الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Ref :……

Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de la Technologie **Département de Mathématiques et Informatique**

Simulation de la mobilité des nœuds sur une plateforme NS

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master en Informatique

Préparé par : M^me^ Moufida DJAAFAR **Encadré par :** M^me^ MeriemTALAI

M^elle^ Samra BENABDELKADER

Filière : Informatique **Spécialité : STIC**

Année universitaire :2012/2013

Remerciement

رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ
أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ (النمل : ١٩)

Si ce mémoire a pu voir le jour, c'est certainement grâce au soutien et l'aide de plusieurs personnes qui m'ont permis d'accomplir ce travail dans des conditions idéales. Je profite de cet espace pour les remercier tous.

Nous voudrions tout d'abord exprimer nos profonds remerciements à nos familles pour leur soutien inconditionnel, merci pour nous avoir encouragées, supporté et pour avoir accepté tant de sacrifices durant cette période.

Je tiens à remercierM^me^Meriem TALAI pour son encadrement l'orientation, les précieux conseils, ainsi sa patience et son aide durant toute la période du travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance au M^eur^ Nadir BOUKHCHEME pour son aide dans notre mémoire.

Nous exprimons notre plus sincère reconnaissance au M^eur^ Kais KROR pour son aide, sa patience avec nous durant les cinq dernières années d'étude.

Nous tenons aussi à remercier M^me^ Fatiha BENABDERAHMENE et tous les enseignants qui ont contribué àl'ouvertureet à la réussitedu MASTER Informatique dans le centre universitaire de Mila.

Finalement, nous remercions très sincèrement tous nos amisfilles et garçons pourleur soutien et leurencouragement pour nousau cours dela périodedu mémoire.

Résumé

Les réseaux mobiles présentent des caractéristiques spécifiques. Ils permettent aux utilisateurs de se déplacer librement tout en continuant normalement leurs communications.La gestion de ces réseaux repose sur de nouveaux concepts et de nouveaux protocoles.

Parmi ces concepts, la mobilité groupée résout des problèmes liés au déplacement de tout un réseau et non d'une station unique. De même, parmi les protocoles pour la gestion de la mobilité nous nous intéressons à MIPv6 et NEMO.

La simulation est indispensable pour étudier la mobilité des nœuds. Nous élaborons des scénarios de simulation en utilisant le simulateur NS2 qui assure la modélisation de différents types de réseaux de transmission telle que les réseaux filaires, sans fil avec ou sans infrastructure et satellitaires.

Abstract

Wireless networks have specific characteristics. They allow users to roam freely while continuing their normal communications. The management of these networks based on new concepts and protocols. Among these concepts, the group mobility solves problems associated with the movement of a network rather than a single station. Similarly, among the protocols for mobility management we focus on MIPv6 and NEMO.

The simulation is essential to study the mobility of nodes. We develop scenarios using NS2 simulator which provides modeling of different types of communication networks such as wire line, wireless with infrastructure or without and satellite.

Table des matières

Résumé	i
Abstract	ii
Table des matières	iii
List des Figures	vi
Liste des codes	vii
Liste des acronymes	viii
Introduction générale	1
Chapitre 01 : Les réseaux sans fils	
Introduction	4
I. Réseaux mobiles avec infrastructure	5
II. Réseaux Ad hoc	6
II.1. Définition	6
II.2. Caractéristiques des réseaux Ad hoc	6
II.3. Application des réseaux Ad hoc	8
II.4. Types des réseaux Ad hoc	9
i. Réseaux mobiles Ad hoc	9
ii. Réseaux de capteurs	10
iii. Réseaux maillés	11
iv. Comparaison entre les types de réseaux Ad hoc	12
II.5. Avantages et inconvénients des réseaux Ad hoc	13
III. Antennes de transmission	14
III. 1. Définition	14
III. 2. Caractéristiques des antennes	14
III. 3. Types des antennes	15
i. Antenne omnidirectionnelle	15
ii. Antenne élémentaire	16

Table des matières

iii. Antennes à réflecteurs (paraboliques)..... 17

Conclusion 18

Chapitre 02 : Protocoles IPs pour la gestion de la mobilité

Introduction 20

I. IP version 6 21

II. Concepts pour la gestion de la mobilité sur IP 23

II.1. Problème d'utilisation de TCP/IP..... 23

II.2.Handover 23

II.3. Multidomiciliation (Multihoming) 24

II.4. Mobilité groupée 25

II. Protocoles pour gérer la mobilité 26

III.1. IPv6 mobile 26

i. MIP 27

ii. MIPv6 28

III.2. NEMO 29

Conclusion 31

Chapitre 03 : Simulation de la mobilité groupée

Introduction 33

Partie 01 : Présentation de la plateforme NS2

I. Généralité 34

II. Principales caractéristiques..... 35

II.1. C++ pour NS 35

Table des matières

II.2. OTCL pour NS.....	35
II.3. Lien entre C++ et OTCL	36
II.4. Résultats des simulations	36
II.5.Outils complémentaires à NS	37
III. Etapes d'installation.....	38
IV. Instructions TCL pour NS2	41
Partie 02 : Scénario de simulation	
Conclusion	54
Conclusion et perspectives	56
Bibliographie	57

Liste des figures

1.1 Réseau mobile avec infrastructure …….	5
1.2Réseau Ad hoc ……...	6
1.3 Changement de la topologie des réseaux Ad hoc ……...	8
1.4Réseau mobile MANET ……..	10
1.5Réseau WSN ……..	11
1.6Réseau WNM …….	12
1.7 Antenne omnidirectionnelle ……...	16
1.8Antenne dipolaire (à gauche) et antenne monopôle (à droite)…….	19
1.9 Antenne parabolique …….	19
2.1 Schéma d'une adresse IPv6 unicast …….	22
2.2Multihoming des nœuds **……**…….	25
2.3 IPv6 mobile …….	29
2.4 Principe de NEMO ……..	30
3.1 Dualité des classes OTCL et C++ …….	36
3.2 Détails des traces de simulations …….	37
3.3 Lancement de l'installation à partir du répertoire de NS ……...	38
3.4 Résultats de l'installation ……...	39
3.5 Résultats de simulation à l'instant t1 ……..	52
3.6 Mouvement des nœuds et transfert des paquets au même temps ….	52
3.7 Continuité de transfert des paquets …….	53

Liste descodes

1. Fichier bashrc 40
2. Création d'un nœud filaire..... 41
3. Création d'un lien entre les nœuds n0et n1..... 42
4. Création d'un agent TCP 42
5. Attachement de l'application traffic 42
6. Lancement de l'application 43
7. Environnement radio de la simulation 45
8. Création d'une instance de simulation 46
9. Ouverture d'un fichier trace 46
10. Ouverture d'un fichier NAM 46
11. Création de topologie 47
12. Coordonnées de topologie..... 47
13. Création d'un canal 47
14. Configuration des nœuds sans fils 48
15. Création des nœuds 49
16. Positions des nœuds 49
17. Mouvement des nœuds 50
18. Connexion TCP entre deux nœuds 50
19. Procédure finish 51
20. Lancement de simulation 51

Liste desacronymes

MANET	Mobile Ad hoc NETwork
VANET	Vehicular Ad hoc NETwork
WSN	Wireless Sensor Network
WNM	Wireless Mesh Network
NM	Nœud Mobile
RM	Routeur mobile
CN	Nœud Correspondant
HA	Home Agen
TCP	Transmission Control Protocol
IP	Internet Protocol
UDP	User Datagram Protocol
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
IPSec	Internet Protocol Secure
MIPv6	Mobile Internet Protocol version 6
NEMO	NEtwork Mobility
NS	Network Simulator
TCL	Tool Command Language
OTCL	Object Tool Command Language
NAM	Network AniMator
NAT	Network Address Translation
OSI	Open System International

Introduction générale

Les progrès et les avancées technologiques faites ces dernières années dans le domaine de la télécommunication mobile est réalité qui n'est plus à démontrer.

En effet, le succès accompli par les réseaux filaires d'un côté, le besoin de s'affranchir des limites des communications filaires de l'autre, mais surtout le besoin de réduire les contraintes et limites lors des communications sont tous des facteurs qui ont considérablement encouragés le développement de l'autre type de réseau ; les réseaux mobiles.

Les réseaux mobiles sont en plein développement puisqu'ilsassurent des avantages remarquables aux utilisateurs. En effet, ils évitent les contraintes du câblage en premier lieu et offrent ainsi un environnement plus souple. Les usagers restent connectés au réseau tout en se déplaçant dans la zone géographique partagée.

Cette mobilité engendre de nouvelles caractéristiques propres à l'environnement mobile (une fréquente déconnexion, un débit de communication modeste, et des sources d'énergie limitées, ...etc). Les protocoles filaires utilisés ne conviennent pas pour gérer cette mobilité et ses caractéristiques. C'est pourquoi, de nouveaux protocoles ont vu le jour, qu'ils soient développés initialement dans ce contexte de mobilité ou étendu de protocoles filaires existants. De plus, ces protocoles opèrent au niveau de la couche transport ou de la couche réseau. Il s'agit par exemple des protocoles MIPv6, NEMO, SCTP (Stream Control Transport Protocol), GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing).... etc.

Notre travail consiste à identifier les réseaux sans fils, notamment les réseaux Ad hoc et quelques formes et protocoles pour la gestion de la mobilité dont la mobilité groupée. Notre objectif étant de simuler le comportement des nœuds mobiles dans ces réseaux via la plateforme NS.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :
Le premier chapitre est une introduction aux réseaux mobiles avec et sans infrastructure. Nous présentons également les antennes de transmission qui permettent le transfert des données.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons la mobilité groupée et autres mécanismes pour gérer la mobilité. Nous décrivons le principe de fonctionnement de deux protocoles opérant au niveau de la couche réseau.

Le dernier chapitre est consacré à la simulation des réseaux mobiles. Nous y présentons le simulateur NS2, ses caractéristiques et principe de simulation ainsi que l'outil de visualisation NAM.
En fin du mémoire, des perspectives à notre travail sont proposés.

Chapitre 01
Les réseaux sans fils

Introduction

Un réseau sans fil est un réseau dans lequel au moins deux périphériques (ordinateur, imprimante, ...) peuvent communiquer sans liaison filaire. Il permet la conception de systèmes de transmission des données, qui assurent la liaison des périphériques informatiques du réseau[1].
Les réseaux sans fils, également dits réseaux mobiles, présentent un nouveau mode de communication qui engendre de nouvelles caractéristiques. Entres autres, les réseaux mobiles offrent une grande flexibilité d'emploi puisqu'ils permettent aux utilisateurs de se déplacer librement tout en continuant normalement leurs communications.

Les réseaux mobiles sont classés en deux types, les réseaux mobiles avec infrastructure et les réseaux mobiles sans infrastructure dits réseaux Ad hoc.

Dansce chapitre, nous présentons les réseaux sans fils qu'ils soient avec ou sans infrastructure. Un intérêt particulier est réservé aux réseaux Ad hoc. Il s'agit d'identifier leurs caractéristiques, avantages et inconvénients.Nous présentons, de plus, quelques types d'antennes utilisées dans les transmissions sans fils.

I. Réseaux Mobiles avec infrastructure

Ce type de réseau est composé d'un ensemble de sites fixes appelés stations de base qui sont interconnectés entre eux à travers un réseau de communication filaire [2]. Chaque station de base peut communiquer directement en utilisant une interface sans fil avec les nœuds mobiles qui l'entourent dans une zone géographique limitée.

