr. AMROUN.K
Mme. ELBOUHISSI

Promotion 2020



Remerciements

Toute notre gratitude, grâce et remerciement vont à dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre promoteur M^r Mehaoued pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.

Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les enseignants de L'université Abderrahmane Mira qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce travail.

Résumé

Afin de réaliser un partage équitable des ressources dans les réseaux, différentes techniques sont proposées. Parmi elles, les techniques d'ordonnement constituent un ensemble d'outil efficace.

Dans ce même domaine, les réseaux sans fils dont l'utilisation s'est vulgarisée nécessite une rapartition équitable des ressources, notamment en terme de bande passante.

Après une analyse des techniques d'ordonnement existants dans les réseaux, ce papier propose un mécanisme d'ordonnement distribué pour contrôle de bande passante sur réseau sans _l monosaut en mode Ad Hoc.

Ce mécanisme agit sur deux couches : Au niveau IP : un mécanisme qui calcule le temps d'attente et le temps de transmission de chaque paquet est appliqué ; au niveau MAC (Medium Access Control), une modi_cation de la

procédure habituelle de backoff (IEEE 802.11) est appliquée en introduisant la technique du piggybacking et en utilisant une valeur du temps de backoff retournée par la couche supérieure.

Mots clefs : Réseaux Ad Hoc, IEEE 802.11, Ordonnement

Abstract

In order to realize fair share of networks ressources, several mechanisms are proposed. Among them, scheduling mechanisms are efficient approaches. Thus, wireless networks, whose usage has gained an increasing popularity,

also need fair share of ressources, especially in term of bandwidth. This paper propose a distributed scheduling mechanism for bandwidth control over wireless ad hoc network. This mechanism is implemented on two layers of the OSI model : on IP layer, the waiting time and the transmission time of each packet in the waiting queue of a node is estimated ; on the MAC layer, a modification of the normal backoff process is applied using piggybacking and the backoff time value returned by the upper layer.

Keywords : Ad Hoc Networks, IEEE 802.11, Scheduling

Table des matières

Table des matières	i
Tables des figure	iii
Chapitre1 Introduction generale	
Introduction.....	1
Problematique.....	2
Chapitre 2 les reseau mobile ad hoc	
2.1 Introduction	3
2.2 Définition d'un réseau ad-hoc.....	3
2.3 Avantages des réseaux ad-hoc	5
2.4 Types des réseaux ad-hoc	5
2.4.1 Les réseaux mobiles ad-hoc (<i>MANETs</i>).....	5
2.4.2 Les réseaux de capteurs (<i>WSNs</i>).....	6
2.4.3 Les réseaux maillés (<i>WMNs</i>)	8
2.4.4 Différences entre WSNs, WMNs et MANETs	9
2.5 Caractéristiques des MANETs	10
2.6 le standard IEEE802.11	11
2.6.1 Architecture en couche	11
2.6.2 Phénomènes de propagation des ondes électromagnétiques	12
2.7 couche MAC dans les reseaux ad hoc	12
2.7.1 protocole d'accès au medium	13
2.7.1.1 Protocole d'accès PCF	13
2.7.1.2 Protocole d'accès DCF	13
2.7.1.3 Espace inter-trames	14
2.7.2 mecanisme d'accès CSMA/CA	15
2.7.2.1 L'algorithme de Backoff	15
2.7.3 Retransmission et backoff exponentiel	17
2.7.4 Trame MAC	18
2.8 Conclusion	19

Chapitre 3 Algorithmes et mécanismes d'ordonnancement dans

les reseaux ad hoc

3.1 Introduction	20
3.2 Generalite	20
3.3 Politique d'ordonnancement	21
3.3.1 Les algorithmes d'ordonnancement des differentes politiques	22
3.3.1.1 FIFO	22
3.3.1.2 Round robin.....	22
3.3.1.3 Decifit round robin	23
3.4 Ordonnancement avec contrôle de delai (Delay-Controlled Queuing)	24
3.4.1 Waiting Time Priority (WTP).....	24
3.4.2 Earliest Due Date (EDD) ou Earliest Deadline First (EDF)	24
3.5 Ordonnancement avec contrôle de débit (Rate-Controlled Queuing).....	25
3.6 Class-Based Queuing	25
3.6.1 Priority Queuing (PQ)	25
3.6.2 Class-Based Queuing (CBQ)	26
3.7 Autres mécanismes	27
3.7.1 CF-Schedule / CP-Schedule dans IEEE 802.11 ^e	27
3.7.2 Adaptive Cross-Layer Scheduling (ACL).....	28
3.8 Conclusion.....	28

Chapiter 4 Simulation

4.1 Introduction	29
4.2 Présentation de NS2	29
4.2.1 Utilisation de NS2	30
4.3 Choix de NS2	31
4.3.1 Avantages	31
4.3.2 Inconvénients	32
4.4 L'outil de visualisation NAM	32
4.1.1 Xgraphe	33
Conclusion generale.....	34
Bibliographie	35

Table des figures

Figure 2.1. Un réseau mobile ad hoc.....	6
Figure 2.2. Paradigme de routage dans un réseau de capteurs	7
Figure 2.3. Architecture générale d'un réseau maillé	8
Figure 2.4 : Architecture en couches 802.11	11
Figure 2.5. L'algorithme de CSMA/CA et algorithme de backoff	16
Figure 2.6. Exemple d'accès au canal par deux stations concurrentes	17
Figure3.1 : ordononancement FIFO	22
Figure3.2 : ordonancement RR.....	23
Figure 3.4 Ordonancement par PQ	26
Figure. 3.5 Mécanisme utilisé par l'ordonancement CBQ	26
Figure 4.1 Simulateur réseau NS2	33
Figure 4.2 exemple de graphe.....	33

CHAPITRE 1

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De nos jours, l'utilisation de la technologie sans fil a envahi le marché des réseaux de télécommunication. Plusieurs standards ont vu le jour, on peut citer à titre d'exemple: WiFi (IEEE 802.11) [25], Bluetooth (IEEE 802.15.1), Zigbee (IEEE 802.15.4) [27], etc. Ces standards équipent une large gamme d'équipements mobiles à savoir : les ordinateurs portables, les téléphones mobiles, les assistants numériques personnels, etc. Ce progrès technologique fait que les réseaux de télécommunication sans fil sont actuellement un des domaines de recherche de l'informatique les plus actifs.

On distingue deux grandes familles de réseaux sans fil : les réseaux avec infrastructure et les réseaux sans infrastructure ou ad-hoc. Dans les réseaux avec infrastructure, les communications s'effectuent via une station de base fixe. Cette approche est utilisée dans les réseaux sans fil traditionnels comme les réseaux GSM (*Global System for Mobile communications*), et les réseaux locaux sans fil. Cependant, les communications dans un réseau ad - hoc s'effectuent en absence de toute infrastructure de communication fixe. Si les équipements communicants se trouvent dans la zone de transmission les uns des autres, la communication s'effectue en mode point-à-point ; Si encore les nœuds communicants sont éloignés, plusieurs nœuds intermédiaires participent à l'acheminement des données vers leurs destinations. On parle, dans ce cas, du routage "multi- sauts". Ce mode de routage n'est pas un paradigme nouveau, en effet il a été étudié pour la première fois dans le projet PRNET (*Packet Radio NETworks*) de la DARPA [28] (*Defense Advanced Research Projects Agency*) en 1973. PRNET était un réseau sans fil multi-sauts à 50 nœuds dont quelques-uns étaient mobiles.

Les réseaux ad-hoc multi-sauts suscitent beaucoup d'intérêt grâce à leur déploiement rapide et économique et à leur nature décentralisée. Ils existent trois types de réseaux ad-hoc, à savoir : les réseaux mobiles ad-hoc, les réseaux maillés et les réseaux de capteurs. Dans ce mémoire, nous nous intéressons particulièrement aux réseaux mobiles ad-hoc (*MANETs*). Un MANET est un réseau ad-hoc composé d'un ensemble de terminaux homogènes qui sont souvent en constante mobilité.

Bien qu'ils fussent dédiés, à l'origine, à des applications militaires, ils peuvent être déployés à bon escient dans des situations d'urgence telles que les missions de secourisme en cas d'incendies ou de catastrophes naturelles (inondations, tremblements de terre, etc.). En outre, ils peuvent être utilisés dans tout groupement d'utilisateurs liés par un intérêt commun, c'est le cas notamment des étudiants dans une classe, des chercheurs dans une conférence, etc.

Problématique

Actuellement, les réseaux sans fil sont un moyen de communication qui gagne de plus en plus de terrain. Ils possèdent certaines caractéristiques différentes de ceux des réseaux filaires qui méritent d'être étudiées. Parmi elles, les mécanismes d'accès constituent un domaine ayant suscité de nombreux travaux. Les mécanismes d'accès sur de tels réseaux sont soit basés sur la contention soit sur l'ordonnancement. L'avantage avec la première solution est sa facilité de déploiement. Le protocole CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) sur lequel repose les réseaux IEEE802.11 en est un exemple. Ce mécanisme est intéressant pour les réseaux ad hoc car il vise à réduire les collisions de paquets qui affectent les performances du réseau. Cependant, il ne prend pas en compte les collisions dues aux spécificités des réseaux ad hoc dont les problèmes de station cachée et d'inéquité. L'ordonnancement des différents flots semble alors approprié pour ce type de réseau. L'objectif de ce travail consiste à développer un mécanisme d'ordonnancement distribué afin de fournir un partage équitable de la bande passante sur un réseau ad hoc monosaut. Le document traitera en particulier la nécessité de considérer la taille d'un paquet dans un tel type de mécanisme d'ordonnancement.

CHAPITRE 2

LES RÉSEAUX MOBILES AD-HOC

2.1 Introduction

Durant leur fonctionnement, les MANETs sont indépendants de toute station de base fixe. De ce fait, les MANETs sont bien adaptés pour assurer la communication dans des environnements où les infrastructures de communication conventionnelles sont absentes, détruites ou dans des situations où l'intérêt de leur déploiement ne justifie pas son coût.

