Lot 2
Applications

Définition des cas d'étude

Description :	On étudie dans ce document la pertinence de quelques normes importantes (CSMA/CA, CSMA/CD, BlueTooth et Wifi), en prenant en compte les objectifs d'Averroes – la vérification de propriétés quantitatives – et leur importance actuelle dans le domaine des télécommunications.
Auteur(s) :	Thierry Heuillard, Jean-François Monin, Bertrand Tavernier
Référence :	Averroes / Lot 2 / Fourniture 1 / V1.0
Date :	14 novembre 2003
Statut :	validé
Version :	1.0

Réseau National des Technologies Logicielles
Projet subventionné par le Ministère de la Recherche et des Nouvelles Technologies

CRIL Technology, France Télécom R&D, INRIA-Futurs, LaBRI (Univ. de Bordeaux – CNRS), LIX (École Polytechnique, CNRS) LORIA, LRI (Univ. de Paris Sud – CNRS), LSV (ENS de Cachan – CNRS)

Historique

1 octobre 2003	V 0.1	création du document
6 octobre 2003	V 0.1	version préliminaire
9 octobre 2003	V 0.1	mise au format
14 novembre 2003	V 1.0	corrections AVERROES

Table des matières

1 Introduction

1.1 Rappel de l'objectif

Ce document est rédigé dans le cadre du projet RNTL Averroes, dont l'objet est la vérification de propriétés quantitatives et fonctionnelles.

1.2 Rappel du sous-projet

L'objectif du lot 2 est de fournir un cas d'étude afin d'expérimenter les outils d'Averroes.

Pour le choix du cas d'étude, nous avons tout d'abord hésité entre plusieurs normes à la mode, que sont BlueTooth et Wifi. BlueTooth a été rapidement éliminé pour des raisons qui apparaissent dans le corps de ce document. Wifi, par contre, a plusieurs avantages qui en font un candidat sérieux d'étude pour Averroes, comme nous allons le démontrer ici. Ce document donne donc quelques éléments de base sur BlueTooth, Wifi et Ethernet (IEEE 802.3), de façon à expliquer l'intérêt du choix de Wifi.

1.3 Sites

Sites	Adresse
Un bon site pour se former sur WiFi	http ://rubb.free.fr/802-11/index.php
Standard 802.3	http ://standards.ieee.org/getieee802/802.3.html
Standard 802.11	http ://standards.ieee.org/getieee802/802.11.html

2 Glossaire

Abréviation	Sens
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CSMA-CA	CSMA with Collision Avoidance. Protocole d'accès au support utilisé par Wifi.
CSMA-CD	CSMA with Collision Detection Utilisé par les LAN Ethernet 802.3
Ethernet	Norme pour les LAN filaire. *Nickname* pour IEEE 802.3
WiFi	Wireless Fidelity (Jeu de mot avec HiFi). En quelque sorte, c'est le nom « grand public » pour les normes 802.11
MAC	Medium Access Control
IEEE 802.3	Norme IEEE pour Ethernet
IEEE 802.5	Token Ring
IEEE 802.11	Norme régissant les réseaux locaux sans fil
IEEE 802.11HR	Norme régissant les réseaux locaux sans fil Haut débit (HR = High Rate)

3 Un tour d'horizon rapide des normes

3.1 Introduction

L'objectif de cette section est de passer en revue rapidement les quelques normes qui semblent pouvoir nous intéresser dans le cadre d'Averroes, à savoir BlueTooth, 802.3 et 802.11 .

3.2 BlueTooth

Nous ne dirons de BlueTooth que le strict nécessaire pour l'écarter de notre choix. BlueTooth est un ensembre de normes de transmission radio basé sur le protocole DTMA, qui est un protocole maître-esclave. Ce type de protocole est peu intéressant pour l'étude de propriétés quantitatives car, sans être déterministe, il n'y a pas vraiment de mécanisme de compétition pour donner des cas probants. Le seul cas intéressant serait sa partie synchronisation, où deux stations émettent dans des canaux et changent de canal aléatoirement 100 fois par seconde jusqu'à s'accorder. Cet algorithme probabiliste pour la synchronisation est trop pauvre malgré tout. De plus, le succès commercial de BlueTooth n'est pas encore garanti, considération qui diminue la probabilité d'utilisation des résultats d'études qui seraient basées sur ce protocole.