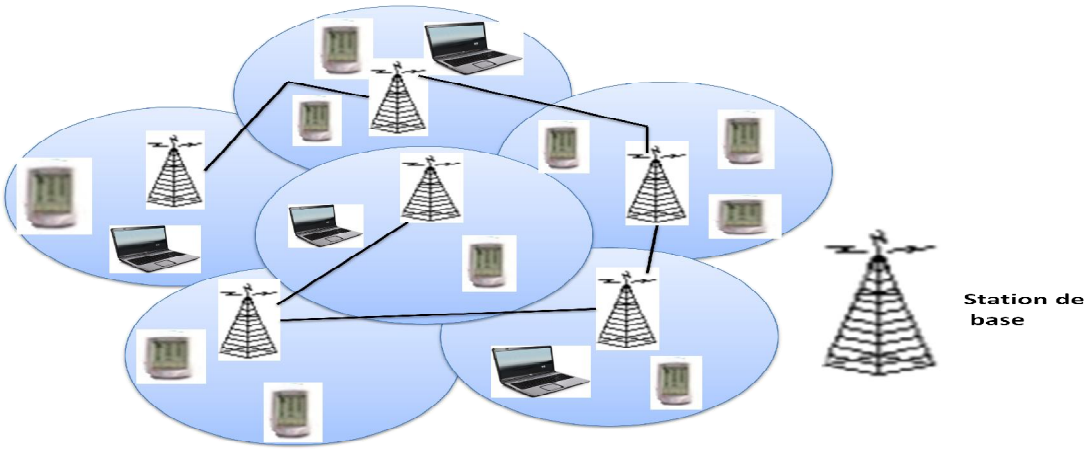

Figure 1.1 : Réseau mobile avec infrastructure

Un nœud dans les réseaux mobiles avec infrastructures se connecte et communique avec les autres nœuds du réseau à travers la station de base la plus proche dans sa portée de communication. Si le nœud mobile sort de la portée de cette station il doit trouver une autre station de base pour continuer la communication. Les réseaux mobiles avec infrastructures coûtent chère car ils demandent le déploiement d'une importante infrastructure fixe.

II.Réseaux Ad hoc

II.1.Définition

Un réseau Ad hoc est une collection d'hôtes équipés d'antennes pour communiquer entre eux sans aucune administration centralisée.En effet, contrairement aux réseaux filaires où des nœuds spécifiques dits « routeurs » sont responsables de l'acheminement des données, dans un réseau Ad hoc tous les nœuds sont à la fois routeurs et terminaux. [3]

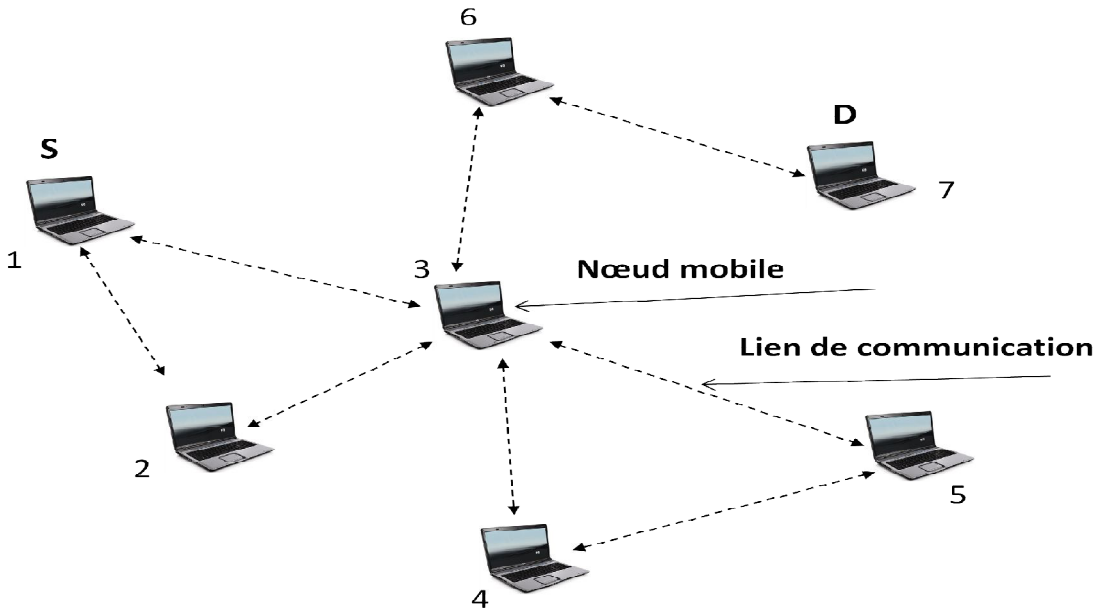

Figure 1.2: Réseau Ad hoc

II.2.Caractéristiques des réseaux Ad hoc

Les réseaux sans fil Ad hoc se caractérisent principalement par :

Bande passante limitée:c'est l'utilisation d'un médium de communication partagé (ondes radio) [4]. Ce partage fait que la bande passante réservée à un nœud soit modeste.

Contraintes d'énergie : Les nœuds mobiles sont alimentés par des sources d'énergie autonomes comme les batteries ou les autres sources consommables [2]. Le paramètre d'énergie doit être pris en considération dans tout contrôle fait par le système.

Sécurité physique limitée : Les réseaux mobiles Ad hoc sont plus touchés par le paramètre de sécurité que les réseaux filaires classiques [4]. Cela se justifie par les contraintes et limitations physiques qui font que le contrôle des données transférées doit être minimisé.

Erreur de transmission : Les erreurs de transmission radio sont plus fréquentes que dans les réseaux filaires.

Interférences : Les liens radios ne sont pas isolés, deux transmissions simultanées sur une même fréquence ou, utilisant des fréquences proches peuvent s'interférer.Ces interférences accroissent le nombre d'erreurs sur la transmission et imposent un amoindrissement des performances [4].

Absence d'infrastructure : Les réseaux Ad hoc se distinguent des autres réseaux mobiles par la propriété d'absence d'infrastructures préexistante et de tout genre d'administration centralisée [4]. Les nœuds mobiles sont responsables d'établir et de maintenir la connectivité du réseau d'une manière continue.

Topologie dynamique : Les unités mobiles du réseau se déplacent d'une façon libre et arbitraire. Par conséquent, la topologie du réseau peut changer à des instants imprévisibles, d'une manière rapide et aléatoire.

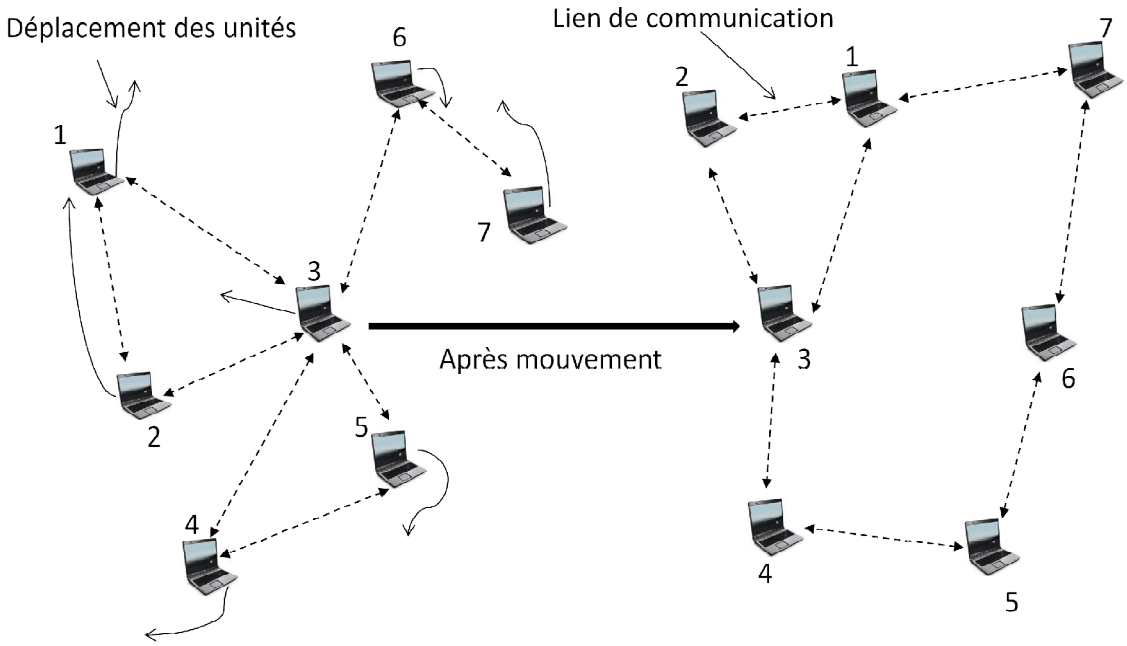

Figure 1.3: Changement de la topologie des réseaux Ad hoc

II.3.Applications des réseaux Ad hoc

Les premières applications des réseaux Ad hoc concernaient les communications et les opérations dans le domaine militaire. D'autres applications civiles sont apparues par la suite. On distingue :

1. Les services d'urgence : opération de recherche et de secours des personnes en situations catastrophiques : tremblements de terre, feux, inondation, lorsqu'il est impossible d'établirune 'infrastructure filaire.
2. Le travail collaboratif et les communications dans des entreprises ou bâtiments (réunion ou conférence par exemple).
3. Applications commerciales: pour un paiement électronique distant (taxi) ou pour l'accès mobile à l'Internet, où service de guide en fonction de la position de l'utilisateur.

4. Réseaux de senseurs : pour des applications environnementales (climat, activité de la terre,suivi des mouvements des animaux, … etc.) ou domestiques (contrôle des équipements àdistance).
5. Home network : partage d'applications et communications des équipements mobiles,
6. Réseaux Mesh (maillés) : c'est une technologie émergente qui permet d'étendre la portée d'un réseau ou de le densifier.

D'une façon générale, les réseaux Ad hoc sont utilisés dans toute application où le déploiement d'une infrastructure réseau fixe est trop contraignant, soit parce qu'il est difficile à mettre en place, soit parce que la durée d'installation du réseau ne le justifie pas. [2]

II.4. Types de réseaux Ad hoc

Les réseaux Ad hoc sont classés en trois types selon les nœuds qui les composent [3]: les réseaux mobiles Ad hoc, les réseaux de capteurs et les réseaux maillés.

i. Réseaux mobiles Ad hoc

Un MANET est un réseau Ad hoc dont les nœuds (ordinateurs portables, téléphones mobiles, … etc) sont souvent caractérisés par une mobilité constante. Les MANETs peuvent être déployés pour assurer la communication dans des environnements hostiles[5].

