

Introduction

Ce livre traite de la combinaison du réseau de mobiles 4G et du réseau de transport IP (*Internet Protocol*) et Ethernet par l'analyse des fonctions de transfert des données (chapitres 1 à 6), de qualité de service (chapitres 7 à 9), de sécurité (chapitres 10 à 12) et de synchronisation (chapitres 13 à 15).

I.1. Le réseau de mobiles

Le réseau de mobiles 4G permet au paquet IP du flux du mobile d'être transporté jusqu'à sa passerelle PGW (*PDN Gateway*) et *vice-versa*.

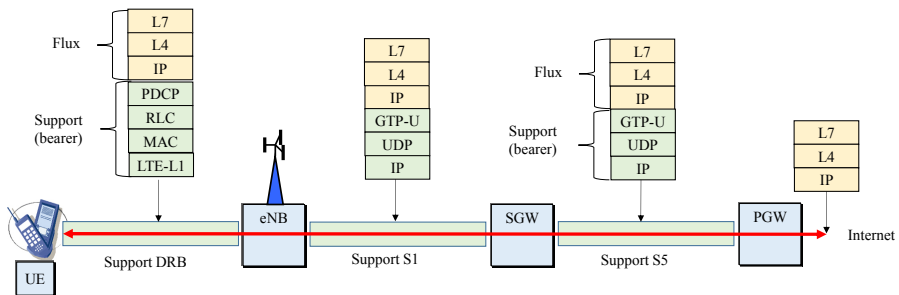


Figure I.1. Le transport du flux du mobile dans un support

Le paquet IP du flux du mobile est transporté par des supports (*bearers*) construits entre les différentes entités du réseau de mobiles 4G (figure I.1) :

- le support radioélectrique DRB (*Data Radio Bearer*) entre le mobile UE (*User Equipment*) et l'entité eNB (*evolved Node Base station*) ;

- le support S1 entre les entités eNB et SGW (*Serving Gateway*) ;
- le support S5 construit entre les entités SGW et PGW.

Le paquet IP du support S1 ou S5 contient le paquet IP du flux du mobile.

I.2. Le réseau de transport

Le réseau de transport IP et Ethernet permet de construire un réseau d'interconnexions des différentes entités du réseau de mobiles 4G et se compose des réseaux suivants (figure I.2) :

- le réseau MPLS-VPN (*Multi-Protocol Label Switching - Virtual Private Network*) permet de construire un réseau IP pour l'interconnexion des différentes entités du cœur du réseau de mobiles 4G : MME (*Mobility Management Entity*), SGW, PGW, HSS (*Home Subscriber Server*), PCRF (*Policy and Charging Rule Function*) ;
- le réseau VPLS (*Virtual Private LAN Service*) permet de construire un réseau Ethernet pour l'interconnexion des stations radioélectriques (eNB) au cœur du réseau de mobiles 4G (MME, SGW) ;
- le réseau OTN (*Optical Transport Network*) est un réseau de transmission sur fibre optique de trames Ethernet pour l'interconnexion sur des longues distances des différentes entités PE (*Provider Edge*) et P (*Provider*) des réseaux MPLS-VPN ou VPLS.

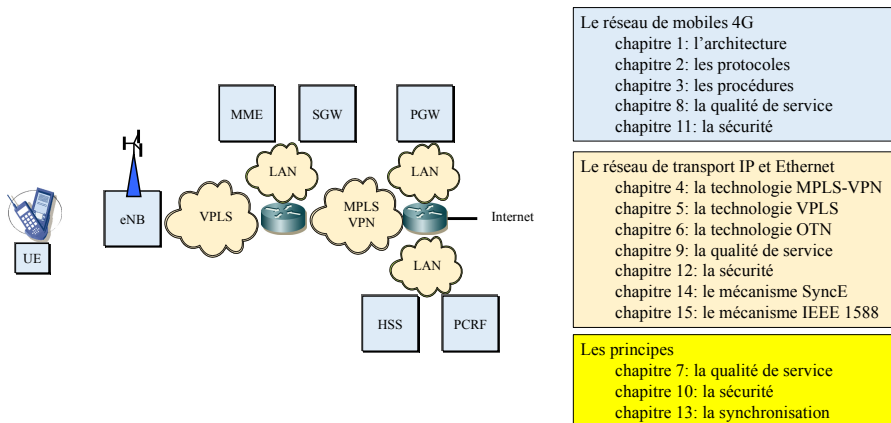


Figure I.2. Le réseau de mobiles 4G et le réseau de transport IP et Ethernet

I.2.1. Le transport du support S1

Le transport des paquets IP du support S1 est assuré par les trames Ethernet dans le réseau VPLS entre l'entité eNB et le routeur R1, puis par les trames Ethernet dans le réseau LAN1 entre le routeur R1 et l'entité SGW (figure I.3).