3.3 Ethernet (IEEE 802.3)

Nous présentons brièvement ce protocole dans la mesure ou il est proche et plus simple que celui de WiFi. Ethernet est le nom public de la norme IEEE 802.3. C'est une norme de réseau filaire dans lequel plusieurs stations partagent un même medium et peuvent à tout moment envoyer une trame, contrairement à ce qui se passe dans un réseau Token Ring (norme 802.5), ou les stations du réseau sont connectées en anneau et se partagent un seul jeton. Alors qu'un réseau Token Ring est assez déterministe (chaque station attend le jeton, il n'y a pas de collision), un réseau Ethernet est relativement chaotique a priori, puisque plusieurs stations peuvent émettre simultanément et provoquer des collisions et donc doivent réémettre. Il est clair que si elles réémettaient dès la collision détectée, il y aurait presque surement une nouvelle collision, et donc un blocage indéfini. C'est pourquoi Ethernet s'appuie sur sur le protocole CSMA-CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*), qui régule l'accès des stations.

- Tout d'abord, une station écoute le réseau et n'émet que s'il est libre.
- En émission, une station se met également à l'écoute pour détecter immédiatement s'il y a collision. C'est une propriété des réseaux sans fil de pouvoir simultanément émettre et écouter (c'est le « full-duplex »). C'est le sens de CD = *Collision Detection*.
- En cas de collision, plutôt que de réémettre tout de suite avec le risque de provoquer de nouveau une collision, on réémet en attendant un temps aléatoire uniformément tiré dans l'intervalle $[0, T]$
- De plus, de façon à ce qu'en cas d'engorgement (par exemple si un grand nombre de stations essaient d'émettre), il n'y aie pas de risque de répéter la collision à cause d'une durée d'attente trop courte, chaque échec provoque un doublement du temps T. Ce temps T est donc donné par la formule :

  $$T = T_0 \times 2^s$$

  où s est le nombre d'essais consécutifs pour transmettre une trame. Ce mécanisme est nommé en anglais *exponential random backoff*.

Le protocole CSMA-CD serait un cas d'étude très intéressant pour Averroes, à cause des propriétés suivantes :

- C'est un algorithme probabiliste (c'est à dire que l'algorithme fait des choix aléatoires)
- On veut chercher à garantir que l'on pourra diffuser des trames dans des délais raisonnables ou selon des débits raisonnables.

Voici des exemples de propriétés attendues :

- La durée nécessaire à la diffusion complète d'un message doit être inférieure à T avec une probabilité P.
- L'espérance de la durée nécessaire à la diffusion complete d'un message doit être inférieure à E.
- La probabilité que la diffusion de N messages dans un intervalle de temps T soit possible doit être inférieure à P.
- L'espérance mathématique du nombre de message diffusés complètement dans un intervalle de temps T doit être inférieure à P.

3.4 Wifi (IEEE 802.11)

3.4.1 Fonctionnement

La norme IEEE 802.11 régit les réseaux locaux sans fil. Son nom « grand public » est WiFi (Wireless Fidelity, jeu de mot avec HiFi). Comme tous les standards IEEE 802, le standard 802.11 se concentre sur les deux couches inférieures du modèle ISO, la couche physique et la couche des liaisons données.

Dans un réseau 802.11, la détection des collisions est impossible pour plusieurs raisons :

- On n'est pas en full-duplex, comme dans les réseaux cablés. Donc dès l'émission d'une trame enclenchée, on ne peut pas savoir s'il y a eu collision de cette trame avec une autre.
- D'autre part, même si pouvait écouter, on peut se trouver dans un cas *near-far* : Supposons qu'une station A émette vers B, et que simultanément une autre station C émette vers B également. B détectera une collision, mais si A et C sont trop éloignées ou cachées l'une de l'autre, elles ne sauront pas qu'il y eu collision.

Le protocole mis en place dans ce cas s'appelle CSMA/CA (Collision Avoidance), signifiant qu'on écoute avant d'émettre de façon à Eviter la collision mais seulement a priori, puisque sa détection a posteriori n'est pas possible.