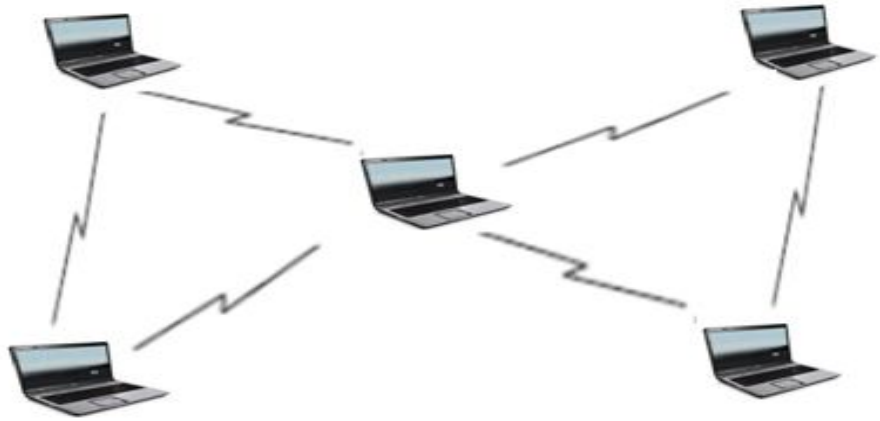

Figure 1.4: Réseau MANET

Il existe une autre application de MANETs, c'est les VANETs qui assurent la communication entre les véhicules eux même ou aussi la communication entre les véhicule et les équipements de la route.[6]

ii. Réseaux de capteurs

Les WSNs sont des réseaux Ad hoc constitués de nœuds capteurs et de(s) nœud(s) puits. Les nœuds capteurs sont intelligents capables d'accomplir deux tâches complémentaires: le relevé des informations et le routage des informations relevées sur une zone couverte vers le point de collecte (puits). Les puits sont des stations de base riches en énergie, caractérisées par une capacité de traitement et de stockage plus importante. Ces stations agissent comme des passerelles entre les nœuds capteurs et l'utilisateur final .Les puits récupèrent les informations remontées par les différents capteurs et les transmet au centre de traitement.

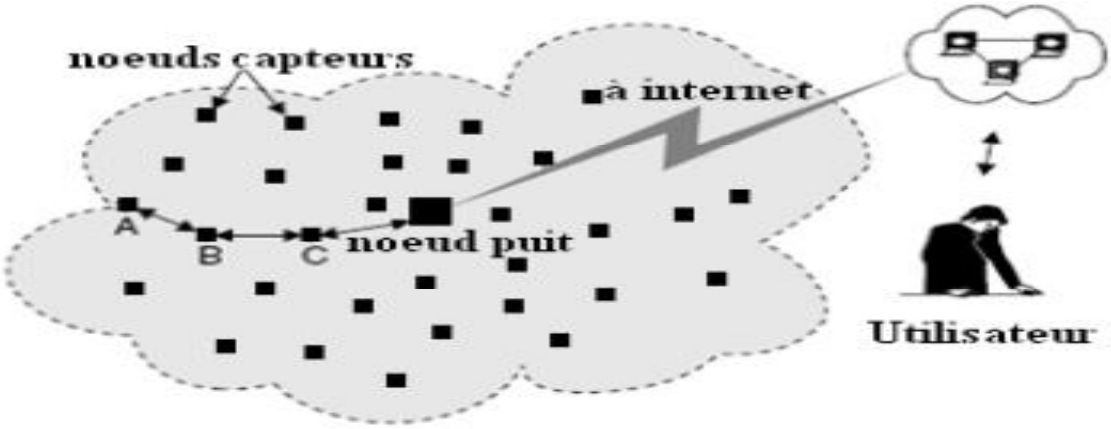

Figure 1.5 : Réseau WSN[7]

iii. Réseaux maillés

Les réseaux Ad hoc peuvent être utilisés comme moyen flexible et économique pour étendre l'accès à Internet. Les WNMs découlent de cette vision.

Un WNM est constitué d'un ensemble de routeurs maillés statiques généralement équipés de plusieurs interfaces de communication sans fil et placés sur les toits des bâtiments [8].

Un nœud client se connecte au routeur maillé le plus proche et exploite l'infrastructure Ad hoc sans fil pour avoir accès à internet. Les clients conventionnels équipés de cartes Ethernet peuvent directement communiquer avec les routeurs maillés via des liens Ethernet.

Les clients opérants avec la même technologie sans fil que les routeurs maillés 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 routeurs maillés.

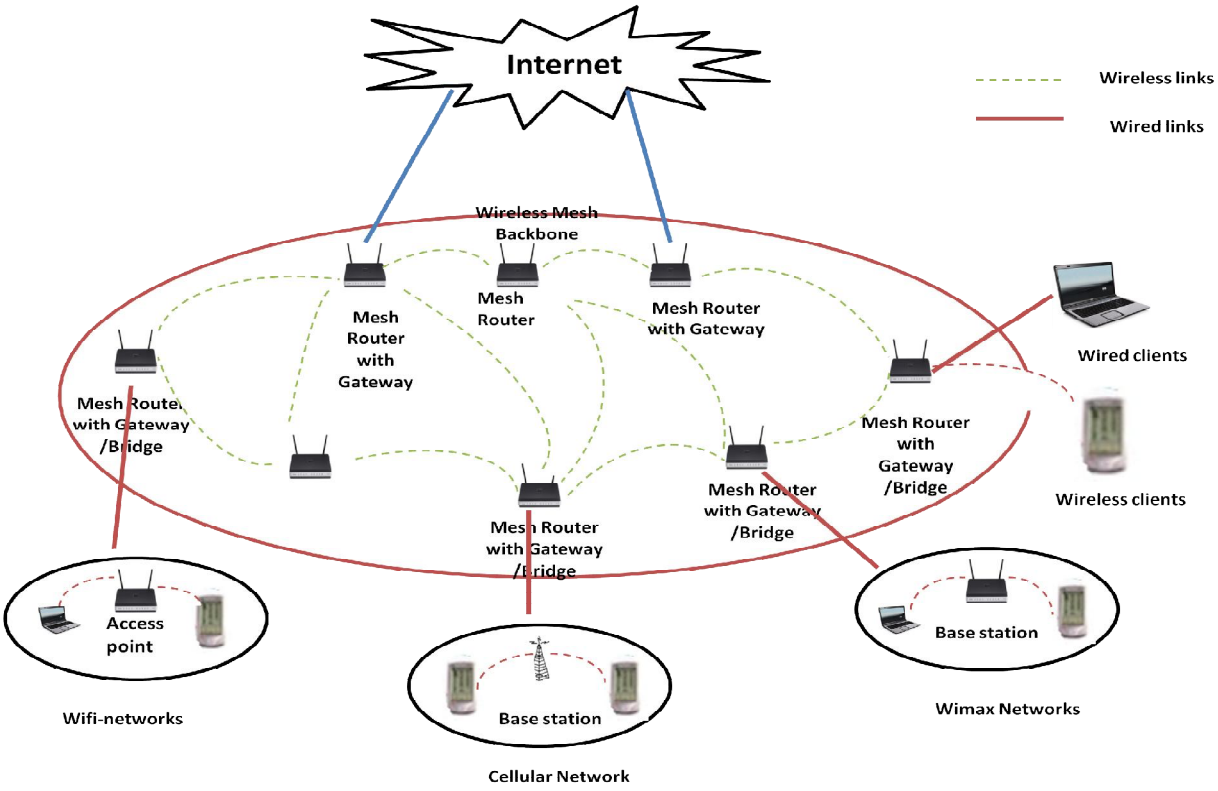

Figure 1.6 : Réseau WNM

iv. Comparaison entre les types de réseaux Ad hoc

Bien que les MANETs, les WSNs présentent plusieurs caractéristiques communes, ils se diffèrent en plusieurs aspects :

Différence	MANET	WSN	WNM
Dynamique des nœuds	mobiles	Statiques	Fixes ou de faible mobilité
Communication entre nœuds	Communication est entre des nœuds quelconques du réseau.	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.	Communication pair à pair

II.5.Avantages et inconvénients des réseaux Ad hoc

Comparés aux réseaux filaires, les réseaux Ad hoc présentent plusieurs avantages, parmi lesquels :

- Déploiement facile, rapide et économique : la tâche fastidieuse de déploiement des stations de base et du câblage entre nœuds du réseau n'est plus nécessaire.
- 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.
- Mobilité à volonté des nœuds : à une limite près due à la contrainte d'alimentation en énergie.

- Extensibilité du réseau : en termes de nombre de nœuds qui le compose et d'étendue géographique.

D'autre part, quelques caractéristiques des réseauxAd hoc en constituent des inconvénients, tels que :

- Topologie aléatoire et non prédictible.
- Contraintes spécifiques au médium radio : Taux d'erreur important, interférences, fiabilité réduite, sécurité.

III. Antennes de transmission

III.1.Définition

Une antenne est un dispositif qui a la capacité d'émettre ou de capter les ondes électromagnétiques et tout spécialement des ondes radioélectriques [9]. Elle présente la propriété dite réciprocité qui signifie qu'une antenne maintiendra les mêmes caractéristiques pendant la transmission et la réception. Une antenne doit être accordée à la même bande de fréquence que le système radio auquel elle est reliée, autrement la réception et la transmission seront altérées.

III.2.Caractéristiques des antennes

Les caractéristiques principales d'une antenne sont :

Fréquence : Une antenne s'utilise en général avec des signaux autour d'une fréquence donnée pour laquelle cette antenne possède des capacités optimales pour émettre ou recevoir l'énergie électromagnétique.

La fréquence de résonance d'une antenne dépend d'abord de ses dimensions propres, mais aussi des éléments qui lui sont ajoutés [10]. Par rapport à la fréquence de résonance centrale de l'antenne, on peut tolérer un certain affaiblissement (généralement 3 décibels) qui détermine les fréquences minimum et maximum d'utilisation, la différence entre ces deux fréquences correspond à la bande passante.

Impédance :L'impédance d'une antenne est le rapport complexe observé entre la tension et le courant à l'entrée d'une antenne en émission.

L'utilité de cette notion est importante pour assurer les meilleurs transferts d'énergie entre les antennes et les dispositifs qui y sont connectés.

Diagramme de rayonnement : Lorsqu'un signal est introduit dans une antenne, cette dernière émettra un rayonnement distribué dans l'espace d'une certaine manière. Le diagramme de rayonnement est un modèle théorique irréalisable dans la pratique [9].

Ce diagramme est résumé dans les paramètres suivants :

- Directivité : c'est la capacité d'une antenne à focaliser l'énergie dans une direction particulière au moment de transmettre ou de recueillir l'énergie provenant d'une direction particulière au moment de recevoir [11].
- Gain : c'est la quantité d'énergie rayonnée dans une direction comparée à l'énergie qu'une antenne isotrope rayonnerait dans la même direction avec la même puissance d'entrée. [11]

Rendement : Le rendement d'une antenne est défini comme le rapport entre la puissance totale rayonnée et la puissance consommée par l'antenne. La différence constitue les pertes.

III.3. Types des antennes

Les antennes utilisées par les nœuds dans NS2 sont omnidirectionnelles et isotopiques ç.-à.-d les antennes rayonnent de la même manière dans toutes les directions.

Dans la suite nous essayons de définir ces antennes et avec quelques autre antennes même s'elles n'ont pas utilisées dans le NS2 mais elles sont utilisable dans les réseaux sans fils.

i. Antenne omnidirectionnelle

L'antenne omnidirectionnelle offre une connexion longue distance de point à point au réseau sans fil. Elle est caractérisée par les propriétés suivantes :

- Support de fixation ajustable pour une orientation et un fonctionnement optimaux.
- Idéale pour des connexions de pont point à point entre bâtiments/zones.
- La puissance de sortie améliorée augmente la portée de transmission à travers les matériaux de construction à faibleperte (contreplaqué, plâtre) souvent utilisés dans la construction des sols et des murs.
- Améliore la couverture sans fil ainsi que la transmission et la réception du signal.
- Augmente la puissance de l'antenne.

Figure 1.7 : Antenne omnidirectionnelle [11]

ii. Antenne élémentaire

Les antennes élémentaires peuvent être utilisées isolément ou comme éléments de réseaux [10]. Ces antennes ne permettent qu'une polarisation linéaire.

On distingue quelques exemples :

- L'antenne isotrope est l'antenne fictive de référence qui rayonne de façon identique dans toutes les directions. Cette antenne est irréalisable.
- L'antenne dipolaire (dipôle demi-onde) est constituée d'un élément conducteur de longueur égale à la demi-longueur d'onde. On l'appelle dipôle ou doublet car des charges de signe opposé sont stockées à chaque extrémité.