Les MANETs reposent sur le paradigme du routage multi-sauts où tous les terminaux se comportent comme des routeurs. Bien que simple dans son principe, mais l'implémentation pratique du routage multi-sauts pose plusieurs problèmes. Ces problèmes sont liés, d'une part, à l'instabilité et à la capacité limitée du médium de communication sans fil, et d'autre part, à la mobilité des terminaux et à leurs durées de service limitées. Tous ces problèmes ont contraint les chercheurs à réviser toute la pile des protocoles de communication traditionnelle. Dans ce mémoire, nous nous intéressons à la couche réseau, et plus précisément au routage dans les MANETs qui est un problème non encore résolu et qui fait aujourd'hui l'objet de plusieurs travaux de recherche.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter les différents types des réseaux ad-hoc, en l'occurrence : 1) les réseaux mobiles ad-hoc (*MANETs*), 2) les réseaux de capteurs (*WSNs*) et 3) les réseaux maillés (*WMNs*). Par la suite, nous nous focaliserons sur l'étude des caractéristiques des MANETs ainsi que sur les propriétés que doivent vérifier les protocoles de routage destinés à cette classe de réseaux. La dernière partie de ce chapitre est consacrée à la présentation d'un ensemble de notions fondamentales liées aux domaines de communication sans fil et du routage dans les MANETs.

2.2 Définition d'un réseau ad-hoc

Un réseau ad-hoc [3,6] est une collection d'hôtes équipés par des antennes qui peuvent communiquer entre eux sans aucune administration centralisée, en utilisant une technologie de communication sans fil comme WiFi, Bluetooth, etc.

À l'opposé des réseaux filaires où uniquement certains nœuds dits "routeurs" sont responsables de l'acheminement des données, dans un réseau ad-hoc tous les nœuds sont à la fois routeurs et terminaux. Le choix des nœuds qui vont assurer une session de communication dans un réseau ad-hoc se fait dynamiquement selon la connectivité du réseau, d'où l'appellation "ad-hoc".

Dans un réseau ad-hoc, un nœud peut communiquer directement (mode *point-à-point*) avec n'importe quel nœud s'il est situé dans sa zone de transmission, tandis que la communication avec un nœud situé en dehors de sa zone de transmission s'effectue via plusieurs nœuds intermédiaires (mode *multi-sauts*).

Formellement [2], un réseau ad-hoc peut être représenté par un graphe non-orienté $G = (V, E)$ où V désigne l'ensemble des nœuds $E \Delta V$ dénote l'ensemble des arcs correspondants aux communications directes possibles. Soit i et j deux nœuds de V , l'arc (i, j) existe, si et seulement si, i peut envoyer directement un message à j on dit alors que j est voisin de i . Les couples appartenant à E dépendent de la position des nœuds et de leur portée de communication. Si on retient l'hypothèse que tous les nœuds ont une portée R identique, et si $d(i, j)$ désigne la distance entre les nœuds i et j , alors l'ensemble E peut-être défini comme suit :

$$E = \left\{ (i, j) \in V \times V \mid d(i, j) \leq R \right\}$$

2.3 Avantages des réseaux ad-hoc

Les réseaux ad-hoc présentent plusieurs avantages, les plus importants sont [12] :

Déploiement facile, rapide et économique : dans les réseaux ad-hoc, la tâche fastidieuse du déploiement des stations de base (câblage, installation, etc.) n'est plus nécessaire. En conséquence, le déploiement est aussi plus rapide et se fait avec un faible coût.

Tolérance aux pannes : un réseau ad-hoc continue à fonctionner même si quelques nœuds tombent en panne, ceci est dû au fait qu'il ne comporte pas de nœuds centraux.

2.4 Types des réseaux ad-hoc

Dans cette section, nous décrivons les trois types de réseaux ad-hoc, à savoir : les réseaux mobiles ad-hoc (*MANETs*), les réseaux de capteurs (*WSNs*) et les réseaux maillés (*WMNs*). Nous présenterons également leurs différentes applications.

Même si les *WSNs* et *WMNs* ont plusieurs caractéristiques communes avec les *MANETs* ils présentent, par ailleurs, plusieurs dissimilarités impliquant naturellement des solutions de communication différentes. Nous terminerons cette section par expliquer en quoi diffèrent les *WSNs* et les *WMNs* des *MANETs*.

2.4.1 Les réseaux mobiles ad-hoc (*MANETs*)

Un *MANET* (*Mobile Ad-hoc NETWORK*) [13] (voir fig.2.1) est un réseau ad-hoc dont les nœuds (par exemple : ordinateurs portables, téléphones mobiles, PDAs, etc.) sont souvent caractérisés par une constante mobilité. Les *MANETs* peuvent être déployés pour assurer la communication dans des environnements hostiles. Par exemple, dans une situation de guerre et grâce à un *MANET* les groupes de soldats peuvent communiquer avec d'autres groupes, avec des tanks, des hélicoptères ou des avions pour échanger leurs localisations ou pour émettre /recevoir des ordres militaires.

En outre, les MANETs peuvent être utilisés comme infrastructure de communication alternative dans des situations où les infrastructures de communication conventionnelles sont détruites à cause d'une catastrophe naturelle (par exemple : tremblements de terre, ouragans, etc.), ou encore à cause des attaques ennemies, pour mieux coordonner les opérations de secours.

Les MANETs sont aussi convenables quand il y a besoin en une communication transitoire comme dans le cas des conférences [5].

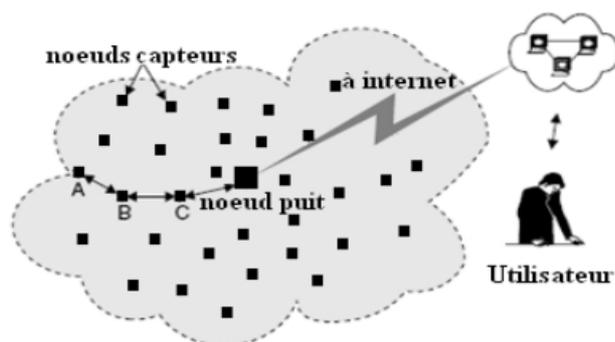


Figure 2.1. Un réseau mobile ad hoc.

Une autre application des MANETs est bien les VANETs (*Vehicular Ad-hoc NETWORKs*). Un VANET assure la communication entre les véhicules (*Inter-Vehicle Communication*) aussi bien qu'entre les véhicules et les équipements de la route par l'intermédiaire de la communication d'équipement-à-Véhicule (*Roadside-to-Vehicle Communication*). L'objectif de l'introduction des VANETs est de rendre les routes plus sûres et plus efficaces, en fournissant les informations pertinentes aux conducteurs [7].

2.4.2 Les réseaux de capteurs (WSNs)

Les WSNs (*Wireless Sensor Networks*) [8] sont des réseaux ad-hoc constitués de nœuds capteurs intelligents fonctionnant grâce à des batteries, et ils sont dotés de capacités de traitement et de stockage réduites. En effet, les nœuds capteurs sont capables d'accomplir trois tâches complémentaires : i) le relevé d'une grandeur physique ou environnementale (par exemple : température, pression, pollution, etc.) ; ii) le traitement éventuel de cette information et enfin iii)

le routage. Le réseau peut comporter un grand nombre de nœuds (des milliers) généralement statiques et déployés aléatoirement (par exemple par largage depuis un hélicoptère) dans des environnements pouvant être dangereux. En plus des nœuds capteurs, un WSN comprend des stations de base riches en énergie (nœuds puits) caractérisées par une capacité de traitement et de stockage plus importante. Ces dernières agissent comme des passerelles entre les nœuds capteurs et l'utilisateur final (voir fig.2.2).

On distingue une variété d'applications pour les réseaux de capteurs, on cite entre autres [2] :

Applications militaires : les réseaux de capteurs peuvent être utilisés à la surveillance des activités des forces ennemies, à l'analyse du terrain et à la détection d'agents chimiques ou de radiations avant d'y envoyer des troupes.

Applications à la sécurité : un réseau de capteurs peut constituer un système d'alarme distribué qui servira à détecter les intrusions sur un large secteur.

Applications environnementales : des thermo-capteurs dispersés sur une forêt peuvent signaler un éventuel début d'incendie ; ce qui permettra une meilleure efficacité pour la lutte contre les feux de forêt. Sur les sites industriels, les centrales nucléaires ou dans les sites pétroliers, des capteurs peuvent être déployés pour détecter des fuites de produits toxiques (gaz, produits chimiques, éléments radioactifs, pétrole, etc.) et alerter les utilisateurs dans un délai suffisamment court pour permettre une intervention efficace.

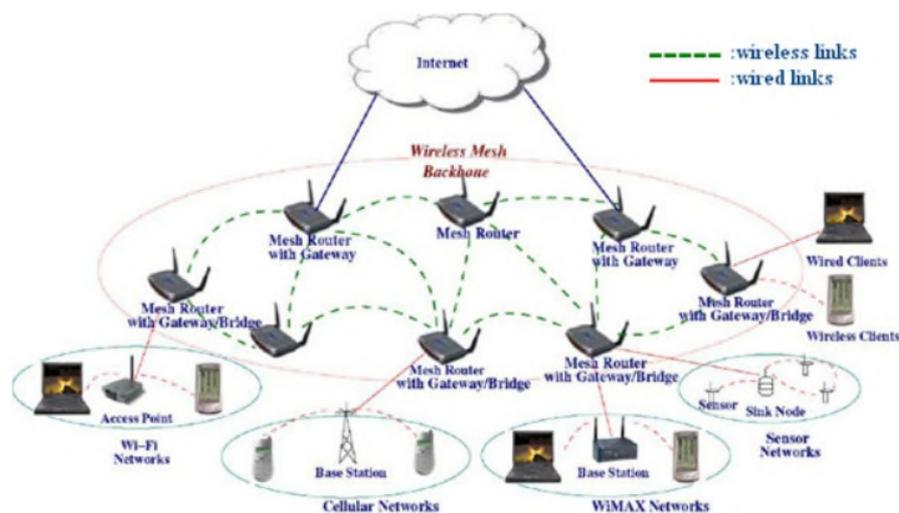


Figure 2.2. Paradigme de routage dans un réseau de capteurs.

