

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Série Q

Supplément 67

(04/2015)

SÉRIE Q: COMMUTATION ET SIGNALISATION ET
MESURES ET TESTS ASSOCIÉS

**Cadre de signalisation pour les réseaux pilotés
par logiciel**

Recommandations UIT-T de la série Q – Supplément 67

UIT-T



RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Q
COMMUTATION ET SIGNALISATION ET MESURES ET TESTS ASSOCIÉS

SIGNALISATION DANS LE SERVICE MANUEL INTERNATIONAL	Q.1–Q.3
EXPLOITATION INTERNATIONALE AUTOMATIQUE ET SEMI-AUTOMATIQUE	Q.4–Q.59
FONCTIONS ET FLUX D'INFORMATION DES SERVICES DU RNIS	Q.60–Q.99
CLAUSES APPLICABLES AUX SYSTÈMES NORMALISÉS DE L'UIT-T	Q.100–Q.119
SPÉCIFICATIONS DES SYSTÈMES DE SIGNALISATION N° 4, 5, 6, R1 ET R2	Q.120–Q.499
COMMULATEURS NUMÉRIQUES	Q.500–Q.599
INTERFONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES DE SIGNALISATION	Q.600–Q.699
SPÉCIFICATIONS DU SYSTÈME DE SIGNALISATION N° 7	Q.700–Q.799
INTERFACE Q3	Q.800–Q.849
SYSTÈME DE SIGNALISATION D'ABONNÉ NUMÉRIQUE N° 1	Q.850–Q.999
RÉSEAUX MOBILES TERRESTRES PUBLICS	Q.1000–Q.1099
INTERFONCTIONNEMENT AVEC LES SYSTÈMES MOBILES À SATELLITES	Q.1100–Q.1199
RÉSEAU INTELLIGENT	Q.1200–Q.1699
PRÉSCRIPTIONS ET PROTOCOLES DE SIGNALISATION POUR LES IMT-2000	Q.1700–Q.1799
SPÉCIFICATIONS DE LA SIGNALISATION RELATIVE À LA COMMANDE D'APPEL INDÉPENDANTE DU SUPPORT	Q.1900–Q.1999
RNIS À LARGE BANDE	Q.2000–Q.2999
SPÉCIFICATIONS ET PROTOCOLES DE SIGNALISATION POUR LES RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION	Q.3000–Q.3709

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Supplément 67 aux Recommandations UIT-T de la série Q

Cadre de signalisation pour les réseaux pilotés par logiciel

Résumé

Le Supplément 67 aux Recommandations UIT-T de la série Q définit le cadre de signalisation pour les réseaux pilotés par logiciel (SDN), en spécifiant les exigences de signalisation et l'architecture des réseaux SDN, ainsi que les interfaces et les procédures relatives aux protocoles de signalisation. Le présent Supplément devrait également être utile pour l'élaboration d'un ou de plusieurs protocoles de signalisation pouvant prendre en charge des flux de trafic.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	UIT-T Q Suppl. 67	29-04-2015	11	11.1002/1000/12503

Mots clés

SDN, modèle de signalisation, réseau piloté par logiciel.

* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur Web, suivi de l'identifiant unique, par exemple: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente publication, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette publication se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la publication contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et on considère que la publication est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la publication.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente publication puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des publications.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets ou par des droits d'auteur afférents à des logiciels, et dont l'acquisition pourrait être requise pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter les bases de données appropriées de l'UIT-T disponibles sur le site web de l'UIT-T à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2021

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références.....	1
3	Définitions	1
	3.1 Termes définis ailleurs	1
	3.2 Termes définis dans le présent Supplément	1
4	Abréviations et acronymes	2
5	Conventions	3
6	Exigences et scénarios de signalisation	3
	6.1 Réseau piloté par logiciel (SDN).....	3
	6.2 Réseau SDN superposé.....	3
	6.3 Exigences et scénarios relatifs au contrôleur SDN.....	4
	6.4 Réseau mobile piloté par logiciel	6
7	Modèle de signalisation	7
8	Description des interfaces dans le modèle de signalisation.....	8
	8.1 Interface Sa.....	8
	8.2 Interface Sn.....	8
	8.3 Interface Sew	9
	8.4 Interface Ss	9
	8.5 Interface Sma.....	9
	8.6 Interface Smo.....	10
	8.7 Interface Smc.....	10
	8.8 Interface Smn.....	10
9	Procédures appliquées par le protocole de signalisation	10
	9.1 Procédure de migration en temps réel d'une machine virtuelle.....	10
	Appendice I – Scénarios et exigences correspondantes de l'interface Ss concernant les transferts transparents	13
	I.1 Service indépendant du support (MIS) IEEE 802.21	13
	I.2 Procédures appliquées par le protocole de signalisation	14
	Appendice II – Méthode pour compléter le présent Supplément.....	16
	Bibliographie.....	17

Supplément 67 aux Recommandations UIT-T de la série Q

Cadre de signalisation pour les réseaux pilotés par logiciel

1 Domaine d'application

Le présent Supplément définit le cadre de signalisation pour les réseaux pilotés par logiciel (SDN), en spécifiant les exigences de signalisation et l'architecture des réseaux SDN, ainsi que les interfaces et les procédures relatives aux protocoles de signalisation. Ces exigences et les éléments d'information de signalisation identifiés permettront l'élaboration d'un ou de plusieurs protocoles de signalisation pouvant prendre en charge des flux de trafic.