- L'antenne monopôle (ou quart d'onde) est constituée d'un élément de longueur égale au quart de longueur d'onde perpendiculaire à un plan conducteur. Elle se comporte comme un demi_dipôle, le plan conducteur agissant en miroir [10].

Figure 1.8 : Antenne dipolaire (à gauche) et antenne monopôle (à droite) [10].

iii. Antennes à réflecteurs (paraboliques)

Les antennes basées sur des réflecteurs paraboliques sont le type le plus commun d'antennes directives quand un gain élevé est exigé, elles ont d'abord été utilisées pour les radars. Leur avantage principal réside dans le fait qu'elles peuvent être construites afin de disposer d'un gain et d'une directivité aussi grands que souhaités. L'inconvénient principal est que ce type d'antenne est difficile à installer.

Figure 1.9 : Antenne parabolique [12].

Conclusion

Nous avons consacré ce chapitre à la description générale des réseaux Ad hoc qui présentent le grand avantage d'avoir une extrême souplesse grâce à l'absence du câblage et d'une infrastructure fixe. Ainsi, nous avons défini quelques éléments qui caractérisent ce type de réseaux, ses avantages et inconvénients.

Ce chapitre présente également le principe de fonctionnement des antennes, leurs caractéristiques et dénombre les principaux types d'antennes employées pour les radiocommunications.

Dans le chapitre suivant, nous abordons la définition de la mobilité dans les réseaux sans fils et nous citons quelques protocoles de communication pour la gérer.

Chapitre 02
Protocoles IPs pour la gestion de la mobilité

Introduction

Les échanges d'informations sur les réseaux sans fils concernent aussi bien les échanges de mails que les services temps-réel tels que la messagerie instantanée, la téléphonie sur IP ou encore la vidéoconférence. Ces applications temps-réel nécessitent tout comme les réseaux de téléphonie mobile une continuité de la connexion même lors des périodes de mobilité.

Les sociétés de transports ou les constructeurs automobiles par exemple, veulent aujourd'hui permettre à leurs clients d'être connectés à chaque instant dans tous leurs déplacements.

Dans ce chapitre, nous aborderons en premier, le protocole filaire IPv6 puisqu'il est à la base des protocoles, que nous étudions, pour gérer la mobilité. Nous présentons ensuite les principes et concepts relatifs à la mobilité des équipements tel que la mobilité sur TCP/IP, le multihoming le handover, ... etc. Nous continuons par deux protocoles qui gèrent la mobilité : IPv6 Mobile et le NEMO et nous terminons par une conclusion.

I. IP version 6

IPv6 est un protocole étendu d'IPv4 standardisé en Juin 2005. Conçu initialement pour résoudre les inconvénients d'IPv4 dont principalement la pénurie d'adresses, il répond de plus aux besoins induits par de nouvelles applications.

En effet, la caractéristique la plus importante d'IPv6 est qu'il supporte des adresses plus longues qu'en IPv4. L'augmentation de la taille des adresses conduit à une taille d'en-tête de 40 octets pour le paquet IPv6, le double de l'en-tête IPv4 sans les options. En outre, le format d'en-tête IPv6 est simplifié et amélioré pour permettre aux routeurs de meilleures performances dans leurs traitements des paquets.

De même, IPv6 présente l'avantage de mieux gérer la qualité de service:Les applications temps réel, telles que la Vidéo conférence, pourraient trouver un réel intérêt dans IPv6, du fait de son nombre d'adresses qui permet d'éviter d'avoir recours au NAT comme pour IPv4 qui nuit à ce type de services.

IPv6 prend plus la sécurité en compte que IPv4 .Il y a plusieurs protocoles de sécurité normalisés et utilisés dans le réseau qui fonctionne aux différentes couches de l'architecture d'ISO.
Parmi ces différents protocoles de sécurité, le protocole IPsec[1] est plus répandu et plusutilisé parce qu'il est le seul protocole qui peut répondre aux diverses applications, accepterles deux protocoles de transport UDP et TCP et assurer les services de sécurité complets (confidentialité, authentification,intégralité). IPsec propose également différentsmécanismes et modes de fonctionnement (transport ou tunnel) correspondantaux différents niveaux

de sécurité. L'utilisation des propriétés d'IPsec est optionnelle dans IPv4 et obligatoire dans IPv6. L'utilisation des propriétés d'IPsec est optionnelle dans IPv4 et obligatoire dans IPv6.

Architectures des adresses IPv6

Le grand nombre d'adresse IPv6 a permis de hiérarchiser les adresses pour permettre de plus grands agrégats et une réduction de la taille des tables de routage des routeurs de backbone (cœurs de réseau).

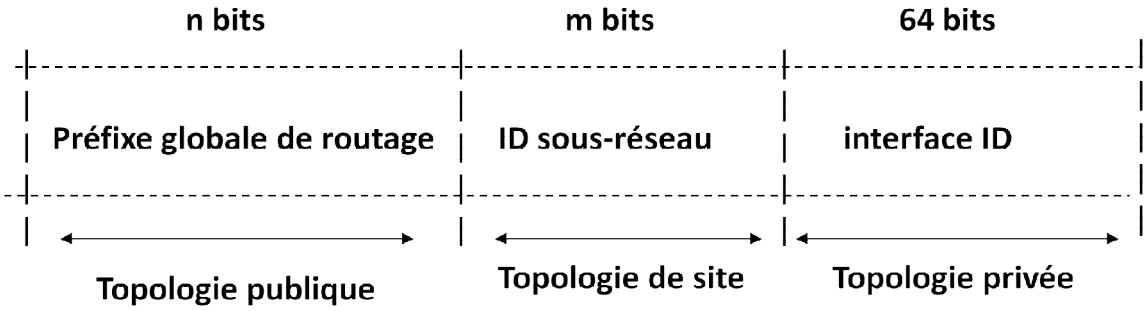

Figure 2.1 : schéma d'une adresse IPv6 unicast

- Le préfixe global de routage **:** c'est le préfix réseau assigné à un site.
- L'ID sous-réseau :c'est la partie réservée aux sites pour permettre de hiérarchiser le réseau en créant d'éventuels sous-réseaux.
- Interface ID :c'est la partie permettant d'identifier une interface sur un lien.

Chaque partie est réservée à un usage précis. Il est à noter que la partie publique de l'adresse peut être encore amenée à certaines modifications[13]. La partie privée quant à elle gardera définitivement cette structure.

II. Concepts pour la gestion de la mobilité sur IP

II.1. Problème d'utilisation de TCP/IP

Le problème posé par la mobilité vient essentiellement du modèle d'adressage de TCP/IP qui confond le rôle d'identifiant d'interface de l'adresse IP, et son rôle d'identifiant de la localisation dans la topologie Internet qui est hiérarchisée. Si un nœud change d'emplacement dans la topologie Internet l'adresse IP qui identifie l'interface qui change d'emplacement doit changer. Ce changement d'adresse a pour conséquence de rompre les sessions ouvertes qui se servent de l'adresse IP comme identificateur tandis que le changement d'emplacement nécessite un routage. Le support de la mobilité a donc pour but, d'une part de définir un mécanisme permettant de maintenir les sessions ouvertes lors des déplacements, et d'autre part de déterminer la nouvelle position du nœud dans la topologie (localisation et routage). Ceci se fait généralement au prix de messages de contrôle (signalisation)[14].

II.2. Handover

Le handover est le processus par lequel une communication est maintenue lors du déplacement du mobile entre zones de couvertures. Ce maintien est possible grâce au changement du canal radio utilisé [15]. Le nouveau canal peut être dans la même cellule, on parle alors d'un handover intracellulaire, ou vers une nouvelle cellule, c'est le handover intercellulaire.

L'objectif de handover est de maintenir une qualité de communication suffisante entre le mobile et le réseau à travers un changement de fréquence ou de cellule.

Un mécanisme de détection de mouvement basé sur la force du signal ou des messages provenant des points d'accès est essentiel à la gestion des

Handovers puisqu'il permet au nœud mobile (NM) de détecter le changement de réseau.

Le handover permet entre autre de :

- Permettre aux usagers de se déplacer en cours d'appel.
- Minimiser les interruptions.
- Optimiser l'utilisation des ressources radio.
- Equilibrer la charge de trafic entre les cellules.
- Baisser la consommation d'énergie des mobiles

Il existe deux types de Handovers :

Les Handovers de niveau 2 correspondent à la couche liaison de données du modèle OSI [16]. Il s'agit des procédures pour changer de point d'accès et obtenir une connectivité de niveau 2.

Les Handovers de niveau 3 correspondent à la couche réseau du modèle OSI. Il s'agit de l'ensemble des procédures pour obtenir une connectivité au niveau réseau. Dans le cas des réseaux IP, il s'agit d'obtenir une nouvelle adresse IP. Ils interviennent dans le cas où un terminal mobile s'associe à un point d'accès qui se trouve dans un sous réseau IP différent du précédant. Dès lors, le terminal mobile doit mettre à jour son adresse IP ayant pour conséquence de rompre ses communications courantes. Nous présentons ce mécanisme à travers le protocole MIPv6 dans la section suivante.

II.3. Multidomiciliation (Multihoming)

Un réseau mobile est dit multidomicilié lorsqu'il a plusieurs points d'ancrage à Internet, c'est-à-dire lorsqu'il est simultanément connecté à Internet via plusieurs RMou lorsqu'un RMa plusieurs interfaces externes, chaque interface avec une adresseIP différente [14]. Les motivations et les bénéfices attendus sont les mêmes pour un réseau fixe ou mobile, mais la

mobilité rend cette configuration plus fréquente. En effet, une telle configuration permet de pallier aux pannes, de partager les flux, de mettre en place des préférences ou plus simplement de garantir un meilleur accès à l'Internet en faisant appel à plusieurs technologies. Cette possibilité de se connecter par l'intermédiaire d'un ou plusieurs routeurs mobiles disposant au total de plusieurs interfaces externes nécessite de considérer les aspects de changement d'interface et de changement de RM.

La figure suivante montre de nœud multi-interfacés : à un instant (t), le nœud NM1 s'attache à Internet via deux adresses A1 et A2. Le nœud NM2, lui possède les adresses B1, B2 et B3.

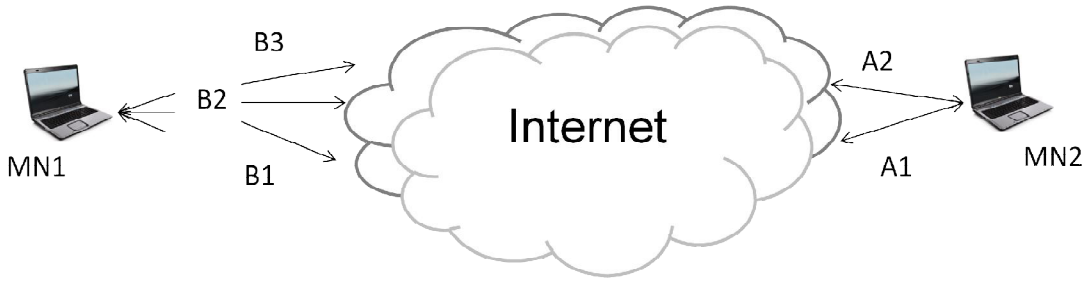

Figure 2.2 : Multihoming des nœuds

II.4. Mobilité groupée

La gestion de la mobilité groupée résout des problèmes liés au déplacement de tout un réseau et non d'une station unique[17].Cette mobilité définit un réseau mobile comme un ensemble de nœuds mobiles qui se déplacent collectivement vers une même destination. Un RMdu réseau assure les transmissions des données des nœuds intérieurs au réseau.

