

Réalisation d'une API de configuration automatique de réseau WiFi maillé sous Linux

BUGNOT Thibaut

21 février 2018

Table des matières

Introduction	2
1 Objectifs, définitions, contraintes	3
1.1 Introduction aux réseaux wifi	3
1.2 La norme 802.11s	5
1.3 Adressage et routage	6
2 Réseaux sans fils sous Linux	8
2.1 Gestion du réseau sous Linux	8
2.2 Création de réseaux 802.11s	8
2.3 Détection de réseaux existants et sélection de canal	8
3 Adressage et routage	9
3.1 Adressage dans un réseau maillé	9
3.2 Routage	9
4 Implémentation et architecture logicielle	10

Introduction

Chapitre 1

Objectifs, définitions, contraintes

1.1 Introduction aux réseaux wifi

Le wifi, abréviation de wireless fidelity, est un ensemble de protocoles permettant la communication sans fil entre deux appareils en utilisant des ondes radios. Ces protocoles se situent au niveau de la couche d'accès du modèle tcp/ip. La standardisation de cette norme a été initiée l'IEEE¹ en 1990. Cela a abouti, en 1997, au standard IEEE 802.11 définissant les réseaux locaux sans fils [1]. La norme d'origine prévoyait l'utilisation d'ondes radios dans la bande de fréquences libre entre 2401 et 2495 MHz[2], couramment appelée bande à 2,4 GHz, ou d'infra rouges. Cependant, pour suivre l'évolution des technologies, le standard IEEE 802.11 s'est enrichi afin d'augmenter le débit et d'utiliser la bande de fréquences libre entre 5170 et 5710 MHz. Les standards IEEE 802.11a et IEEE 802.11b ont donc été définis en 1999, le standard 802.11g en 2003 et le standard 802.11n en 2009. La figure 1.1 montre les principales différences entre ces normes wifi.[3]

Depuis sa création, la norme IEEE 802.11 définit 14 canaux dans la bande 2,4 GHz. Chaque canal a une largeur de 22 MHz et l'écart entre les centres de deux canaux successifs est de 5 MHz². Il en résulte donc un fort recouvrement entre les différents canaux comme le montre la figure 1.2.

Un réseau wifi est un réseau local découpé en "cellules" appelée BSS³. Deux appareils doivent se trouver dans le même BSS pour communiquer entre eux. Il existe deux modes de BSS : Le mode Infrastructure et le mode ad-hoc[4]. La plupart des réseaux wifi de particuliers ou d'entreprises sont des réseaux en mode Infrastructure.

Le mode infrastructure est une topologie centralisée. Il se caractérise par le fait que chaque BSS possède une station de base, appelé aussi point d'accès, et que toutes les communications passent nécessairement par le point d'accès de la BSS, et ce même si l'émetteur et le récepteur du message se trouvent dans le même BSS. Un point d'accès peut être relié par un réseau câblé à un ou

1. Institute of Electrical and Electronics Engineers

2. Sauf les centres des canaux 13 et 14 qui sont espacés de 12 MHz

3. Basic Service Set

	802.11 (Legacy)	802.11b (Legacy)	802.11a (Legacy)	802.11g (Legacy)	802.11n (HT)	802.11ac (VHT)	802.11ax (HE)
Year Ratified	1997	1999	1999	2003	2009	2014	2019 (Expected)
Operating Band	2.4 GHz/IR	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz	5 GHz	2.4/5 GHz
Channel BW	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20/40 MHz	20/40/80/160 MHz	20/40/80/160 MHz
Peak PHY Rate	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	6.8 Gbps	10 Gbps
Link Spectral Efficiency	0.1 bps/Hz	0.55 bps/Hz	2.7 bps/Hz	2.7 bps/Hz	15 bps/Hz	42.5 bps/Hz	62.5 bps/Hz
Max # SU Streams	1	1	1	1	4	8	8
Max # MU Streams	NA	NA	NA	NA	NA	4 (DL only)	8 (UL & DL)
Modulation	DSSS, FHSS	DSSS, CCK	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM, OFDMA
Max Constellation / Code Rate	DQPSK	CCK	64-QAM, 3/4	64-QAM, 3/4	64-QAM, 5/6	256-QAM, 5/6	1024-QAM, 5/6
Max # OFDM tones	NA	NA	64	64	128	512	2048
Subcarrier Spacing	NA	NA	312.5 kHz	312.5 kHz	312.5 kHz	312.5 kHz	78.125 kHz