2.4.3 Les réseaux maillés (WMNs)

Les réseaux ad-hoc peuvent être utilisés comme moyen flexible et économique pour étendre l'accès à Internet. En effet, une nouvelle classe de réseaux ad-hoc découle de cette vision : les WMNs (*Wireless Mesh Networks*). Un WMN (voir fig.2.3) est constitué d'un ensemble de mesh- routeurs statiques généralement équipés par plusieurs interfaces de communication sans fil et placés sur les toits des bâtiments [1]. Les mesh-routeurs connectés à internet sont appelés "*passerelles Internet*". Un nœud client se connecte au mesh-routeur le plus proche et exploite l'infrastructure ad-hoc sans fil pour avoir accès à internet. Les clients conventionnels équipés par des cartes Ethernet peuvent directement communiquer avec les mesh-routeurs via des liens Ethernet. Les clients opérants avec la même technologie sans fil que les mesh-routeurs peuvent directement communiquer avec ces derniers. Dans le cas où différentes technologies sans fil sont utilisées, les clients doivent d'abord communiquer avec des stations de base qui sont connectées par des liens Ethernet aux mesh-routeurs.

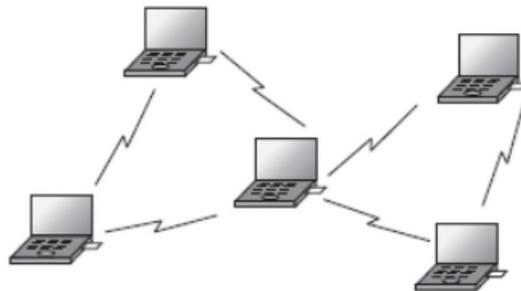


Figure 2.3. Architecture générale d'un réseau maillé

2.4.4 Différences entre WSNs, WMNs et MANETs

Bien que les MANETs et les WSNs présentent plusieurs caractéristiques communes, mais ils se diffèrent en plusieurs aspects [8] :

La caractéristique principale des nœuds constituant un MANET est la mobilité, tandis que les nœuds capteurs dans un WSN sont statiques.

Dans les MANETs la communication peut s'effectuer entre des nœuds quelconques du réseau, tandis que dans un WSN la communication est toujours initiée vers ou à partir des nœuds puits ; de plus les communications capteur-à-capteur sont rares, mais les transmissions multicast et broadcast sont communes.

Les MANETs sont caractérisés par une plus faible densité par rapport aux WSNs. Dans un MANET tous les nœuds sont égaux, de ce fait la panne de n'importe quel nœud a la même importance, tandis qu'un WSN est plus sensible à la panne des nœuds puits qu'à celle des capteurs.

Les réseaux WMNs sont conceptuellement similaires aux MANETs dans le sens où la communication entre les mesh-routeurs s'effectue en mode multi-sauts. Cependant, ils ont les particularités suivantes [8]:

Les mesh-routeurs dans un WMNs sont statiques. La consommation d'énergie dans les WMNs n'est plus un problème, car les routeurs sont directement alimentés en électricité.

2.5 Caractéristiques des MANETs

La perception d'un MANET comme étant équivalent à un réseau filaire conventionnel dont les câbles sont remplacés par des antennes est un malentendu commun. Les MANETs ont des caractéristiques uniques qui nécessitent des solutions particulières [12] :

Communications multi-sauts : dans un MANET, les nœuds qui ne peuvent directement atteindre les nœuds destinations auront besoin de relayer leurs données via d'autres nœuds. Ainsi, chaque nœud doit être capable d'accomplir la tâche de routage.

Topologie dynamique : la mobilité, l'apparition et la disparition des nœuds, la présence d'obstacles (arbres, bâtiments, etc.), les conditions environnementales (pluie, neige, etc.) et les interférences des ondes, sont tous des facteurs qui affectent la qualité de propagation des ondes émises et se manifestent comme des changements de topologie.

Bande passante limitée : le médium de communication sans fil a une capacité plus réduite que celui filaire. De plus, le débit effectif de la communication sans fil (avec prise en compte des effets du bruit, d'affaiblissement, des collisions, etc.) est souvent inférieur au débit maximal théorique. Une conséquence directe de la capacité relativement faible du médium sans fil, est bien la congestion facile du réseau.

Terminaux équipés par des batteries : les entités constituant les MANETs sont alimentées en énergie par des batteries dont la durée de vie est limitée.

Sécurité limitée : la communication sans fil entre les nœuds est assurée par l'échange d'ondes électromagnétiques qui se propagent dans l'air. Ces ondes peuvent être facilement capturées, surveillées et modifiées ce qui compromet la sécurité dans les MANETs. Par exemple, le trafic peut être facilement désorienté de sa destination réelle. De plus, les attaques de type déni de service² sont faciles à implémenter.

2.6 le standard IEEE802.11

2.6.1 Architecture en couches

Le protocole 802.11 est une norme établie par l'IEEE qui définit les deux premiers couches du modèle OSI, à savoir la couche physique et la couche liaison de données pour les réseaux locaux sans fil. La couche liaison de données est elle-même subdivisée en deux sous-couches, la sous-couche LLC et la couche MAC.

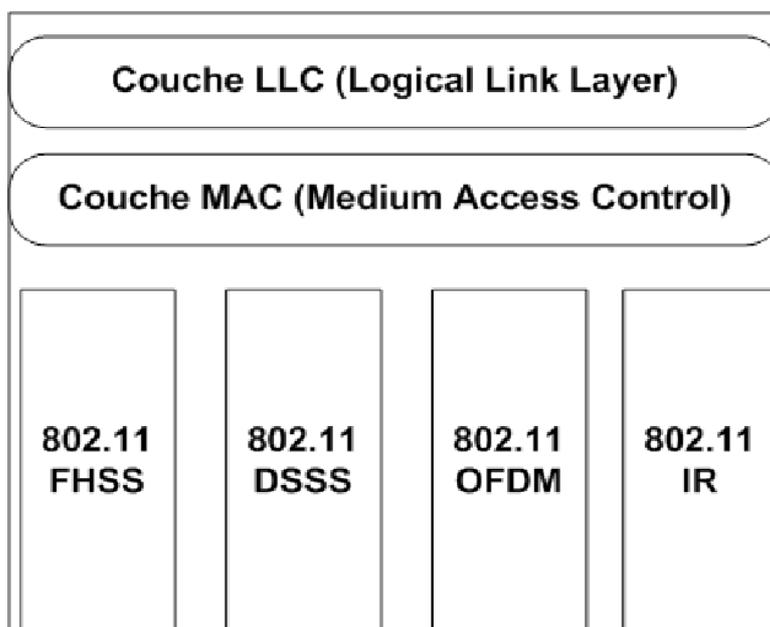


Figure 2.4 : Architecture en couches 802.11

L'une des particularités de cette norme est qu'elle offre plusieurs variantes au niveau physique, tandis que la partie liaison est unifiée. Les quatre couches physiques constituant la norme définissent différents codage afin de transmettre de manière fiable les données en multiplexant plusieurs canaux de transmission. Un canal de transmission est une bande de fréquence attribuée à un système de communication Émetteur/Récepteur. Il doit restituer le même signal d'entrée avec un retard t du au temp de propagation initialement réservées à un usage militaire, l'utilisation de ces bandes de fréquences a nécessité une régularisation gouvernementale. Toutefois des bandes de fréquences pour un usage libre sont aussi définies.

2.6.2 Phénomènes de propagation des ondes électromagnétiques

La modélisation des pertes que subissent les ondes électromagnétiques dans leur propagation a été toujours parmi les tâches les plus difficiles dans la conception des systèmes sans fil. Les phénomènes qui conditionnent la propagation des ondes dans l'environnement peuvent être groupés en trois catégories [4] :

La réflexion : apparaît lorsque l'onde électromagnétique heurte un objet dont les dimensions sont importantes comparées à sa longueur. Par exemple, une onde peut se réfléchir sur le sol, un mur ou une voiture, etc.

La diffraction : se produit quand le trajet entre l'émetteur et le récepteur est obstrué par des objets qui présentent des formes irrégulières ; la diffraction est le résultat de l'interférence des ondes diffusées par chaque point de l'obstacle.

La diffusion : apparaît quand une réflexion se produit sur un objet dont la surface est moins importante en comparaison avec la longueur de l'onde.

Dans un scénario réel de propagation, tous les phénomènes évoqués précédemment sont présents. Il s'ensuit que l'onde incidente sur l'antenne de réception est une combinaison d'un grand nombre de répliques de l'onde émise ayant emprunté des chemins différents. On appelle ça une propagation multi-trajet [3]. Le phénomène de multi-trajet provoque une variation dans la puissance du signal reçu ou un affaiblissement de ce dernier, etc.

2.7 Couche MAC dans les réseaux ad hoc

Les spécificités du medium radio rendent l'utilisation efficace d'un protocole d'accès au medium primordiale. Le rôle du protocole ; d'accès au medium est multiple. Il est chargé d'éviter les collisions, d'assurer le partage de la bande passante et de résoudre certains problèmes spécifiques aux transmissions hertziennes (stations cachées ou exposées). Cependant, beaucoup des protocoles IEEE 802.11 et Bluetooth sont principalement utilisés dans les réseaux ad hoc pour le support des communications sans fil. Dans notre travail, nous avons utilisé la couche MAC du standard IEEE 802.11.