La taille des réseaux mobiles varie de quelques nœuds mobiles dans le cas d'un réseau personnel jusqu'à plusieurs centaines de stations interconnectées par plusieurs routeurs et sous réseaux dans le cas d'un train.

La gestion d'une mobilité groupée trouve son intérêt devant l'émergence des réseaux de capteurs embarqués dans les véhicules, les réseaux d'accès déployés dans les transports, les réseaux ambiant ou encore les réseaux personnel sans fil[14].

Notons que la gestion d'une mobilité groupée diffère de la mobilité des réseaux Ad hoc. Cependant une interaction entre les réseaux Ad hocet les réseaux mobiles peut être relevée. En effet, vu que les hôtes d'un réseau Ad hoc sont également routeurs de paquets, il est possible qu'un sous réseau Ad hoc constitue un réseau mobile[14].

La mobilité groupée présente des caractéristiques et des problèmes spécifiques :
La qualité du trafic qui transite via un RM et qui correspond aux sessions ouvertes simultanément est d'autant plus significative que le nombre de correspondants ou de réseaux services par le RM.
De plus, en conséquence à l'hétérogénéité des nœuds intérieurs aux réseaux mobile, on identifie une mobilité enchainée à plusieurs niveaux. En effet, un réseau mobile peut accueillir soit une station mobile, soit un RM servant lui-même de passerelle à un autre mobile ce qui peut rendre la mobilité des réseaux récursive.

III. Protocoles pour gérer la mobilité

III.1. IPv6 mobile

MIPv6 est extension de MIP. C'est pourquoi, nous commençons par donner les grandes lignes de ce protocole.

i. MIP

Pour qu'un NM puisse maintenir les communications en cours et garder la connexion à Internet tout en se déplaçant d'un réseau vers l'autre, le protocole IP Mobile propose de gérer la mobilité du NMen utilisant deuxadresses IP :

Lors du premier ancrage du NM à un sous réseau d'Internet, il obtient une adresse permanente constituée du préfixe de ce réseau comme pour IP standard. Ce premier réseau est dit : « réseau mère » du nœud mobile. L'adresse obtenue permet d'identifier le NM de façon unique sur tous les réseaux.

Un routeur particuliersitué dans le réseau mère appelé : « Agent mère» chargé d'assurer l'association entre l'adresse mère etl'adresse temporaire du NM lorsque celui-ci est attaché à un réseau visité. Cet agent est également chargé de rediriger les paquets IP à destination de l'adresse mère du NM vers son adresse temporaire sur son réseau visité.

Lorsque le NM se déplace, un routeur du réseau visité auquel il est attaché, dit : « Agent visité» lui attribue une nouvelle adresse temporaire[18]. Cette adresse permet de localiser leNM sur un réseau visité afin de lui permettre d'envoyer et recevoir des paquets surce réseau. Le NM informe son agent mère de l'obtention de chaque adresse temporaire. L'agent mère peut ainsi connaitre l'adresse temporaire des nœuds issus de son réseau. Le HA maintient dans un cache d'association la correspondance entre l'adresse principale d'un NM et son adresse temporaire courante. Il utilise cette

correspondance pour encapsuler les paquets et les transmettre au NM dans le réseau visité. Il crée alors un tunnel pour les paquets.

MIP sépareainsi les fonctions d'identification et de localisation assurées par l'adresse IP. En effet, il permet de maintenir les communications en cours[19]lors de déplacement à travers différents sous réseaux d'Internet.Cependant, il utilise un routage triangulaire et un tunneling entre NM, HA et le NC qui surchargent le réseau.

ii. MIPv6

Le MIPv6 intègre des extensions qui permettent de pallier aux problèmes décelés avec MIP. Il se base sur le même principe d'IP mobile pour identifier les NMs. Il utilise des adresses temporaire pour identifier les NMs durant leur déplacement et affecte une adresse permanente à chaque NM pour permettre la continuité des sessions. MIPv6ne déploie plus de HA mais plutôt un routeur d'accès mère. Ce routeur, comme pour le HA de MIP attribue les adresses permanentes aux NMs et intercepte les paquets de ces NMs.

De plus, avec MIPv6, le support du mécanisme de mise à jour d'association est assuré par les nœuds correspondants au lieu que ça soit au niveau de l'agent mère uniquement. L'utilisation du nouvel en-tête IPv6 permet au NM et au NC de pouvoir communiquer directement sans passer par le routeur mère. De plus, il évite le routage triangulaire et permet un routage direct entre le NC et le NM, dit « Routing Header ».

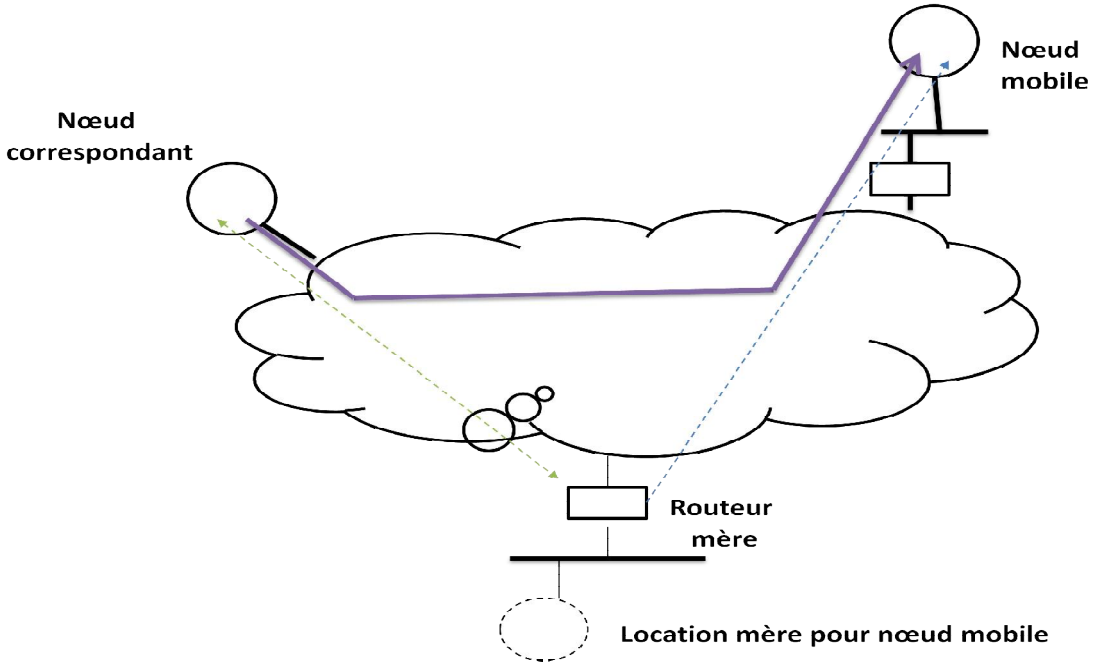

Figure 2.3 : IPv6 mobile

Toutefois, MIPv6 pose des problèmes liés à la sécurité dans la mobilité des nœuds. En effet ce protocole se base sur le fait que les réseaux voisins sont amicaux et ne propose pas de mécanisme permettant de sécuriser les paquets qui transitent sur ces réseaux. Le protocole IPsec permet de résoudre certains problèmes de sécurité avec MIPv6.

III.2.NEMO

Dans le protocole Mobile IPv6, la mobilité est gérée au niveau des terminaux mobiles et des routeurs. Une autre solution est de déplacer la gestion de la mobilité au niveau des routeurs uniquement. Dans ce qui suit nous présentons les principales caractéristiques du protocole NEMO qui se base sur ce principe de gestion.

Le NEMO est une extension d'IPv6 mobile standardisé par l'IETF en 2002 [20]. Comme pour MIPv6, NEMO opère un adressage dynamique mais qu'il déploie au niveau des routeurs mobiles uniquement.

NEMO donne au RM une adresse permanente obtenue via l'agent mère et qui identifie ce routeur quelque soit sa position. Cette adresse identifie à la fois l'interface externe et l'interface interne du RM.

NEMO utilise aussi une adresse temporaire obtenue selon l'ancrage des routeurs mobiles dans les réseaux visités.

Le routage despaquets s'effectue en utilisant ces deux adresses comme pour MIPv6. NEMO déploie ainsi un tunnel bidirectionnel mais entre l'agent mère et le RM du réseau mobile uniquement, c'est-à-dire que les nœuds mobiles internes au réseau n'utilise pas ce tunnel.

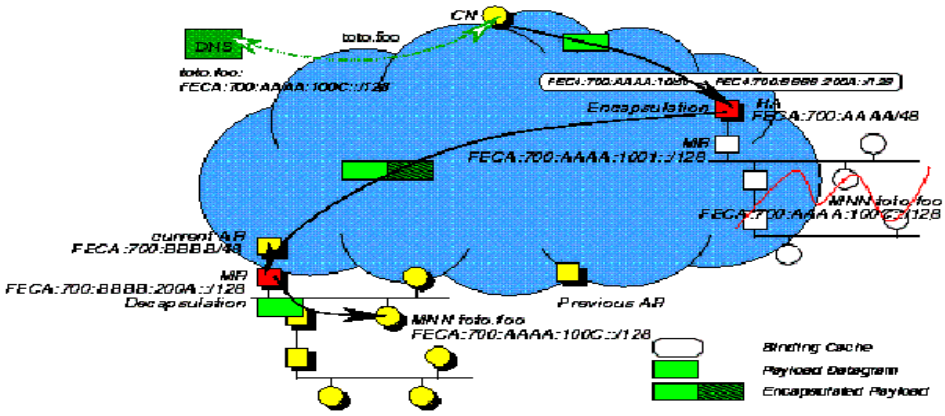

Figure 2.4 : Principe de NEMO [14]

Conclusion

La communication lors de la mobilité des équipements informatiques a pris une part importante dans la vie quotidienne, qu'elle soit personnelle ou bien professionnelle. En effet, même si MIPv6 présente des problèmes de performances pour les mobiles, qui se déplacent beaucoup et rapidement ou qui utilisent des applications "temps réel", il apporte des solutions aux problèmes posés par la mobilité des nœuds via le mécanisme de handover.

NEMO est un protocole en cours de développement, il gère la mobilité groupée au niveau des routeurs du réseau mobile et réduit ainsi la surcharge du réseau.

Chapitre 03
Simulation de la mobilité groupée

Introduction

La simulation est une méthode de mesure et d'étude consistant à remplacer un système par un modèle plus simple mais ayant un comportement analogue. Ce système peut être schématisé sous forme d'un modèle mécanique, électronique ou logicomathématique. L'objectif d'un modèle de simulation peut être simplement descriptif : étudier le comportement d'un système sous différentes hypothèses d'évolution de l'environnement, ou aussi normatif (décisionnel): en simulant plusieurs décisions envisagées choisir la meilleure ou la moins mauvaise.

Différents simulateurs de réseaux tel que NS,Packet Tracer[21], OPNET[22]sont utilisés dans le domaine des recherches scientifiques. Dans ce qui suit, nous présentons notre outil de simulation : NS.

Partie 01

Présentation de la plateforme NS2

I. Généralité

NS est un simulateur développé initialement à l'Université de Californie-Berkeley et supporté par DARPA. [23]. La première version NS1 date de 1989. L'apparition de NS2 avait pour but d'unifier les efforts de la communauté des chercheurs pour fournir une plateforme de simulation puissante, reconnue et permettant des simulations complexes et proches des conditions réelles.