FIGURE 1.1 – Différences entre les normes wifi IEEE 802.11

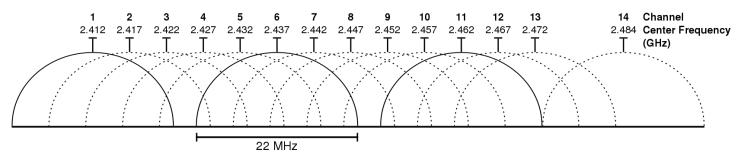


FIGURE 1.2 – Répartition des canaux dans la bande 2,4 GHz

plusieurs autres points d'accès, étendant ainsi le LAN⁴ [5], ou à un routeur pour accéder à un réseau WAN⁵. Le mode ad-hoc, au contraire, est un mode "d'égal à égal". Deux entités au sein du même BSS peuvent communiquer directement.

Comme le montre la figure 1.3[6], le premier champ de l'en-tête wifi est le FCF⁶, permettant d'identifier les trames en fonction de leur rôle. Ainsi, les trames peuvent être de trois types, identifiées par les deux bits en position 3 et 4 du FCF : Management, Contrôle ou Données.[7]. Les 4 bits suivants identifient le sous-type, et les 8 derniers bits sont des flags. Les trames de données sont utilisées pour transporter des données de plus haut niveau. Les trames de contrôle sont utilisées pour les acquittements et les réservations, et les trames de management servent à organiser et maintenir le réseau[8].

Les Beacons frames sont des trames de management particulières qui permettent à un point d'accès de déclarer sa présence aux appareils à proximité. Ils transportent différentes informations comme le SSID⁷ du réseau, qui est une chaîne de 2 à 32 caractères, un timestamp permettant de se synchroniser, le canal sur lequel il émet, et d'autres informations.[4].

-
- 4. Local Area Network, ou Réseau local
 - 5. Wide Area Network, ou Réseau étendu
 - 6. Frame Control Field, ou Champ de contrôle de trame
 - 7. Service Set Identifier

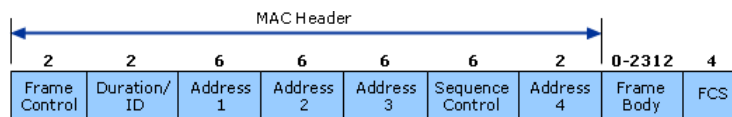


FIGURE 1.3 – Format des trames 802.11

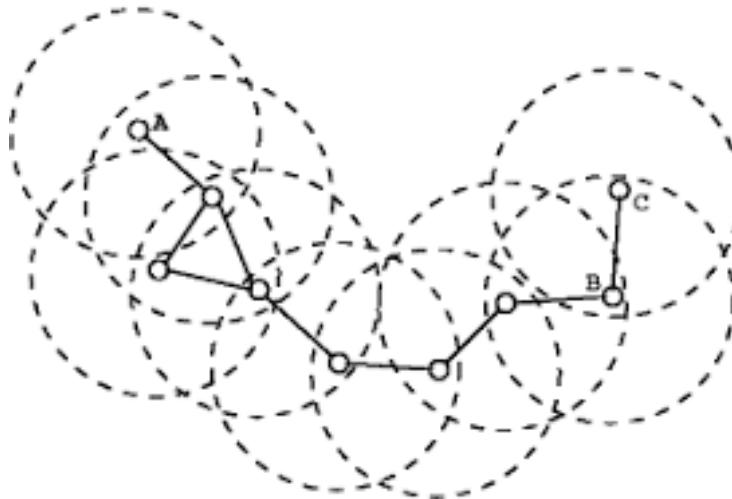


FIGURE 1.4 – Exemple de réseau ad-hoc

1.2 La norme 802.11s

Comme dit précédemment, le mode infrastructure est actuellement le plus utilisé. Cependant, il possède des limites du au fait que, dans certaines situations, il n'est pas toujours possible de connecter un point d'accès à un switch[9]. En effet, la longueur des cables ethernet est limité, ce qui rend difficile le déploiement de points d'accès dans des environnement ouverts.