2.7.1 Protocole d'accès au médium

Dans les réseaux ad hoc, le support de communication est partagé entre les nœuds situés dans la même zone de couverture de leurs cartes réseau. Pour gérer l'accès au médium, différents mécanismes de contrôle d'accès ont mené à la norme IEEE 802.11, où les accès concurrents sont gérés par le protocole de détection de la porteuse CSMA, qui est bien approprié aux médias de transmission par diffusion. Ce protocole repose sur une écoute du canal de transmission, couplée à une attente aléatoire avant émission, afin de réduire la fréquence des émissions simultanées des trames rendant souvent la réception de ces trames impossible à cause de collisions. La couche MAC de la norme IEEE 802.11 définit deux modes d'accès au médium : Point Coordination Fonction (PCF) et Distributed Coordination Fonction (DCF).

2.7.1.1 Protocole d'accès PCF

Le PCF, optionnel, sert à supporter les trafics synchrones, i.e. trafics temps réel tels que la voix ou la vidéo. Il est basé sur un algorithme d'ordonnancement centralisé où la station de base appelé point d'accès gère les communications entre les mobiles se trouvant dans sa zone de couverture sur le principe de l'interrogation à tour de rôle des terminaux, ou polling. Une station ne peut émettre que si elle est autorisée par le point d'accès. Cette méthode permet une meilleure gestion de la bande passante puisqu'elle évite les collisions et est conçue essentiellement pour la transmission de données sensibles, qui demandent une gestion de la QoS. Cependant, la plupart des équipements présents sur le marché n'offrent pas cette option mais uniquement le DCF [9].

2.7.1.2 Protocole d'accès DCF

Ce mode d'accès est assez similaire à celui des réseaux traditionnels supportant le best-effort. Il a été conçu pour prendre en charge le transport de données asynchrones, dans lequel tous les utilisateurs qui veulent transmettre des données ont une chance égale d'accéder au support. Le mode DCF est basé sur une écoute permanente du médium par les stations désirant émettre. La plupart des cartes 802.11 proposées sur le marché utilisent ce mode d'accès au canal radio.

Dans ce mode, les transmissions s'effectuent en mode diffusion (broadcast), d'une station vers plusieurs récepteurs ou en mode point à point (unicast), d'une station vers un unique récepteur. Dans ce dernier cas, en cas de transmission réussie, le récepteur renvoie à l'émetteur une trame d'acquiescement (ACK) afin d'indiquer à ce dernier que la trame de données a été reçue correctement.

Les trames envoyées en mode diffusion ne sont pas acquittées, du fait que la génération de plusieurs acquittements simultanés entraîne des collisions potentielles sur les acquittements ainsi qu'une surcharge du réseau. La norme définit également trois variables temporelles ou IFS (Inter Frame Space) qui caractérisent le temps s'écoulant entre l'envoi des trames.

2.7.1.3 Espace inter-trames

Un espace inter-trame IFS est une période d'inactivité sur le support de transmission qui permet de gérer l'accès au support pour les stations ainsi que d'instaurer un système de priorités lors d'une transmission. Pour définir les différentes sortes d'IFS, la norme a tout d'abord introduit la notion de time slot comme étant l'intervalle de temps qui permet à une station de savoir si une autre station a accédé au canal au début du slot précédent. La valeur d'un time slot dépend de la couche physique utilisée. Pour la couche PMD à étalement de spectre à séquence directe, cette valeur est 20 μ s.

Il existe quatre types d'IFS :

Short Inter-Frame Spacing (SIFS): est utilisé pour séparer l'instant de réception des données et l'envoi d'un acquittement correspondant. C'est le plus petit écart entre deux trames transmises au sein d'un même dialogue comme par exemple, entre des données et leurs acquittements ou entre différents fragments d'une même trame. Cette valeur est fixée par la couche physique et est calculée de façon à laisser le temps à la station émettrice de commuter en mode réception pour pouvoir décoder le paquet entrant. Sa valeur est de 10 μ s dans 802.11b.

DCF Inter-Frame Spacing (DIFS): est le temps d'attente de chaque station avant d'émettre un paquet en mode DCF. Sa valeur est égale à celle d'un SIFS augmentée de deux time slots, 50 μ s.

PCF Inter-Frame Spacing (PIFS): est le temps que doit attendre les autres stations avant d'émettre un paquet en mode PCF. La valeur est inférieure au DIFS, pour permettre de favoriser ce mode.

Extended Inter-Frame Spacing (EIFS): l'EIFS est utilisé quand une station perçoit un signal qu'elle ne peut décoder. Elle diffère alors sa transmission d'un temps égal à EIFS, afin de ne pas provoquer de collision avec cette communication en cours. Sa valeur est de 364 μ s.

2.7.2 Mécanisme d'accès CSMA/CA

La méthode DCF s'appuie sur le protocole CSMA/CA (Carrier Sens Multiple Access/Collision Avoidance) qui est une technique d'accès aléatoire avec écoute de la porteuse, permettant d'écouter le support avant transmission et dont le but est d'éviter les collisions. Ce schéma d'accès est couplé à un mécanisme optionnel RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send, mécanisme aidant à la résolution des problèmes du terminal caché et du terminal exposé et à la réduction de l'effet des collisions).

Ces types de protocoles sont très efficaces quand le support n'est pas surchargé, puisqu'ils autorisent les stations à émettre avec un minimum de délai. Cependant il y a toujours un risque pour que des stations émettent en même temps et engendrent des collisions. Il est donc nécessaire de pouvoir éviter au maximum ces collisions. Le mécanisme du backoff est utilisé dans ce but.

2.7.2.1 L'algorithme de Backoff

C'est un mécanisme simple, basé sur le calcul d'un temporisateur qui gère les transmissions et les retransmissions. Il permet de réduire la probabilité de collision sur le canal en essayant de minimiser les chances d'avoir plusieurs stations qui accèdent au support en même temps [10]. Il repose sur le tirage aléatoire, dans un intervalle appelé fenêtre de contention, d'un nombre appelé backoff (temporisateur), par une station désirant accéder au médium. Ce nombre est compris entre 0 et une valeur maximale correspondant à la taille de la fenêtre de contention et notée initialement CW. La station devra ainsi attendre en plus du DIFS, une durée supplémentaire équivalente au backoff multiplié par la durée d'un slot. Lorsque le support est libre, les nœuds décrémentent leur backoff d'une unité à chaque slot. La première station atteignant la valeur 0 émet ses informations sur le canal radio.

Si pendant la décrémentement du backoff une nouvelle transmission est détectée, la décrémentement du backoff est interrompue et ne pourra reprendre qu'en cas de libération du canal radio. La figure I.3 décrit le mécanisme CSMA/CA.

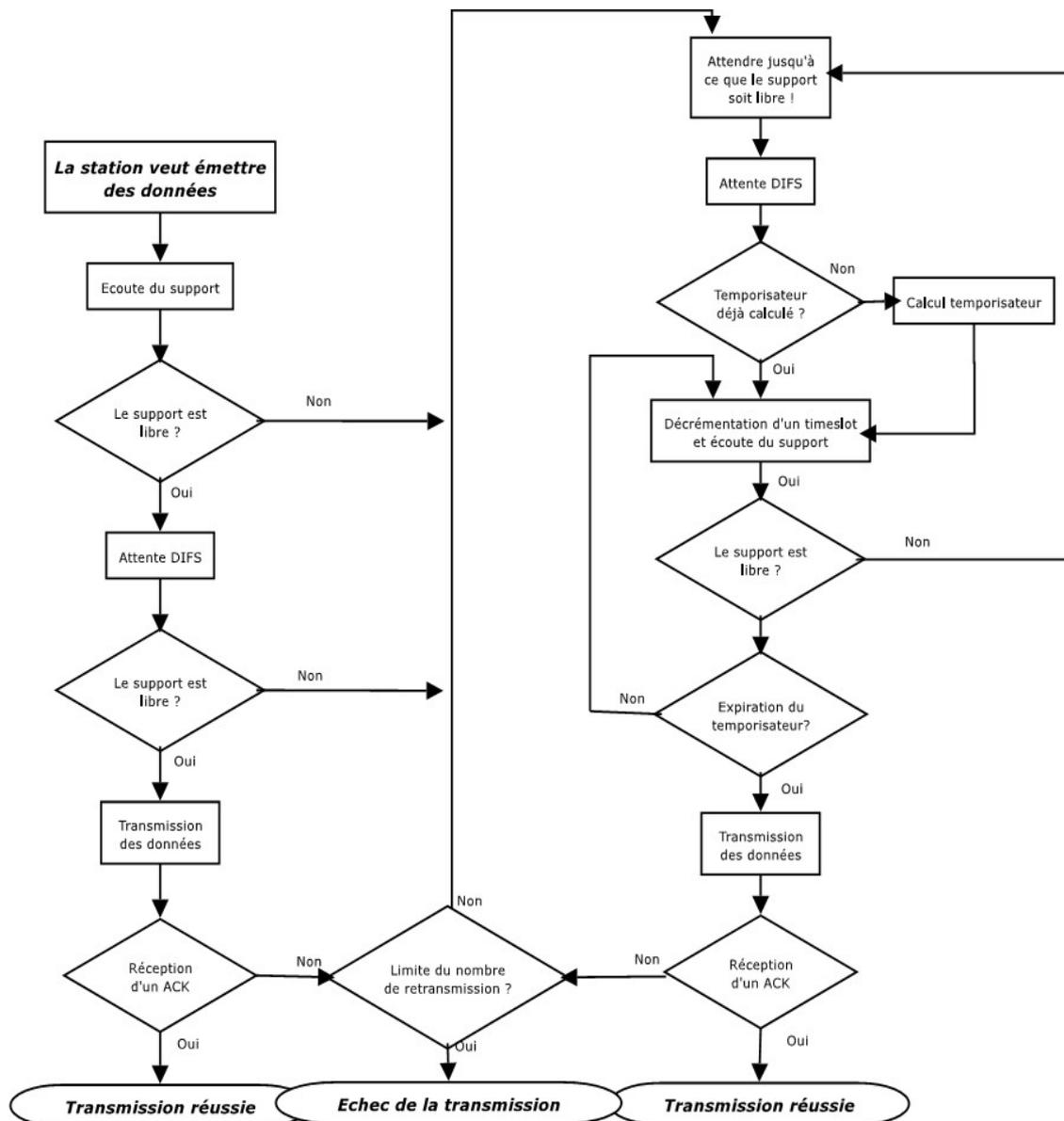


Figure 2.5. L'algorithme de CSMA/CA et algorithme de backoff

La figure 2.6 décrit un exemple d'accès concurrentiel au canal radio lors d'une transmission par deux stations A et B à portée de communication radio. Les stations A et B souhaitent émettre chacune une trame à la même date. Après une durée d'attente commune DIFS, la station A qui choisit le plus petit backoff, accède au canal et transmet sa trame. Pendant cette durée d'émission, le nœud B ne peut accéder au canal qu'il voit occupé. Après la réception de l'acquiescement correspondant au niveau du nœud A, indiquant que la transmission s'est déroulée correctement, le nœud B peut alors effectuer sa transmission après avoir décrémenté son backoff restant. Les transmissions se déroulent sans collisions et chaque trame est correctement acquittée.