NS2 est un logiciel gratuit sous licence GNU/GPL et son code source est accessible ce qui le rend encore plus attractif [24]. Il est aujourd'hui utilisé dans différents laboratoire de recherches pour définir des réseaux et simuler des communications entre leurs nœuds.

NS2 assure la modélisation de différents types de réseaux de transmission telle que les réseaux filaires, sans fil avec ou sans infrastructure et satellitaires. Il permet d'étudier des protocoles réseaux de toutes les couches du modèle OSI.

II. Principales caractéristiques

NS2 est un simulateur à événements discrets orienté objet. Il est écrit en deux langages objets : C++ et OTcl.

D'un point de vu utilisateur, les composantes en C++ sont utiliséespour faire fonctionner le corps de la simulation. OTcl est utilisé comme interface et interprètepour les scripts de simulation.

II.1. C++ pour NS

En effet, le fonctionnement interne des différents éléments caractéristiques des réseaux est écrit en langages C++. Il s'agit essentiellement des protocoles sur les différentes couches du modèle TCP/IP. En d'autres termes, C++ sert à définir les classes pour les configurations globales du logiciel qui changent rarement.L'idée est d'utiliser C++ dans toutes les opérations qui nécessitent un calcul intense et ainsi profiter de la vitesse d'exécution des objets compilés en C++.

II.2. OTCL pour NS

OTcl est une extension orientée objet de Tcl permet une intégration facile avec d'autres langages.

Tcl est un langage de commande qui sert à contrôler les applications. Il offre des structures de programmation telles que les boucles, les procédures ou les notions de variables. Il y a deux principales façons de se servir de Tcl: comme un langage autonome interprété ou comme une interface applicative d'un programme classique écrit en C ou C++.

En pratique, l'interpréteur Tcl se présente sous la forme d'une bibliothèque de procédures C qui peut être facilement incorporée dans une application.

De même, OTCL est utilisé dans la configuration des scénarios de simulation sous NS.

En outre, comparé à C++, aucune compilationde NS n'est nécessaire lorsqu'on change les paramètres de simulation dans un script. Ceci offre un gain de temps considérable lors des simulations.

II.3. Lien entre C++ et OTCL

Le lien entre les librairies des deux langages est réalisé grâce à la librairie TclCL ce qui permet d'interfacer le codeC++ et Otcl : Pour chaque objet OTCL utilisédans l'interprète, le simulateur a un objet miroir en C++. Ainsi NS2 établit unecorrespondance (mapping) entre les objets OTCL et les objets C++

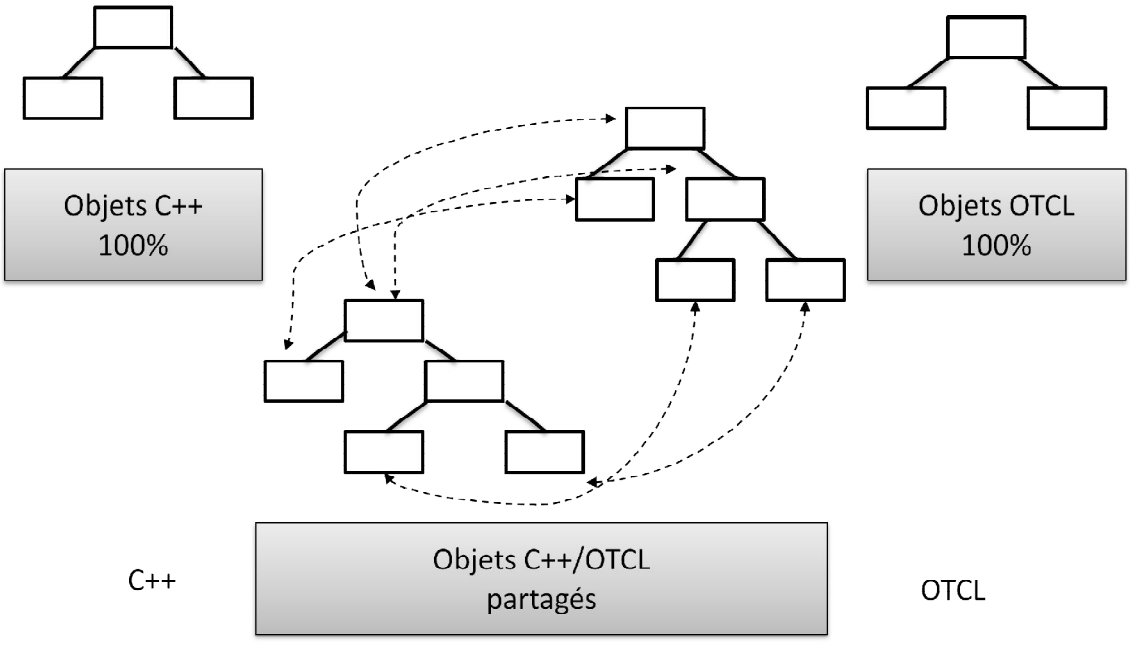

Figure 3.1: Dualité des classes OTCL et C++

II.4. Résultats des simulations

Après toute simulation en NS, l'utilisateur peut récupérer un fichier trace (.tr) contenant les résultats sous forme de lignes. Chaque ligne décrit un

événement qui s'est produit lors de la simulation (opérationsentre les couches).Le format du fichier trace a un effet direct sur la rapidité des simulationset en particulier sur l'utilisation de la CPU et la mémoire de la machine de simulation.

Les événements les plus importants dans les fichiers de traces sont la transmission (s), laréception (r), renvoi (f) et le rejet d'un paquet. Chaque paquet généré dans NS2 durant une simulation, a un identifiant unique et permet de suivre son état dans le réseau.

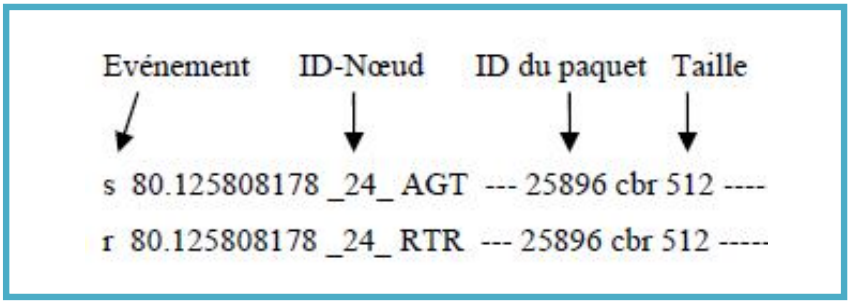

Figure 3.2: Détails des traces de simulations

II.5. Outils complémentaires à NS

Le simulateur NS2 ne permet pas de visualiser le résultat des expérimentations. Pour cela il est nécessaire d'utiliser un outil complémentaire tel que NAM pour visualiser le scénario de simulation ou Xgraph pour représenter ces résultats graphiquement.

NAM est un outil pour représenter la topologie d'un réseau décrit en OTCL. Il affiche temporellement les résultats d'une trace d'exécution NS2 tels que des paquets TCP ou UDP transmis ou rejetés, la rupture d'un lien entre nœuds...etc. Ce logiciel est souvent appelé directement depuis les scripts TCL pour visualiser directement le résultat de la simulation.

Xgraph est un programme d'analyse des résultats de NS. En effet, il modélise les informations existantes sur les fichiers trace(.tr) sous forme de diagramme de traçage (courbes, histogrammes,....). L'utilisateur peut ainsi analyser facilement les résultats au lieu de manipuler des centaines de pages de lignes résultats.

III.Etapes d'installation

Voici les étapespour l'installationduNS2.35 allinone surFedora 14:

1. Copiez le dossierNS2.35 allinone.tardans le Bureau.
2. Décompresser ns-allinone-2.35.tar.Le résultat: dossier 'ns-allinone-2.35'
3. Ouvrez le terminal.
4. Tapez cd Bureau/
5. Tapez cd ns-allinone-2.35/
6. Lancer la commande : . /install pour l'installation.

Figure 3.3 : Lancement de l'installation à partir du répertoire de NS

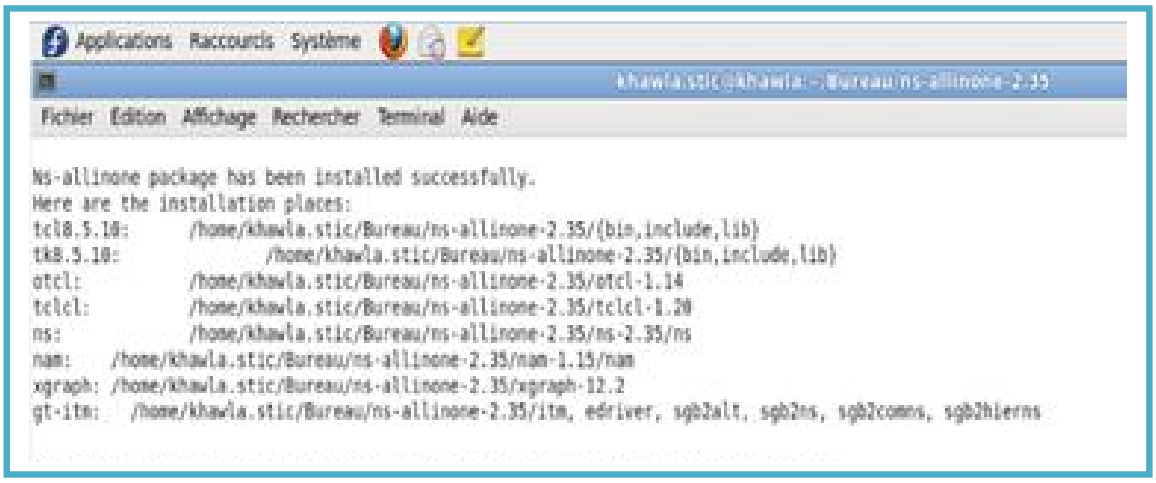

Figure 3.4 : Résultat de l'installation

7. Tapez la commande : cd pour revenir au dossier de la session utilisateur.

8. Ensuite, tapez la commande : vim .bashrc pour ouvrir le fichier bashrc puis ajoutez les lignes suivantes pour définir les chemins indiqués par NS après l'installation :

```
# .bashrc
# User specific aliases and functions
# LD_LIBRARY_PATH
OTCL_LIB=/home/khawla.stic/Bureau/ns-allinone-2.35/otcl-1.14
NS2_LIB=/home/khawla.stic/Bureau/ns-allinone-2.35/lib
X11_LIB=/usr/X11R6/libUSR_LOCAL_LIB=/usr/local/libexport
LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:$OTCL_LIB:$NS2_LIB:$X11_L
IB:
$USR_LOCAL_LIB
#TCL_LIBRARYTCL_LIB=/home/khawla.stic/Bureau/ns-allinone
2.35/tcl8.5.10/library
USR_LIB=/usr/libexport
TCL_LIBRARY=$TCL_LIB:$USR_LIB
# PATHXGRAPH=/home/khawla.stic/Bureau/ns-allinone-2.35/ bin: / home
/khawla.stic/Bureau/ns-allinone-2.35/tcl8.5.10/unix:/home/khawla./Bureau/ns-
allinone-2.35/tk8.5.10/unix
NS=/home/khawla.stic/Bureau/ns-allinone-2.35/ns-2.35/
NAM=/home/khawla.stic/Bureau/ns-allinone-2.35/nam-1.15/
PATH=$PATH:$XGRAPH:$NS:$NAM
# Source global definitions
if [-f /etc/bashrc]; then
. /etc/bashrcfi
```

Code 1 : Fichier bashrc

9. Enregistrez ces modifications sur le fichier et quittez. Redémarrez votre ordinateur.
10. Ouvrez un nouveau terminal et tapez la commande :./validatepuis essayer la commande : ns, le terminal doit afficher % pour dire que l'installation est terminée avec succès.