C'est ce qui fait la force du mode ad-hoc. Chaque appareil peut communiquer avec tous les autres appareils qui sont à portée. De plus, chaque appareil peut relayer le message si le destinataire final n'est pas à portée. Ainsi, si l'on prends l'exemple la figure 1.4, chaque noeud peut communiquer avec nimporte quel autre, à la condition qu'un alogrithme de routage s'execute sur le réseau et que chaque noeud sache quel est le suivant pour atteindre la destination. Ce genre de réseau est appelé réseau maillé⁸. Le gros avantage de ces réseaux est qu'ils sont très flexible. On peut les étendre sans avoir à tirer de nouveaux cables ou a ajouter de nouveaux equipements intermédiaires[9]. A l'inverse, leretrais d'un petit nombre de noeuds ne doit pas empêcher le réseau de fonctionner si il est possible de trouver des routes alternatives pour les trames.

Le standart 802.11s est un amendement de la norme 802.11, définissant la manière dont les appareils disposant d'une carte réseau sans fils peuvent s'interconnecter pour former un réseau sans fil maillé. L'IEEE a commencé a travailler sur ce standart en 2003 et celui-ci à été adopté en 2006. Pour faciliter l'interopérabilité, un réseau 802.11s est vu de l'extérieur comme un unique seg-

8. Mesh Network en anglais

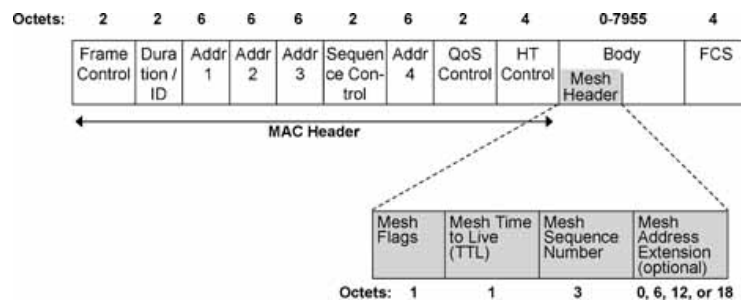


FIGURE 1.5 – Format des trames 802.11s

ment ethernet. Pour permettre la retransmission des informations d'un noeud à l'autre, la norme 802.11s étend l'en tête 802.11 classique avec un en tête mesh comme montré dans la figure 1.5[8].

Les 4 champs d'adresses de l'en tête 802.11 sont utilisées, puisqu'il faut à chaque transmission du message donner l'adresse du noeud qui a effectué la transmission, du prochain noeud, du destinataire final et de l'expéditeur originel. Dans certains cas plus complexes, par exemple si l'émetteur ou le destinataire, ou les deux, ne se trouvent pas dans le réseau mesh, mais que la trame va traverser un réseau mesh, il faut ajouter des adresses supplémentaires, d'où le fait que l'en tête mesh comporte un champ optionel d'extention d'adresse. Parmi les autres valeurs ajoutées, le TTL⁹ et le Mesh sequence number¹⁰ permettent d'éviter les boucles infinies qui risqueraient de saturer le réseau.

1.3 Adressage et routage

Dans un réseau TCP/IP, chaque noeud doit disposer de deux adresses. Chacune permet de l'identifier, en théorie, de manière unique. La première est l'adresse MAC, une adresse sur 48 bits, utilisé pour identifier les noeuds dans les protocoles de la couche d'accès du modèle TCP/IP. Cette adresse permet à une trame de voyager sur un LAN jusqu'à sa destination, mais sera changé à chaque fois que le paquet passe par un routeur. La deuxième est l'adresse IP, une adresse sur 32 bits qui est utilisé par le protocole IP, qui est un protocole de la couche réseau du modèle TCP/IP. Cette adresse est inchangé d'un bout de la transmission à l'autre¹¹.