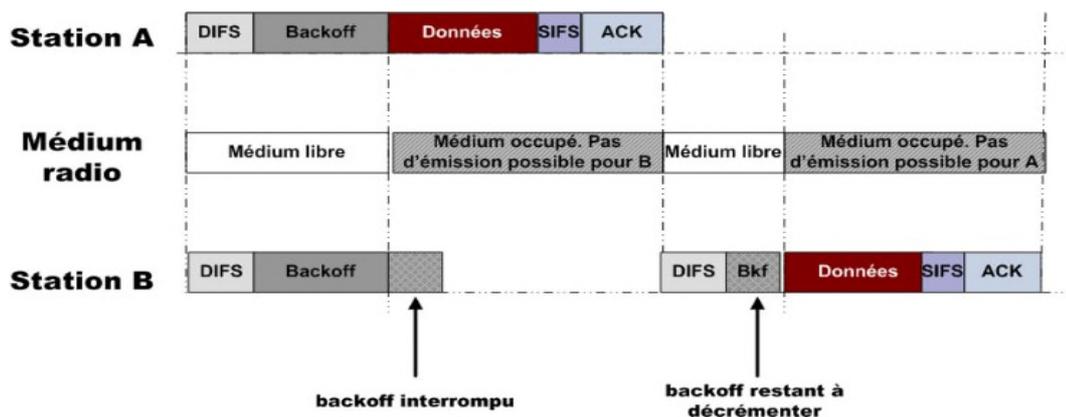


Figure 2.6. Exemple d'accès au canal par deux stations concurrentes

2.7.3 Retransmission et backoff exponentiel

Lorsque les collisions sont détectées, la couche MAC retransmet le paquet sans avoir à repasser par les couches supérieures et évite ainsi d'engendrer des délais significatifs. La détection des collisions est indiquée par l'absence de réception d'un acquiescement au bout d'un timeout et provoque la retransmission de la trame jusqu'au succès ou jusqu'à atteindre un nombre maximal de retransmissions autorisées. Dans ce dernier cas, la trame est détruite.

Au départ le temps de backoff est uniformément distribué dans l'intervalle $[0; CW_{\min}]$ et à chaque nouvelle retransmission, le protocole 802.11 double la valeur de la taille de la fenêtre de contention afin de réduire le risque de collision. Cette progression est bornée par une valeur maximale CW [11]. Lorsqu'une trame est reçue correctement, ou rejetée, la fenêtre de contention est ramenée à sa valeur initiale.

L'augmentation exponentielle du temps de backoff augmente non seulement le temps de séjour des paquets dans les files d'attente mais diminue aussi la capacité effective du réseau.

2.7.4 Trame MAC

Il existe deux types de trames dans la couche MAC des réseaux 802.11 : données et contrôle. Une trame de données comprend un en-tête, les données à transmettre et un champ de vérification d'erreurs. L'en-tête indique entre autres la nature et la durée de la trame ainsi que les adresses source et destination. Le champ de vérification d'erreurs, quant à lui, permet de déterminer si la trame reçue est erronée ou non.

Afin de remédier au problème de la station cachée, 802.11 propose un mécanisme utilisant des paquets de contrôle appelés RTS (Request To Send) et CTS (Clear To Send). Ce mécanisme permet de réduire l'impact des collisions sans toutefois les supprimer entièrement.

Les trames de contrôle sont composées d'un en-tête et d'un champ de vérification d'erreurs.

- La trame RTS : cette trame est envoyée par le nœud source lorsque ce dernier est prêt à envoyer un paquet vers une destination connue ;
- La trame CTS : lorsque le nœud destination est prêt à recevoir une trame, en réponse à la trame RTS reçue, il envoie à la source une trame CTS. Le processus RTS/CTS permet au couple émetteur-récepteur de réserver de la bande passante afin de réduire les risques de collisions avec les autres stations. Ce principe de réservation du canal par l'envoi de petits paquets de contrôle est appelé détection de porteuse virtuelle ou Virtual Carrier Sense. La période de réservation est stockée dans le vecteur d'allocation du réseau (NAV – Network Allocation Vector).
- Trame ACK : C'est le paquet envoyé par la destination lorsqu'elle reçoit correctement et sans erreur une trame de données.

Les messages RTS/CTS et ACK sont prioritaires à l'accès au médium, car ils disposent d'un temps d'attente IFS (Inter Frame Space) inférieur à celui des paquets de données.

2.8 Conclusion

Ce chapitre a été axé sur le concept des environnements ad hoc et l'utilisation de la technologie de communication sans fil. L'évolution rapide qu'a connue la technologie sans fil récemment, a facilité la mise en œuvre d'applications mobiles et ne supportant pas d'infrastructure préexistante (telles que les applications militaires) et a permis l'apparition de nouveaux systèmes de communication qui offrent plus d'avantages par rapport aux systèmes classiques. Les nouveaux systèmes n'astreignent plus l'utilisateur à une localisation fixe, mais lui permet une libre mobilité. Un réseau ad hoc doit pouvoir être déployé à la demande, fonctionner sans infrastructure de communication préexistante et bien sûr tolérer la mobilité. Il doit aussi garantir des échanges fiables et de qualité pour certaines applications critiques. La compréhension parfaite de la communication utilisée dans le nouvel environnement, nécessite la compréhension des notions de base de la technologie sans fil comme l'utilisation des ondes radio, la notion de bande passante, etc. Le but de ce chapitre a été de donner un aperçu général sur cette technologie notamment les mécanismes d'accès qu'elle propose.

CHAPITRE 3

Algorithmes et mécanismes d'ordonnement dans les reseaux ad hoc

3.1 Introduction

Ce chapitre dresse un état de l'art des techniques d'ordonnement dans les réseaux en général et les réseaux sans fil en particulier, techniques constituant un élément fondamental pour la fourniture de qualité de service. Mais avant de spécifier les mécanismes existants les plus réputés, un rappel sur les généralités des techniques d'ordonnement sera fait.

3.2 Généralité

En général, les protocoles MAC peuvent être classés selon deux types :

- Centralisés : Dans les protocoles d'accès, centralisés, un hôte particulier (souvent désigné par Station de Base ou Point d'Accès) coordonne l'accès au média. Un noeud souhaitant transmettre doit attendre que le point d'accès lui en donne la permission.
- Distribués : Dans les protocoles d'accès centralisés, un coordonnateur n'est plus nécessaire. Chaque noeud joue le même rôle. (Par exemple, avec le protocole CSMA ou Carrier Sense Multiple Access, un noeud souhaitant transmettre, écoute le canal et ne transmet que si aucun autre noeud n'est en train de transmettre)

En comparant les deux approches, les protocoles distribués semblent présenter des avantages par rapport aux protocoles centralisés. En effet :

- Avec un protocole centralisé, si un noeud ne peut communiquer avec le point d'accès, il ne peut communiquer avec aucun autre noeud ; Alors qu'avec un protocole distribué, si un noeud ne peut communiquer avec certains noeuds, rien ne l'empêche de communiquer avec les autres noeuds.
- Avec un protocole centralisé, le noeud central a la responsabilité de garder une trace de l'état de l'ensemble des noeuds du réseau

- Avec une approche centralisée, le noeud central devient un goulet d'étranglement : s'il vient à tomber, l'ensemble du réseau est pénalisé

Les sections suivantes présentent les différentes techniques d'ordonnements.

3.3 Politique d'ordonnement

Une politique d'ordonnement a la charge de fournir des garanties aux paquets qu'elle gère. Elle dispose d'un ensemble de méthodes (empaquetage des données, optimisation, etc.) pour arriver à ses fins. La politique effectue toute seule la gestion des paquets que l'on veut bien lui fournir. Lorsque des données sont transmises par l'application (indirectement), la politique est appelée si elle a la charge du flux correspondant. Elle peut alors décider d'empaqueter immédiatement les données dans une structure prête à être transmise, ou bien de les agréger à d'autres requêtes, ou encore d'envoyer une demande de synchronisation avec le récepteur et de placer les données dans une liste temporaire (protocole rendez-vous). Par la suite lorsqu'une carte réseau devient libre, et que Stratos décide de lui donner la main, elle va exécuter sa fonction d'optimisation pour décider de la requête qu'elle transmet à la carte. Son choix peut très bien ne pas être trivial (le premier de la liste) et consister à transmettre le premier paquet dont la taille est inférieure à un certain seuil, ou bien le premier paquet de la liste la plus prioritaire.