IV. Instructions TCL pour NS2

Notre travail consiste à élaborer des simulations en TCL dans un contexte de mobilité groupée, c'est pourquoi nous nous intéressons d'avantage dans cette section au langage TCL.

Chaque simulation dans NS2 est exécutée à partir d'un script écrit en TCL dans lequel onspécifie les paramètres de simulation (temps de simulation, modèle de propagation radio,type de canal sans fil, modèle de mobilité, nombre de nœud dans le réseau, transmissionradio, type de protocole, bande passante, type de trafic, etc).

Généralement ces scripts se basent sur un modèle composé des éléments suivants :

- Nœuds du réseau : il s'agit à la fois des nœuds d'extrémités où le trafic est généré ou consommé et des nœuds routeurs (nœuds intermédiaires).

```
set n0 [$ns node]
```

Code2 : Création d'un nœud filaire

- Liens de communications entre ces nœuds.

```
$ns duplex-link $n0 $n1 5Mb 2ms DropTail
```

Code 3 : Création d'un lien entre les nœuds n0 et n1

- Agents : représentent les protocoles utilisés tel que TCP. Ces agents sont connectés aux nœuds et sont attachées les uns aux autres pour permettre l'échange dedonnées.

```
set tcp [new Agent/TCP]
set sink [new Agent/TCPSink]
    $ns attach-agent $n0 $tcp
    $ns attach-agent $n3 $sink
$ns connect $tcp $sink
```

Code 4 : Création d'un agent TCP

- Application : qui génère le trafic des données.

```
set ftp [new Application/FTP]
     $ftp attach-agent $tcp
```

Code 5 : Attachement de l'application traffic

- Contrôleur des évènements d'une simulation : il s'agit du lancement\arrêt des simulations dans un intervalle de temps.

```
$ns at 1.1 "$ftp start"
```

Code 6 : Lancementde l'application

Partie 02

Scénario de simulation

L'objectif de notre simulation est de modéliser la mobilité groupée. C'est pourquoi, le script de simulation représente les nœuds d'un réseau Ad hoc mobile qui se déplacent collectivement d'un réseau initial vers un autre réseau.
Le réseau en question comporte un nœud routeur qui desserre les autres nœuds qui lui sont attachés.
Des points d'accès sont associés au réseau mère et au réseau visité et qui assurent la liaison du RM
Durant ces déplacements,les paquets sont transmis des nœuds du réseau mobile vers leurs correspondants.

Pour ce faire, nous avons commencé par la spécification des paramètres de l'environnement sans fil, i.e :modèle de propagation radio,type de canal sans fil, nombre de nœud dans le réseau, transmissionradio, type de protocole, type de trafic. Notons que NS nécessite la spécification de ces paramètres pour identifier l'environnement de simulation. Cependant les valeurs de ces paramètres varient à volonté d'une simulation à une autre.

Modèle de propagation radio : nous avons utilisé le modèle de propagation radio de NS «TwoRayGround» vu que la plupart du scripts TCL que nous avons consulté l'utilise.
Type de canal:nous avons utilisé le medium radio pour les transmissions entre routeur, les nœuds du réseau mobile et les points d'accès. Pour les

transmissionsentre NC et les points d'accès nous utilisons le médium sans fil.

Nombre de nœud dans le réseau : ce nombre correspond aux nœuds filaire et sans fils mais il faut le préciser pour le paramétrage du réseau sans fil.

Type d'antenne : nous avons choisit d'utiliser l'antenne omnidirectionnelle puisqu'elle permet des connexions radio sur de longues distances.

Type de protocole : nous avons utilisé le protocole DSDV.

```
setval (chan)    Channel/Wireless Channel ;
set  val(prop)    Propagation/TwoRayGround ;
setval(ant)       Antenna/OmniAntenna;
setval(ll)        LL                ;
setval(ifq)       Queue/DropTail/PriQueue ;
setval(ifqlen)    50                ;
set val(netif)    Phy/WirelessPhy       ;
set val(mac)      Mac/802_11          ;
setval(nn)        5                 ;
setval(rp)    DSDV              ;
setval(x)         500
setval(y)         500
```

Code 7 : Environnement radio de la simulation

Dans ce qui suit, nous présentons les autres paramètres de notre instance de simulation. Il s'agit d'abord de créer l'instance de simulation comme suit

```
set ns [new Simulator]
```

Code 8 : Création d'une instance de simulation

Pour garder une trace de notre simulation, nous créons le fichier .tr du nom simple via l'appel de la procédure trace-tout {}comme suit :

```
set tracefd [open simple.tr w]
$ns trace-all $tracefd
#$ Ns_ trace-tout tracefd $
```

Code 9 : Ouverture d'un fichier trace

De même, les instructions suivantes font l'ouverturede fichier.nam pour visualiser les réseaux sans fils. Notons qu'il faut préciser que l'environnement de simulation utilise le médium radio pour que NAM puisse le modéliser. De plus, ces instructions limitent la taille de la fenêtre du NAM.

```
set namtrace [open 1_out.nam w]
$ns namtrace-all-wireless $namtrace 500 500
```

Code 10 : Ouverture d'un fichier NAM

Nous créons égalementun objettopologiequi permet de contrôler le déplacement et faire le suivit des mouvements denœuds mobilesdansla limitetopologique. La commande suivante suffit pour créer cetobjet « topo » :

```
set topo [new Topography]
```

Code 11 : Création de topologie

De plus, nous avons mentionné auparavant lors de la création de l'environnement de simulation que lesnœuds mobilesse déplacent dansun espace de 500 X 500, c'est pourquoi il est nécessaire de faire le lien entre cet objet topo et l'environnement via l'instruction suivante.

```
$topo load_flatgrid 500 500
```

Code 12 : Coordonnées de topologie

Ensuite la création proprement ditedu canal de transmission radio se fait par l'instanciation du paramètre d'environnement définit par la commande suivante :

```
set chan_1 [new $val(chan)]
```

Code 13 : Création d'un canal

Dans le code suivant, nous définissons les paramètres pour configurer un nœud sans fil avant de le créer. La configuration peut être comme suit :

```
$ns  node-config -adhocRouting $val(rp) \
             -llType $val(ll) \
              -macType $val(mac) \
              -ifqType $val(ifq) \
              -ifqLen $val(ifqlen) \
              -antType $val(ant) \
              -propType $val(prop) \
              -phyType $val(netif) \
              -channelType $val(chan) \
              -topoInstance $topo \
              -agentTrace OFF \
              -routerTrace ON \
              -macTrace ON \
              -movementTrace ON \
              -channel $chan_1   \
```

Code 14 : Configuration des nœuds sans fils

Ensuite, nous créonsles nœuds mobiles en choisissant leurs couleurs, leurs tailles, leurs formes et positions initiales. Notons que ces nœuds peuvent être filaires, sans fils ou même routeurs et selon les agents et autres informations associées que NS permet de les distinguer.

```
set n(0) [$ns node]
$ns initial_node_pos $n(0) 80+i*100
$ns at 0.0 "$n(0) color blue"
$n(0) color "0"
#$n(0) shape "circle"
set n(1) [$ns node]
$ns initial_node_pos $n(1) 80+i*100
$ns at 0.0 "$n(1) color red"
$n(1) color "1"
#$n(1) shape "circle"
```

Code 15 : Création des nœuds émetteurs

Après la création des nœuds mobiles, il fautinitialiser leurs positionspour commencer :

```
$n(0) set X_ 5.0 $ Node_ (0) set X_ 300.0
$n(0) set Y_ 2.0 $ Node_ (0) set Y_ 350.0
$n(0) set Z_ 0.0 $ Node_ (0) set Z_ 0.0

$n(1) set X_ 390.0 $ Node_ (1) set X_ 390.0
$n(1) set Y_ 385.0 $ Node_ (1) set X_ 385.0
$n(1) set Z_ 0.0 $ Node_ (1) set X_ 0.0
```

Code 16 : Positions des nœuds

Les commandes suivantes produisent le mouvement des nœudscrées. Le réseau mobile se déplace entre les deux zones de couverture dans une ligne droite.

```
$ns at 0.0 "$n(0) setdest 50.0 100.0 3000.0"
$ns at 0.0 "$n(1) setdest 100.0 150.0 3000.0"
$ns at 0.0 "$a setdest 250.0 250.0 3000.0"
```

Code 17 : Mouvement des nœuds

Après spécification du modèle physique de l'environnement et des nœuds, nous déterminons les liens en termes de protocoles utilisés.

```
set tcp [new Agent/TCP]
$tcp set class_ 1
set sink [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n(0) $tcp
$ns attach-agent $r(1)  $sink
$ns connect $tcp $sink
```

Code 18 : Connexions TCP entre deuxnœuds

Nous utilisons la procédure finish avant de terminer la simulation. Notons que cette procédure inclut les instructions d'appel aux résultats de XGRAPH et NAM de la simulation en cours mais surtout qu'elle appelle le fichier trace qui contient les résultats de la simulation.

```
proc finish {} {
        global ns tracefd namtrace
        $ns flush-trace
close $namtrace

      # exec xgraph proj_out0.tr proj_out1.tr
                              # proj_out2.tr proj_out3.tr
exec nam -r 5m 1_out.nam &
        exit 0
}
```

Code 19 : Procédure finish

Ensuite, nousdevons définirle temps d'arrêtlorsque la simulationse termine. Nous avons choisit des valeurs suffisantes pour déplacer les nœuds d'une zone de couverture à une autre.

```
$ns at 20.0 "finish"
puts "Start of simulation.."
$ns run
```

Code 20 :Lancement de simulation

Nos résultats des simulationssont fournis dans NS2 sous forme de fichiers trace.

Ce qui donne les résultats suivants en des instants différents :