Les trames Ethernet dans le réseau VPLS sont commutées par les entités PE et acheminées entre les entités PE dans des circuits virtuels, l'entité P assurant la commutation de labels.

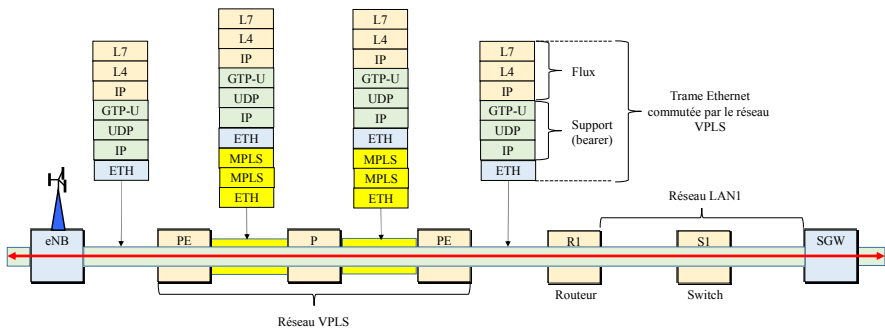


Figure I.3. Le transport des paquets IP du support S1

I.2.2. Le transport du support S5

Les paquets IP du support S5 sont transportés par les trames Ethernet dans le réseau LAN1 entre l'entité SGW et le routeur R1, et par les trames Ethernet dans le réseau LAN2 entre le routeur R2 et l'entité PGW (figure I.4).

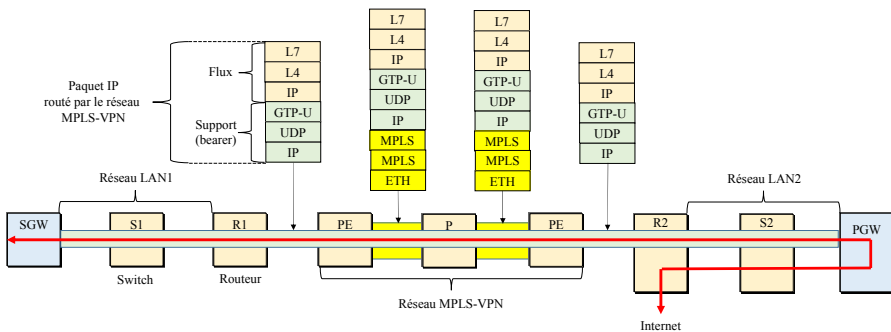


Figure I.4. Le transport des paquets IP du support S5

Les paquets IP du support S5 sont routés par le routeur R1, par les entités PE du réseau MPLS-VPN et par le routeur R2.

Les paquets IP dans le réseau MPLS-VPN sont acheminés entre les entités PE dans des circuits virtuels, l'entité P assurant la commutation de labels.

Le paquet IP du flux du mobile est routé par l'entité PGW, transporté par des trames Ethernet jusqu'au routeur R2, puis routé par le routeur R2 pour accéder au réseau Internet.

I.2.3. Le réseau OTN

Le réseau de transport optique OTN assure la constitution des éléments suivants :

- le canal optique OCh (*Optical Channel*) construit à partir des données issues des entités PE ou P des réseaux MPLS-VPN ou VPLS ;
- le multiplexage de longueurs d'onde OMS (*Optical Multiplex Section*) des différents canaux optiques ;
- la transmission sur fibre optique OTS (*Optical Transmission Section*) du multiplex de longueurs d'onde (figure I.5).

La structure du réseau de transport optique OTN dépend de la topologie du réseau et comprend les entités OLT (*Optical Line Terminal*) pour la constitution de liaisons point à point ou linéaires, les entités OADM (*Optical Add-Drop Multiplexer*) pour la constitution de réseaux en anneaux ou linéaires, ou les entités OXC (*Optical Cross-Connect*) pour la constitution de réseaux maillés.