C'est cette facilité d'implémentation qui va nous autoriser à ajouter plusieurs politiques aisément, à écrire ses propres algorithmes. Il suffit pour cela de remplir les quelques fonctions d'initialisation de structure, et les deux méthodes explicitées précédemment.

Cette optique ressemble un peu au concept des stratégies. Actuellement, ce n'est pas encore mis en place mais le but des stratégies est, à terme, de pouvoir réaliser une simulation d'optimisation qui renvoie alors un score, permettant d'apprécier les performances obtenues. Le moteur de l'optimiseur choisit ainsi la stratégie qui obtient le meilleur score. De la même façon, la stratégie implémentée dans ce mémoire dispose de plusieurs politiques d'ordonnement, chacune accomplissant diverses actions. La différence provient du fait que ce sont les processus applicatifs qui choisissent la politique à appliquer parmi le panel disponible. Les politiques s'assimilent donc à des mini-stratégies.

En conséquence, c'est à l'intérieur de ces politiques que l'on va mettre en place les algorithmes inspirés des travaux sur la qualité de service.

3.3.1 Les algorithmes d'ordonnancement des différentes politiques

Nous décrivons ici les algorithmes utilisés dans les différentes politiques d'ordonnancement.

3.3.1.1 FIFO C'est le plus simple algorithme. Les paquets sont délivrés suivant leur ordre chronologique d'arrivée. Il ne permet pas de différencier les paquets entre eux mais il a l'avantage d'être simple et donc rapide.

Aucun traitement particulier n'est appliqué dans cette politique. Tous les paquets sont placés dans une même liste et le premier arrivé est le premier transmis. C'est le fonctionnement de base de la stratégie par défaut de NewMadeleine. Cette politique est utilisée pour tous les flux qui n'ont pas spécifié de politique particulière.

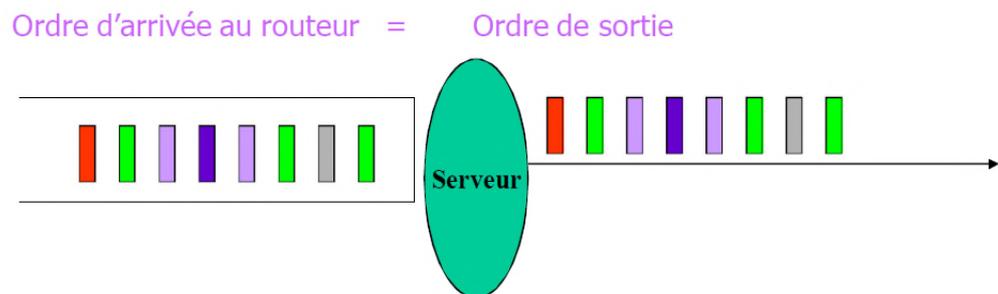


Figure3.1 : ordononancement FIFO

3.3.1.2 Round robin Pareillement à Priority Queuing les paquets sont répartis dans un certain nombre de files suivant leur classe, ensuite, un tourniquet alterne les paquets à servir parmi les files présentes.

- Associer une queue à chaque flux. Servir les queues à tour de rôle.
 - Avantages** : simplicité, possibilité de réalisation câblée, équité.
 - Inconvénients** : ne permet pas la garantie de QoS. Pas d'équité si les paquets sont de tailles différentes.

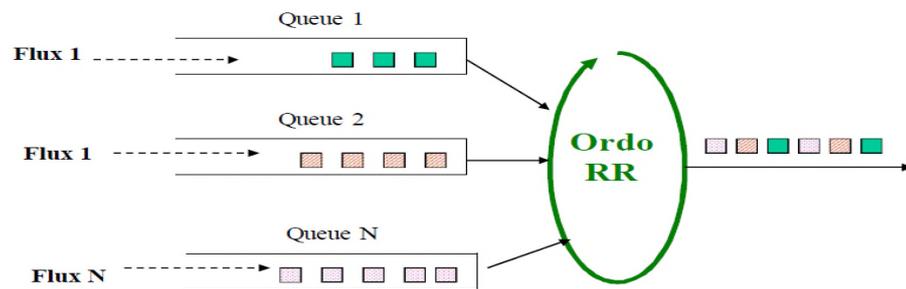


Figure3.2 : ordonnancement RR

3.3.1.3 Decifit round robin Idée de base : extension de RR pour des paquets de taille variable. Economiser des crédits pour transmettre.

- Associer un compteur $C[k]$, initialisé à 0, à chaque queue k
- Lorsque la connexion k est visitée par DRR
 - Si la queue k est non vide
 - { $C[k] = C[k] + \text{quantum}$;
 - Si $\text{Taille}(\text{tetequeue}[k]) \leq C[k]$
 - { Le paquet est transmis;
 - $C[k] = C[k] - \text{taille du paquet transmis}$;
 - Si la queue k est vide { $C[k] = 0$; }
 - }
 - Passer à la queue suivante

Avantages : facile à implanter ; plus d'équité que RR.

Inconvénients : ne permet pas la garantie de QoS (en général).

3.4 Ordonnancement avec contrôle de délai (Delay-Controlled Queuing)

Différents mécanismes d'ordonnancement fournissant une différenciation de délai ont été proposés.

3.4.1 Waiting Time Priority (WTP)

Dans le contexte du modèle de différenciation proportionnelle de délai, l'ordonnanceur Waiting Time Priority a été proposé dans [14]. WTP repose sur le principe suivant : il augmente la priorité d'un paquet à transmettre en fonction du temps d'attente de ce dernier. WTP est connu pour être le meilleur ordonnanceur pour la différenciation proportionnelle de délai. Par la suite, des variantes et améliorations de WTP ont été proposées.

L'AWTP ou Advanced WTP [15] , proposé en 2003, se base non seulement sur le temps d'attente des paquets pour déterminer leur priorité mais utilise également le temps de transmission des paquets. Les simulations ont alors révélées que AWTP présente plus d'efficacité en terme de différenciation proportionnelle de délai mais en plus réduit les temps d'attente moyen des paquets.

CWTP ou Cross-Layer WTP a également été proposé dans [16]. CWTP est en fait implémenté sur deux couches, d'où le nom "Cross-Layer" : au niveau de la couche réseau, la priorité des paquets à transmettre est gérée en fonction du d'attente de ces derniers ; en même temps, au niveau de la couche MAC, la priorité des noeuds pour accéder au canal de communication est gérée.

3.4.2 Earliest Due Date (EDD) ou Earliest Deadline First (EDF)

EDD est un ordonnanceur qui permet de faire de la différenciation de délai. Son principe est le suivant : à chaque classe de paquet est associé un délai limite de transmission [14]. Un paquet arrivant à un temps t est alors marqué par un tag représentant son deadline de transmission (fonction du délai limite de transmission de la classe à laquelle appartient le paquet).

Les paquets sont par la suite ordonnancés selon leur deadline de transmission croissant. Une option dans le mode de fonctionnement de EDD peut être rajoutée : il s'agit de rejeter les paquets dont le deadlines de transmission a été dépassé avant qu'ils ne rentres le service. On parle alors de l'ordonnancement Shortest Time to Extinction (STE). Des variantes de EDD ont également été proposées dont WEDD ou Weighted EDD.

WEDD [36] est une amélioration de EDD par le fait qu'il prend aussi en compte - qu'il pondère - la probabilité pour qu'un délai de transmission soit violé, alors qu'EDD considère que la probabilité de violation d'un délai de transmission est la même pour tous les paquets.

3.5 Ordonnancement avec contrôle de débit (Rate-Controlled Queuing)

L'algorithme d'ordonnancement avec contrôle de débit utilise à la fois un régulateur et un ordonnanceur. Le régulateur sélectionne les paquets éligibles et l'ordonnanceur fait l'ordonnancement de ces paquets éligibles. En choisissant différents régulateurs et ordonnanceurs, le mécanisme de contrôle de débit peut fournir plusieurs garanties de bande passante, de délai et de gigue.

3.6 Class-Based Queuing

3.6.1 Priority Queuing (PQ)

L'ordonnancement par priorité ou PQ [17] utilise un processus de classification pour ordonner les paquets provenant des flux vers différentes files, qualifiées par une priorité. On distingue ainsi quatre niveaux de priorité. La file de plus haute priorité contiendra les paquets jugés par le classificateur comme étant les plus prioritaires, c'est-à-dire les paquets "gourmands" qui demandent une disponibilité de ressources suffisantes. A l'intérieur de ces files à priorité, le traitement est effectué selon l'ordonnancement FIFO. C'est à la sortie que se présente l'ordonnancement par priorité.

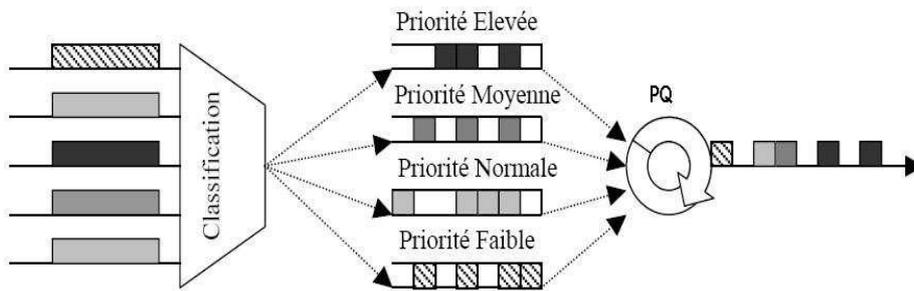


Figure 3.4 Ordonnancement par PQ

3.6.2 Class-Based Queuing (CBQ)

D'un principe avoisinant la politique Priority Queuing, l'algorithme Class Based Queuing[18] (encore appelé Weighted Round Robin) tente de remédier aux insuffisances des algorithmes Fair Queuing et Priority Queuing. D'une part, CBQ est destiné à traiter des flots avec différents besoins de bande-passante - ainsi, CBQ attribuera à chaque file un pourcentage de ressources à fournir ; d'autre part, CBQ assure qu'il n'y ait pas de famines pour les files de basse priorité, l'algorithme agissant séquentiellement sur toutes les files présentes [19].