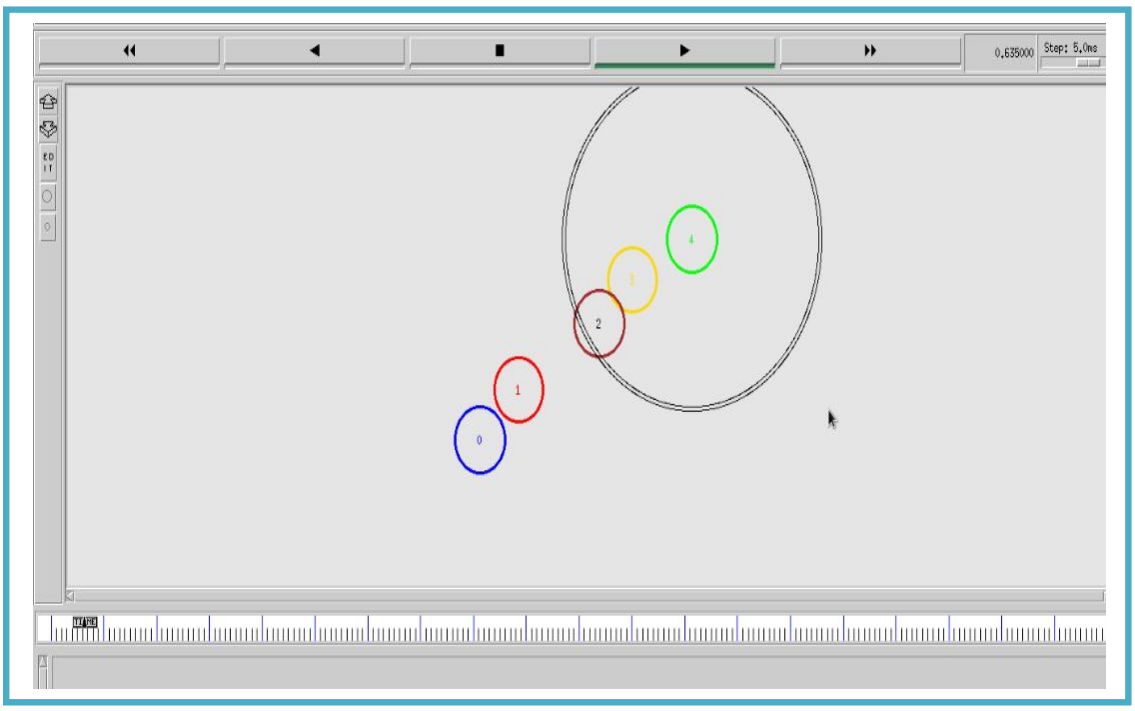

Figure 3.5 : Résultats de simulation à l'instant t1

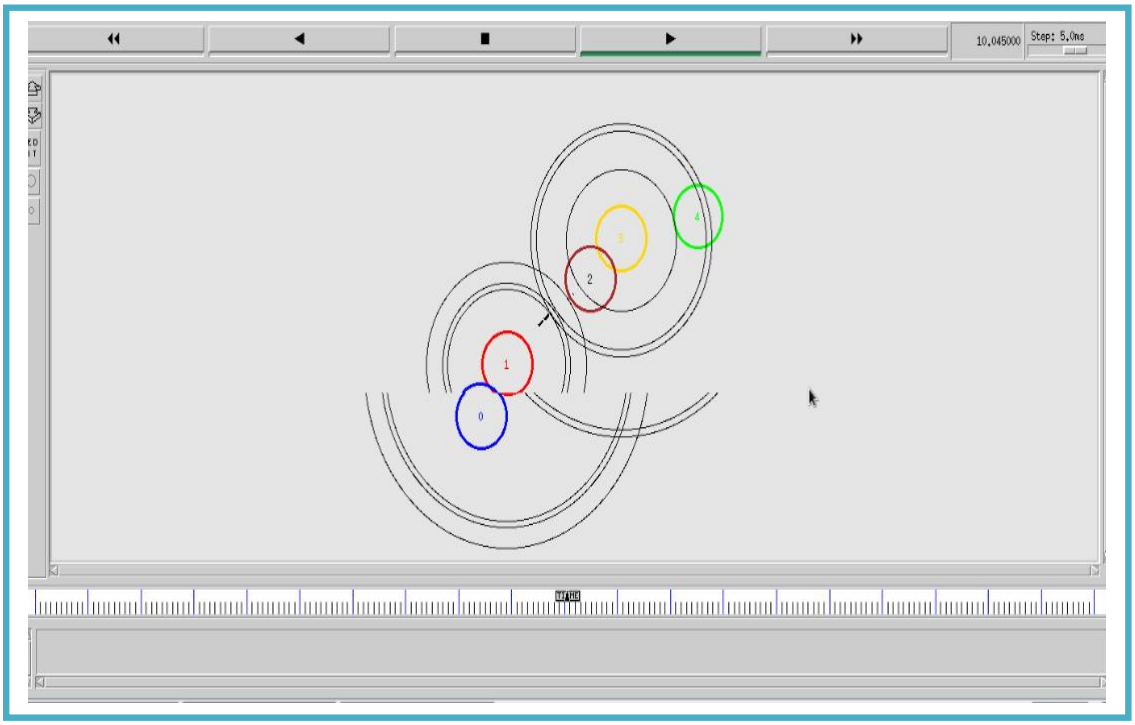

Figure 3.6 : Mouvement des nœuds et transfert des paquets en même temps

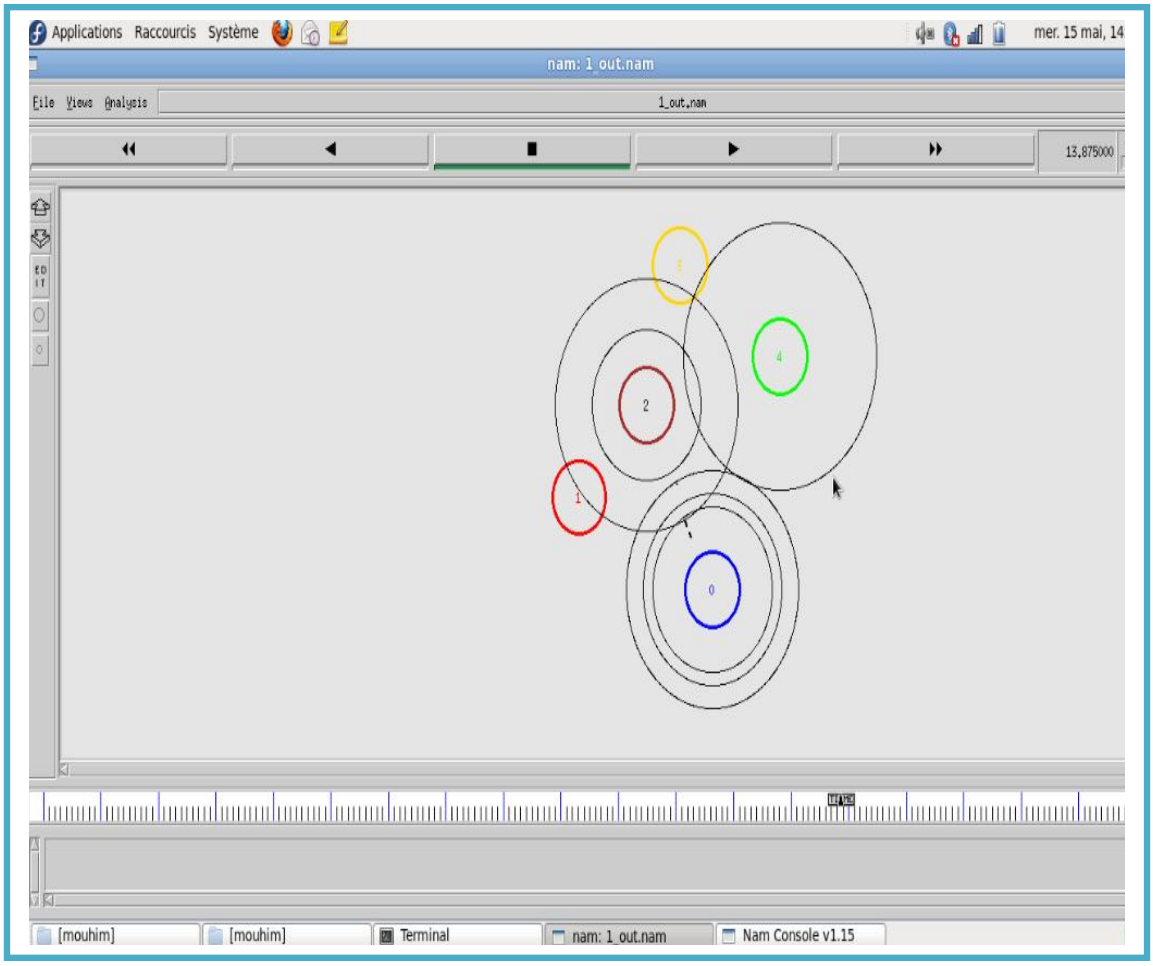

Figure 3.7 : Continuité de transfert des paquets

Conclusion

Le logiciel NS2et l'outil de visualisation NAM sont particulièrement adaptés à l'étude des réseaux complexesqu'ils soientfilaires ou sans fils. Dans ce chapitre,nous avons présenté NS avec ces caractéristiques et ces outils, ensuite nous avons montré comment l'installer, procédure délicate avant même de commencer à simuler la mobilité.

Nous avons ensuite simulé la mobilité groupée via un scénario qui décrit le déplacement de tous les nœuds d'un réseau en même temps et dont la transmission des paquets est assurée par un nœud routeur de ce réseau.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'objectif de notre projet est la réalisation d'une simulation des nœuds mobiles d'un réseau Ad hoc dans un contexte de mobilité groupée.

Avant de procéder à la simulation, nous avons présenté quelques éléments théoriques relatifs à la mobilité, à savoir : les caractéristiques des réseaux sans fils et quelques protocoles pour gérer les communications.

Enfin nousavons utilisé l'outil de simulation NS2 sous différents scénariosde trafics.

Comme perspectives à notre travail, il serait intéressant de continuer sur les axes suivants :

- Etudier d'autres protocoles pour gérer la mobilité, par exemple sur la couche transport.
- S'intéresser d'avantage aux commandes TCL pour définir les caractéristiques de l'environnement sans fils.
- Analyser les résultats obtenus et les comparer avec celles d'autres scénarios.

[1] Guy Pujolle. « Les réseaux ».2008

[2] Nadir BOUKHCHEM. « Routage dans les réseaux mobiles Ad hoc par une approche a base d'agent ».Juin 2008.

[3]Saloua CHETTIBI. « Protocole de routage avec prise en compte de la consommation d'énergie pour les réseaux mobiles Ad hoc ». Décembre 2008.

[4] HAGGAR Bachar Salim. « Les protocoles de routage dans les réseaux Ad hoc ».Juin 2007.

[5] B. Tavli, W. Heinzelman.« Mobile Ad hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communications ». 2006.

[6] R. Morris, J. Jannotti, F. Kaashoek, J. Li, D. Decouto. « CarNet: A scalableAd hoc wireless network system». September 2000.

[7] S.L. Wu, Y.C. Tseng. « Wireless Ad hoc Networking: Personal-Area, Local-Area, and the Sensory-Area Networks». 2007.

[8] I.F. Akyildiz, X. Wang, W. Wang.« Wireless mesh networks: a survey». 2005.

[9] NEBONNE Emmanuel. « Réalisation d'une antenne patch alimentée par ouverture ». 2007.

[10] http://fr.wikipedia.org/wiki/Antenne_radio%C3%A9lectrique.

[11] http://wndw.net/pdf/wndw-fr/chapter4-fr.pdf.

[12] http://wndw.net/pdf/wndw-fr/L'antenne.pdf.

[13]Benoit LE BONHOMME. « Services avancés IPv4 et IPv6 pour la communication audiovisuelle ». Septembre 2005.

[14] Thierry Ernst. « Le support des réseaux mobiles dans IPv6 ». 2006.

[15] CHAMEK Linda. « Localisation des mobiles par une stratégie de prédiction ». 2010.

[16] VINCENT Sébastien. « Monitoring de réseaux mobilesImplémentation du protocole Fast Location basedHandover ». 2005.

[17] Thierry Ernst. « Les Réseaux Mobile dans IPv6, support nécessaire au MultiMedia ». Mars 2004.

[18]GUOZHI WEI. « OPTIMISATION DU HANDOVER DANS LE PROTOCOLE IPV6 MOBILE AVEC LA METHODE E-HCF ». 2007

[19] Johnson D., Perkins C, Arko J. « Mobility Support in IPv6, Internet Engineering Task Force Request For Comments (RFC) 3775 ». Juin 2004.

[20] Thierry Ernst. « Network mobility Support Goals and Requirements». Juillet.2007

[21] Kevin Johnston – Geovany Gonzalez. «Packet Tracer».2006.

[22] Deroussen Nadége_Laplagne Hervé « Projet OPNET».2002

[23]Ekram Hossain. «Introduction to Network Simulator NS2 ».2009.

[24]Rachid ABDELLAOI. « SU-OLSR une nouvelle solution pour la sécuritédu protocole OLSR».Mai 2009.