Ce protocole CSMA/CA fonctionne de la manière suivante : une station qui souhaite émettre explore les ondes et, si aucune activité n'est détectée, attend un temps aléatoire avant de transmettre si le support est toujours libre. Si le paquet est intact à la réception, la station réceptrice émet une trame ACK qui, une fois reçue par l'émetteur, met un terme au processus. Si la trame ACK n'est pas détectée par la station émettrice (parce que le paquet original ou le paquet ACK n'a pas été reçu intact), une collision est supposée et le paquet de données est retransmis après attente d'un autre temps aléatoire. La collision n'est donc pas détectée, mais supposée si la trame ACK n'arrive pas assez vite. CSMA/CA permet donc de partager l'accès aux ondes. Ce mécanisme d'accusé de réception explicite gère aussi très efficacement les interférences et autres problèmes radio. Cependant, il ajoute à 802.11 une charge inconnue sous 802.3, aussi un réseau local 802.11 aura-t-il toujours des performances inférieures à un LAN Ethernet équivalent.

En cas de collision supposée, l'algorithme d'*exponential random backoff* est également utilisé (voir Ethernet).

3.4.2 Propriétés

Les propriétés a vérifier seront de même nature que celle mentionnées dans la section sur Ethernet. De plus, WiFi est riche sur le plan des paramétrages, ce qui engendre un bon nombre de problèmes intéressants. Par exemple, les stations n'ont pas nécessairement toutes la même modulation (vitesse de transmission). Le débit maximal actuellement est de 54 Mb/s, mais certaines stations peuvent émettre à 11 Mb/s, voire à 1 Mb/s. C'est en particulier le cas si des stations sont éloignées, car alors, la qualité dégradée de la transmission impose une diminution du débit. Dans un réseau où cohabitent des stations lentes et des stations rapides, ces dernières peuvent être très pénalisées, et voire leur débit effectif très réduit. En effet, comme toutes les stations ont la même probabilité d'accès au réseau, si une station lente prend la main, elle monopolise plus longtemps le support radio et bloque toutes les autres, y compris les rapides. Ce phénomène est analysé en détail dans [HRBSD03].

Notons qu'en toute généralité le standard 802.11b définit deux méthodes d'accès. Le DCF (Distributed Coordination Function) qui utilise CSMA/CA comme nous venons de le décrire plus haut, mais aussi PCF (Point Coordination Function), protocole centralisé assez déterministe et moins intéressant pour nos études. De plus, PCF n'est pas implémenté dans les produits courants. PCF ne sera donc pas étudié.

Rappelons également que Le protocole 802.11 a été étudié au moyen de l'outil de model checking probabiliste PRISM [KNP02, KNS02].

4 Conclusion

Nous avons choisi de privilégier Wifi comme cas d'étude pour les raisons suivantes :
- 802.3 est déjà reconnu et largement implanté dans les réseaux ;
- 802.11 est nouveau et en cours d'utilisation massive, avec des problèmes de qualité de service qui restent à étudier ;
- Bluetooth n'a aucune garantie de percer largement, et s'appuie sur un protocole moins aléatoire, donc peut-être « trop simple » pour les outils qui seront développés pour Averroés.

Cependant, on pourra également prendre CSMA-CD comme premier cas d'étude pour expérimenter des idées et des technologies, afin de bénéficier des modélisations existantes.

Références

[HRBSD03] Martin Heusse, Franck Rousseau, Gilles Berger-Sabbatel, and Andrzej Duda. Performance anomaly of 802.11b. In *IEEE INFOCOM*, 2003.

[KNP02] Marta Z. Kwiatkowska, Gethin Norman, and David Parker. Probabilistic symbolic model checking with PRISM : A hybrid approach. In *Tools and Algorithms for Construction and Analysis of Systems*, pages 52–66, 2002.

[KNS02] Marta Z. Kwiatkowska, Gethin Norman, and J. Sproston. Probabilistic Symbolic Model Checking of the IEEE 802.11 wireless local area network protocol. In *Proc. PAPM/PROBMIV'02*, volume 2399 of *LNCS*, pages 169–187. Springer, 2002.