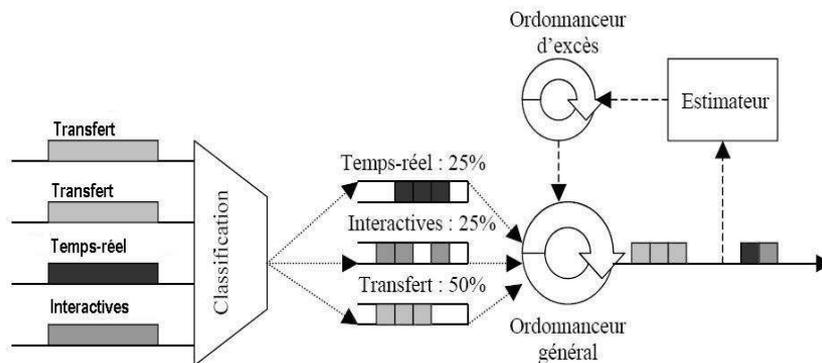


Figure. 3.5 Mécanisme utilisé par l'ordonnancement CBQ

L'ordonnement CBQ utilise, tout comme PQ, un mécanisme de classification des flots (par exemple, les applications temps-réel, les applications interactives et les applications de type transfert de fichiers). A chaque classe est attribuée une file d'attente à laquelle est alloué un pourcentage de bande passante à attribuer. A la sortie des files "par classe", un ordonnanceur général permet de partager la bande-passante du lien de sortie entre les différentes classes, selon le poids qui leur a été attribué, en utilisant le principe séquentiel de Round-Robin. L'estimateur évalue la bande-passante pour chaque classe et effectue un marquage selon le débit d'émission de chaque file : si la file émet à un débit moindre que la bande-passante qui lui est réservée, elle est marquée "underlimit" ; pour un débit d'émission égale à la part allouée, la file est marquée "at limit" ; enfin, elle sera identifiée comme "overlimit" si le débit de sortie de la file est supérieur au pourcentage dé_ni. Un ordonnanceur "d'excès" est placé à la sortie de l'estimateur pour pouvoir distribuer un éventuel excès de bande passante entre les classes. Ce mécanisme permet d'indiquer la (ou les) classe(s) qui est (sont) autorisée(s) à se partager l'excès de ressources, c'est-à-dire celles qui n'ont pas été consommées.

3.7 Autres mécanismes

3.7.1 CF-Schedule / CP-Schedule dans IEEE 802.11e

Dans IEEE 802.11e, un mécanisme d'ordonnement appelé CF-Schedule (Contention Free Schedule) a été étudié [20]. Le principe de cet algorithme est d'allouer à chaque station de travail un intervalle de temps permanent. Cependant, cet algorithme présente des inconvénients en terme de gaspillage de la bande passante. En effet, si une station de travail ne détecte pas l'intervalle de temps qui lui est alloué ou si elle n'utilise pas tout l'intervalle de temps qui lui est alloué, cet intervalle de temps serait gaspillé puisqu'elle ne pourra pas être utilisé par les autres stations de travail. Un autre algorithme a alors été introduit : le CP-Schedule (Contention Period Schedule) qui incorpore le mécanisme d'accès DCF (Distributed Coordination Function). L'idée de base est de spécifier les transmissions des stations de travail en utilisant des contentions ordonnées, c'est-à-dire que l'on spécifie un temps de backoff distinct pour chaque station [20]. Ici, à la différence de DCF, un backoff est décrétement après un SIFS, plutôt qu'après un DIFS.

3.7.2 Adaptive Cross-Layer Scheduling (ACL)

Le mécanisme ACL proposé dans l'article [21] a été introduit dans le but de satisfaire le délai de transmission des paquets tout en considérant le taux d'utilisation de la bande passante. Le nom Adaptive Cross-Layer vient du fait que le mécanisme change l'ordonnancement en fonction de différentes variables à travers différentes couches : au niveau de la couche liaison de données, le délai de transmission des paquets est considéré ; au niveau de la couche physique, c'est la qualité du canal qui est étudiée. Ainsi, en fonction des mesures effectuées par le mécanisme, l'ordonnancement est adapté de manière à minimiser le coût de transmission.

3.8 Conclusion

Pour conclure, de nombreuses techniques d'ordonnancement dans les réseaux ont été proposées et des améliorations sur ces techniques existantes ne cessent d'être apportés. La comparaison entre ces différentes techniques d'ordonnancement ne permet pas de définir un "meilleur" algorithme car tout dépend de l'utilité recherchée.

Dans le chapitre suivant, un mécanisme d'ordonnancement pour le partage équitable de la bande passante sur un réseau sans fil ad hoc sera proposé. Un protocole distribué présentant plus d'avantages par rapport à un protocole centralisé, ce mécanisme s'oriente alors vers un mode distribué.

Chapitre 4

Simulation

4.1 Introduction

Un simulateur de réseau est une technique de mise en œuvre du réseau de l'ordinateur. Grâce à lui, le comportement du réseau est calculé soit par le réseau entités interconnexion utilisant des formules mathématiques, ou en capturant et en lecture des observations à partir d'un réseau de production.

Avant de commencer la réalisation du notre projet, il faut choisir les outils nécessaires pour l'implémenter. Pour cela nous avons choisi de travailler avec le simulateur NS2.

4.2 Présentation de NS2

Network Simulator [22] est un outil logiciel de simulation de réseaux informatiques. Il est principalement bâti avec les idées de la conception par objets, de réutilisabilité du code et de modularité. Il est devenu aujourd'hui un standard de référence en ce domaine. C'est un logiciel dans le domaine public disponible sur l'Internet. Son utilisation est gratuite. Le logiciel est exécutable tant sous Unix que sous Windows.

Le simulateur fonctionne avec des scripts écrits en Tcl/Tk ou en OTcl ; une utilisation du C++ est toutefois conseillée pour les simulations délicates.

La version actuelle de NS est particulièrement bien adaptée aux réseaux à commutation de paquets et à la réalisation de simulations de petite taille. Il contient les fonctionnalités nécessaires à l'étude des algorithmes de routage uni point ou multipoint, des protocoles de transport, de session, de réservation, des services intégrés, des protocoles d'application comme HTTP. De plus le simulateur possède déjà

une palette de systèmes de transmission (couche 1 de l'architecture TCP/IP), d'ordonnanceurs et de politiques de gestion de les d'attente pour effectuer des études de contrôle de congestion [23].

A titre d'exemple la liste des principaux composants actuellement disponibles dans NS par catégorie est :

- Application : Web, ftp, telnet, générateur de trafic (CBR...) ;
- Transport : TCP, UDP, RTP, SRM ;
- Routage unicast : Statique, dynamique (vecteur distance) ;
- Routage multicast : DVMRP, PIM ;
- Gestion de file d'attente : RED, DropTail, Token bucket.

4.2.1 Utilisation de NS2

La simulation avec ns-2 passe en général par trois phases :

Définition de la topologie du réseau : dans cette partie, on définit les nœuds et les connexions. On peut définir sur chaque lien, le délai, la bande passante, le fait qu'il soit simplexe ou duplexe et le type le d'attente se trouvant à son extrémité.

Spécification du scénario de la simulation : dans le cadre de cette étape, l'utilisateur spécifie les différents agents de la communication qui vont agir pendant la simulation (tel ou tel nœud envoie ses données, routeurs actifs (respectivement inactifs) et la succession des différentes opérations (à l'instant t_1 , envoi des données ; à l'instant t_2 arrêt d'émission). Il spécifie en n les différents comportements que prend le réseau vis-à-vis de tel ou tel événement.

Exploitation des résultats : cette dernière phase consiste en un recueil des statistiques de la simulation. Ces dernières peuvent être exploitées directement par ns-2 ou par l'un des outils qui l'accompagnent (outil de tracé graphique : xgraph, outils d'animation de la simulation : nam) ou bien elles seront archivées pour une utilisation ultérieure au

moyen d'autres outils de traitements statistiques.

4.3 Choix de NS2

NS2 est utilisé sous un environnement Linux. Certains membres de l'équipe utilisent Cygwin pour utiliser NS2 sous Windows. Le logiciel doit être compatible avec Unix et Windows. Le choix s'est donc porté sur Java. Ce langage en plus d'être multiplateforme dispose de nombreuses API répondant à nos besoins.

La partie principale de l'application est la création graphique de la topologie. L'ergonomie étant très importante, l'utilisation d'un module graphique complet est nécessaire. L'API JGraph présente ces caractéristiques. Ce composant permet de créer des diagrammes, des graphes à état, ou toute sorte de graphe basé sur des principes de nœuds et de liens. De plus les entités peuvent prendre n'importe quelle forme afin de correspondre aux besoins du développeur. Cette API dispose de fonctions de sauvegarde qui ne seront pas utilisées puisque le logiciel a besoin de stocker d'autres informations propres à chaque entité.

4.3.1 Avantages

- Observations des états des systèmes
- Etudes des points de fonctionnement d'un système
- Etudes de systèmes à échelle de temps variable
- Etudes de l'impact des variables sur les performances du système
- Etude d'un système sans les contraintes matérielles

4.3.2 Inconvénients

- La conception de modèles peut nécessiter des compétences spéciales
- Une autre forme d'analyse plus proche de la réalité est peut-être nécessaire
- Résultats difficilement interprétables
- Résultat pas forcément généralisable
- Résultat son en fonction des entrées du système

4.4 L'outil de visualisation NAM

NS-2 ne permet pas de visualiser le résultat des expérimentations. Il permet uniquement de stocker une trace de la simulation, de sorte qu'elle puisse être exploitée par un autre logiciel, comme NAM.