L'adresse MAC est attribué à une carte réseau par le constructeur. Ainsi, nous avons la garantie que chaque appareil possède une adresse MAC unique. L'adresse IP doit également être unique mais, contrairement à l'adresse MAC, elle n'est pas enregistré dans la carte réseau par le constructeur car toutes les adresse IP identifiant les appareils d'un même LAN doivent avoir le même préfixe. Il existe des protocoles permettant d'affecter automatiquement des adresses IP à des appareils sans avoir besoin de recourir à une intervention humaine. Le protocole majoritairement utilisé est DHCP¹². Ce protocole nécessite qu'un ser-

9. Nombre de fois maximal que peut être relayé une trame avant d'être abandonnée, cette valeur est décrémenté à chaque saut

10. nombre identifiant de manière unique un paquet

11. en l'absence de mécanismes de traduction d'adresse (NAT)

12. Dynamic Host Configuration Protocol

veur dispose d'une liste d'adresses IP disponible qu'il va affecter à chaque noeuds du réseau sur demande de ces derniers[10]. Néanmoins, le recours à un serveur central d'adresse IP amoindrit les avantages à l'utilisation d'une infrastructure décentralisé tel qu'un un réseau maillé.

Dans un réseau maillée, il est aussi nécessaire de prévoir le routage des trames. La norme 802.11s définit également le protocole HWMP¹³ comme protocole de routage pour les réseaux wifi maillées. Contrairement à la majorité des protocoles de routages, HWMP ne se base pas sur les adresses IP, mais sur les adresses MAC, puisque le but est d'aiguiller les trames au sein d'un même LAN. Il s'agit d'un protocole de routage à vecteur distance puisque les noeuds n'ont pas connaissance de l'intégralité de la topologie du réseau mais uniquement des noeuds qui le constituent et de la "distance" de chacun d'eux. Plus précisément, le protocole HWMP dispose de deux modes de fonctionnement : "on demand" et "proactive tree building". Le second nécessite qu'un noeud soit désigné comme noeud racine[11]. Le mode "on demand"

13. Hybrid Wireless Mesh Protocol

Chapitre 2

Réseaux sans fils sous Linux

2.1 Gestion du réseau sous Linux

(netlink, etc...)

2.2 Création de réseaux 802.11s

2.3 Détection de réseaux existants et sélection de canal

Chapitre 3

Adressage et routage

3.1 Adressage dans un réseau maillé

3.2 Routage

Chapitre 4

Implémentation et architecture logicielle

Bibliographie

- [1] Michel Terré. Wifi, mars 2007.
<http://easytp.cnam.fr/terre/images/WiFi.pdf>.
- [2] Infos Réseau. Canaux et fréquences wifi 2.4 ghz et 5 ghz, janvier 2015.
<https://infos-reseau.com/canaux-et-frequences-wifi-2-4-ghz-et-5-ghz/>.
- [3] Sundar Sankaran. The theory of wi-fi evolution and ieee 802.11 selection, juillet 2016.
<https://theruckusroom.ruckuswireless.com/wi-fi/2016/07/13/the-theory-of-wi-fi-evolution-and-ieee-802-11-selection/>.
- [4] F.Nolot. Les réseaux sans-fil : Ieee 802.11.
<http://www.nolot.eu/Download/Cours/reseaux/m1info/ProtoAv-Cours7-Wifi.pdf>.
- [5] James F. Kurose; Keith W. Ross. Ieee 802.11 lans, 1999.
https://www.net.t-labs.tu-berlin.de/teaching/computer_networking/05.07.htm.
- [6] Microsoft. How 802.11 wireless works, Mars 2003.
[https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc757419\(v=ws.10\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc757419(v=ws.10).aspx).
- [7] Nicolas Darchis. 802.11 frames : A starter guide to learn wireless sniffer traces, octobre 2010.
<http://www.nolot.eu/Download/Cours/reseaux/m1info/ProtoAv-Cours7-Wifi.pdf>.
- [8] Guido Hiertz; Dee Denteneer; Sebastian Max; Rakesh Taori; Javier Cardona; Lars Berlemann; Bernhard Walke. Ieee 802.11s : The wlan mesh standard, fevrier 2010.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/5416357/>.
- [9] Jerome Henry. 802.11s mesh networking, novembre 2011.
https://www.cwnp.com/uploads/802-11s_mesh_networking_v1-0.pdf.
- [10] R. Droms. Dynamic host configuration protocol, mars 1997.
<https://tools.ietf.org/html/rfc2131>.
- [11] Avinash Joshi; Hrishikesh Gossain; Jorjeta Jetcheva; Malik Audeh; Michael Bahr; Jan Kruys; Azman-Osman Lim; Shah Rahman; Joseph Kim; Steve Conner; Guenael Strutt; Hang Liu; Susan Hares. Hwmp protocol specification, novembre 2006.
doc. : IEEE 802.11-06/1778r1.