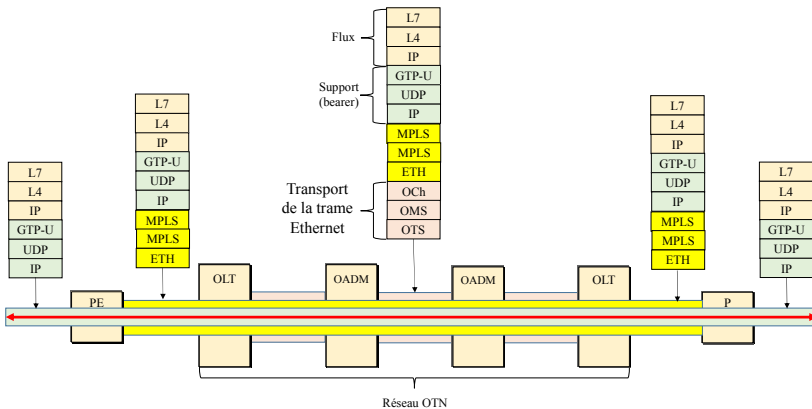


Figure I.5. Le réseau de transmission sur fibre optique

I.3. La qualité de service

Les flux et les supports sont regroupés en classes de service identifiées par les paramètres suivants :

- QCI (*QoS Class Identifier*) pour les supports DRB, S1 et S5 ;
- DSCP (*DiffServ Code Point*) pour les paquets IP ;
- PCP (*Priority Code Point*) pour les trames Ethernet ;
- EXP ou TC (*Traffic Class*) pour les paquets ou les trames labélisés.

La qualité de service consiste à appliquer à chaque structure de données un comportement (évitement de la congestion, ordonnancement) en fonction de la valeur de l'identifiant.

La valeur du paramètre QCI appliqué à une structure de données est définie par le réseau de mobiles 4G. La valeur des autres paramètres est obtenue par mappage à partir du paramètre QCI.

I.4. La sécurité

I.4.1. Le réseau de mobiles 4G

L'architecture de sécurité mis en œuvre dans le réseau de mobiles 4G est relative à la réalisation des opérations suivantes :

- l'authentification mutuelle du réseau 4G et du mobile ;
- la mise en sécurité des messages de signalisation NAS (*Non-Access Stratum*) échangés entre le mobile et l'entité MME. La mise en sécurité concerne le contrôle d'intégrité et le chiffrement des messages ;
- la mise en sécurité de l'interface radioélectrique LTE-Uu entre le mobile et l'entité eNB. La mise en sécurité concerne, d'une part, le contrôle d'intégrité et le chiffrement des messages RRC (*Radio Resource Control*), et d'autre part les paquets IP du plan utilisateur.

I.4.2. La protection des supports

Le mécanisme IPSec (*IP Security*) met en œuvre la protection des supports S1 et S5 entre les entités suivantes (figure I.6) :

- l'entité eNB et l'entité SEG1 (*Security Gateway*) localisée dans le réseau LAN1, pour le support S1 ;

– les entités SEG1 et SEG2 localisées respectivement dans les réseaux LAN1 et LAN2, pour le support S5.

Le paquet IP du flux du mobile est protégé au niveau de la couche PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*) sur l'interface radioélectrique (figure I.6).

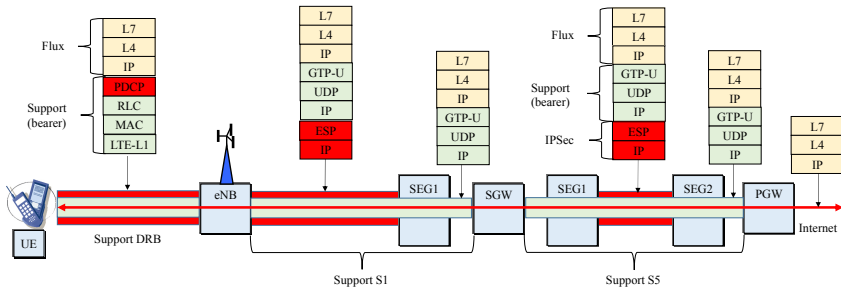


Figure I.6. La protection des supports

I.5. La synchronisation

Les différentes entités du réseau de mobiles, à l'exception de l'entité eNB et du réseau de transport, n'exigent aucune synchronisation pour mettre en œuvre le transfert des données.

Les interfaces radioélectriques des entités eNB doivent être synchronisées en fréquence afin d'assurer le changement de cellules en cours de session (*handover*), pour les deux modes de fonctionnement, le mode FDD (*Frequency Division Duplex*) et le mode TDD (*Time Division Duplex*).

Pour le mode TDD, la synchronisation temporelle est requise afin de synchroniser les périodes d'émission et de réception des entités eNB.

La gestion des interférences entre les entités eNB, basée sur un partage temporelle de la ressource radioélectrique, requiert également une synchronisation temporelle des entités eNB.

La méthode de couche physique synchrone, mise en œuvre par le mécanisme SyncE (*Synchronous Ethernet*) est une méthode qui convient à la synchronisation de fréquence.

La méthode fondée sur les paquets utilisée en mode bidirectionnel, mise en œuvre par le mécanisme IEEE 1588, permet d'effectuer une synchronisation horaire et fréquentielle.