NAM est un outil de visualisation qui présente deux intérêts principaux : représenter la topologie d'un réseau décrit avec NS-2, et afficher temporellement les résultats d'une trace d'exécution NS-2. Par exemple, il est capable de représenter des paquets TCP ou UDP, la rupture d'un lien entre noeuds, ou encore de représenter les paquets rejetés d'une file d'attente pleine. Ce logiciel est souvent appelé directement depuis les scripts TCL pour NS-2, pour visualiser directement le résultat de la simulation.

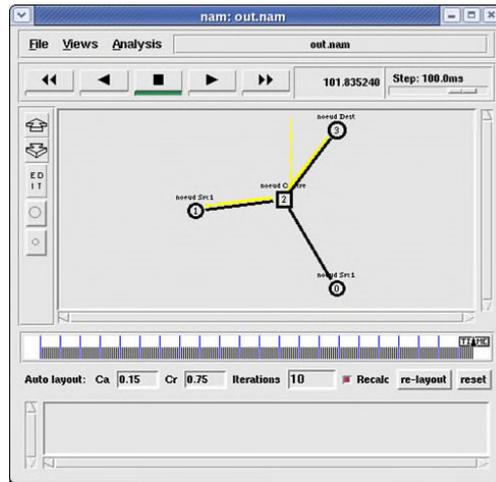


Figure 4.1 Simulateur réseau NS2

4.4.1 Xgraphe

Xgraphe est une application X-Windows qui inclut le traçage interactif et graphique, animation et dérivées, de portabilité et de corrections de bugs.

Donc, pour tracer les caractéristiques des paramètres NS2 comme le débit, la fin d'un retard de la fin, les paquets d'informations, etc. peut être tracée en utilisant xgraph.

Le fichier xgraph affiche les informations a propos de la surcharge avec la taille du réseau, Overhead est compare avec quatre protocoles de routage comme AODV, DSR, DSDV, NEAODV. Les valeurs sont prises a partir des divers fichiers de trace.

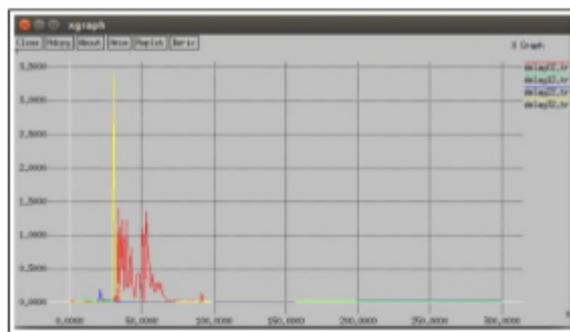


Figure 4.2 exemple de graphe

Conclusion

Les réseaux sans fil se caractérisent par une flexibilité d'emploi sans cesse croissante. Les réseaux ad hoc sont une variété de réseaux sans fil équipés d'une technologie de transmission sans fil et dotés de protocoles permettant la mise en réseaux de ceux-ci. Cependant, il est très difficile de garantir un ordonnancement en temps réel dans un réseau ad hoc, car il faut prendre en considération les spécificités de ces réseaux.

Nous avons pu à travers ce document faire un état de l'art sur les différentes techniques d'ordonnancement existant dans les réseaux. Puis, de cet état de l'art, nous avons pu proposer un nouveau mécanisme d'ordonnancement pour réseaux sans fil ad hoc. Ce mécanisme est basé sur deux couches du modèle OSI. Au niveau de la couche réseau, le mécanisme calcule le temps d'attente de chaque paquet. Au niveau de la couche MAC, un ordonnancement des nœuds en contention est réalisé grâce à une modification de la procédure habituelle de backoff.

Bibliographie

- [1] I.F. Akyildiz, X. Wang, W. Wang; "Wireless mesh networks: a survey"; Computer Networks, Vol. 47, pp. 445–487, 2005.
- [2] J. Broch; "A Performance Comparison of Multihop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols"; Proc. IEEE/ACM MOBICOM , pp.85-97,1998.
- [3] P. Chandra, D.M. Dobkin, A. Bensky, R.Olexa, D.A. Lide, F. Dowla; "Wireless Networking"; UK, Elsevier Inc, ISBN: 978-0-7506-8582-5, 2008.
- [4] P.Santi; "Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks"; England, John Wiley & Sons Ltd, ISBN-13: 978-0-470-09453-2, 2005.
- [5] B. Tavli, W. Heinzelman; "Mobile Ad Hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communications"; Netherlands, Springer, ISBN-13 978-1-4020-4633-9, 2006.
- [6] M. Ilyas ;"The Handbook of Ad Hoc Wireless Networks"; USA, CRC Press LLC, ISBN 0-8493-1332-5, 2003.
- [7] R. Morris, J. Jannotti, F. Kaashoek, J. Li, D. Decouto; "CarNet : A scalable ad hoc wireless network system"; Proc. 9th workshop on ACM SIGOPS European workshop: Beyond the PC: New Challenges for the Operating System, Denmark, September 2000.
- [8] S.L. Wu, Y.C. Tseng; "Wireless Ad Hoc Networking: Personal-Area, Local-Area, and the Sensory-Area Networks"; USA, Auerbach publications, ISBN: 0-8493-9254-3, 2007.
- [9] WANG, W., LIEW, S. et LI, V. "Solutions to performance problems in VoIP over a 802.11 wireless LAN". IEEE Transactions on Vehicular Technology, 54 (1), 366–347, 2005.
- [10] N. Prasad, A. Prasad. "WLAN Systems and Wireless IP for Next Generation Communication", Edition Artech House 2002.
- [11] RIGGIO, R., MIORANDI, D., DE PELLEGRINI, F., GRANELLI, F. et CHLAMTAC, "A traffic aggregation and differentiation scheme for enhanced QoS in IEEE 802.11- based wireless mesh networks". Comput. Commun., 31(7), 1288–1300. 2008
- [12] M. Hülsmann, K. Windt, Eds.; "Understanding Autonomous Cooperation and Control in Logistics - The Impact on Management, Information and Communication and Material Flow", Springer, ISBN: 978-3-540-47449-4, 2007.
- [14] Stefan Bodamer. A New Scheduling Mechanism to Provide Relative Differentiation for Real-Time IP Traffic. GLOBECOM, 2000.
- [15] Yuan-Cheng Lai and Wei-Hsi Li. A Novel Scheduler for Proportional Delay Differentiation by Considering Packet Transmission Time. IEEE Communications Letters, 2003.
- [16] Yuan Xue, Kai Chen, and Klara Nahrstedt. Achieving proportional Delay Differentiation in wireless LAN via crosslayer scheduling. Journal of Wireless Communications and Mobile Computing, Special Issue on Emerging WLAN Technologies and Applications, Wiley InterScience, 2004.

- [17] Xue Yang and Nitin H. Vaidya. Priority Scheduling in Wireless Ad Hoc Networks. Proceedings of the 3rd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing, Lausanne, Switzerland, 2002.
- [18] Leila Toumi. Algorithmes et mécanismes pour la qualité de service dans les réseaux hétérogènes. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'INPG (Grenoble), 2002.
- [19] Anurag. Study of Expedited Forwarding in Differentiated Service and its Performance characteristics using CBQ Implementation.
- [20] Shou-Chih Lo and Wen-Tsuen Chen. An Efficient Scheduling Mechanism for IEEE 802.11E MAC Enhancements. IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC), 2004.
- [21] Kerstin B. Johansson and Donald C. Cox. An Adaptive Cross-Layer Scheduler for Improved QoS Support of Multiclass Data Services on Wireless Systems. JSAC, 2005
- [22] Kevin Fall and Kannan Varadhan. The ns Manual (formel ns Notes and Documentation). The VINT Project.
- [23] Pascal Anneli and Eric Horlait. NS-2 : Principes de conception et d'utilisation.

Sites Web

- [13] <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter>. Html; work in progress.
- [24] DARPA Home Page; <http://www.darpa.mil>.
- [25] IEEE 802.11 standard group website; <http://www.ieee802.org/11/>.
- [26] The network simulator, NS version 2; <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [27] The Zigbee alliance; <http://www.zigbee.org/en/index.asp>.

Résumé

Afin de réaliser un partage équitable des ressources dans les réseaux, différentes techniques sont proposées. Parmi elles, les techniques d'ordonnement constituent un ensemble d'outil efficace.

Dans ce même domaine, les réseaux sans fils dont l'utilisation s'est vulgarisée nécessite une rapartition équitable des ressources, notamment en terme de bande passante.

Après une analyse des techniques d'ordonnement existants dans les réseaux, ce papier propose un mécanisme d'ordonnement distribué pour contrôle de bande passante sur réseau sans _l monosaut en mode Ad Hoc.

Ce mécanisme agit sur deux couches : Au niveau IP : un mécanisme qui calcule le temps d'attente et le temps de transmission de chaque paquet est appliqué ; au niveau MAC (Medium Access Control), une modi_cation de la

procédure habituelle de backoff (IEEE 802.11) est appliquée en introduisant la technique du piggybacking et en utilisant une valeur du temps de backoff retournée par la couche supérieure.

Mots clefs : Réseaux Ad Hoc, IEEE 802.11, Ordonnement

Abstract

In order to realize fair share of networks ressources, several mechanisms are proposed. Among them, scheduling mechanisms are efficient approaches. Thus, wireless networks, whose usage has gained an increasing popularity,

also need fair share of ressources, especially in term of bandwidth. This paper propose a distributed scheduling mechanism for bandwidth control over wireless ad hoc network. This mechanism is implemented on two layers of the OSI model : on IP layer, the waiting time and the transmission time of each packet in the waiting queue of a node is estimated ; on the MAC layer, a modification of the normal backoff process is applied using piggybacking and the backoff time value returned by the upper layer.

Keywords : Ad Hoc Networks, IEEE 802.11, Scheduling