2 Références

- [UIT-T M.3400] Recommandation UIT-T M.3400 (2000), *Fonctions de gestion du réseau de gestion des télécommunications*.
- [UIT-T Y.3300] Recommandation UIT-T Y.3300 (2014), *Cadre des réseaux pilotés par logiciel*.
- [UIT-T Y.3500] Recommandation UIT-T Y.3500 (2014), *Technologies de l'information – Informatique en nuage – Présentation générale et vocabulaire*.
- [UIT-T Y.3501] Recommandation UIT-T Y.3501 (2013), *Cadre et exigences de haut niveau applicables à l'informatique en nuage*.
- [UIT-T Y.3512] Recommandation UIT-T Y.3512 (2014), *Informatique en nuage – Exigences fonctionnelles relatives au réseau en tant que service*.

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

Le présent Supplément utilise les termes suivants définis ailleurs:

3.1.1 communications en tant que service (CaaS, *Communication as a Service*)

[UIT-T Y.3500]: catégorie de services en nuage pour laquelle la capacité fournie au client de services en nuage est une interaction et une collaboration en temps réel.

NOTE – Pour le service CaaS, peuvent être fournies à la fois des capacités de type application et des capacités de type plate-forme.

3.1.2 réseau en tant que service (NaaS, *Network as a Service*) [UIT-T Y.3500]: catégorie de services en nuage pour laquelle les capacités fournies au client de services en nuage sont des capacités de connectivité de transport et des capacités de réseau connexes.

NOTE – Pour le service NaaS, n'importe lesquels des trois types de capacités de nuage peuvent être fournis.

3.1.3 chaîne de services [UIT-T Y.3512]: ensemble ordonné de fonctions qui est utilisé pour appliquer des politiques de traitement du trafic différencié à un flux de trafic.

3.1.4 réseaux pilotés par logiciel (SDN, *software-defined networking*) [UIT-T Y.3300]: ensemble de techniques permettant de programmer, d'orchestrer, de contrôler et de gérer les ressources de réseau de manière directe, ce qui facilite la mise au point, la fourniture et le fonctionnement de services de réseau de façon dynamique et modulable.

3.2 Termes définis dans le présent Supplément

Le présent Supplément définit les termes suivants:

3.2.1 boîtier intermédiaire: dispositif de mise en réseau informatique qui met en cache, transforme, inspecte, filtre ou manipule le trafic à des fins autres que la retransmission des paquets.

3.2.2 orchestration: fonctionnalité qui permet la gestion et la coordination automatisées des ressources et des services de réseau.

3.2.3 boîte blanche: dispositif de traitement des données à des fins générales qui fournit des fonctions de boîtier intermédiaire reconfigurables et personnalisables (par exemple la traduction d'adresse réseau (NAT), mémoire cache, l'inspection approfondie des paquets (DPI), les systèmes de détection des intrusions (IDS), etc.) à des fins autres que la retransmission des paquets. Ce dispositif peut être mis en œuvre de manière virtuelle.

4 Abréviations et acronymes

Le présent Supplément utilise les abréviations et acronymes suivants:

ACL	liste de contrôle d'accès (<i>access control list</i>)
API	interface de programmation d'application (<i>application programming interface</i>)
AS	système autonome (<i>autonomous system</i>)
BGP	protocole de passerelle frontière (<i>border gateway protocol</i>)
CaaS	communication en tant que service (<i>communication as a service</i>)
CE	entité de commande (<i>control entity</i>)
DPI	inspection approfondie des paquets (<i>deep packet inspection</i>)
FCAPS	dérangements, configuration, comptabilité, performances et sécurité (<i>fault, configuration, accounting, performance and security</i>)
FE	entité fonctionnelle (<i>functional entity</i>)
IDS	systèmes de détection des intrusions (<i>intrusion detection systems</i>)
IoT	Internet des objets (<i>Internet of things</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
LBS	service fondé sur la localisation (<i>location-based service</i>)
M2M	de machine à machine (<i>machine to machine</i>)
MIS	service indépendant du support (<i>media independent service</i>)
MN	nœud mobile (<i>mobile node</i>)
MPLS	commutation par étiquette multiprotocole (<i>multi-protocol label switching</i>)
NaaS	réseau en tant que service (<i>network as a service</i>)
NAT	traduction d'adresse réseau (<i>network address translation</i>)
NE	entité de réseau (<i>network entity</i>)
NFV	virtualisation des fonctions de réseau (<i>network function virtualization</i>)
ONF	Open Networking Foundation
QoS	qualité de service (<i>quality of service</i>)
RAN	réseau d'accès radioélectrique (<i>radio access network</i>)
SDN	réseaux pilotés par logiciel (<i>software-defined networking</i>)
SLA	accord de niveau de service (<i>service level agreement</i>)

VLAN	réseau local virtuel (<i>virtual local area network</i>)
VM	machine virtuelle (<i>virtual machine</i>)
VPN	réseau privé virtuel (<i>virtual private network</i>)

5 Conventions

Dans le présent Supplément:

L'expression "il est obligatoire" indique une exigence qui doit être strictement suivie et par rapport à laquelle aucun écart n'est permis pour pouvoir déclarer la conformité au présent Supplément.

L'expression "il est recommandé" indique une exigence qui est recommandée mais qui n'est pas absolument nécessaire. Cette exigence n'est donc pas indispensable pour déclarer la conformité.

L'expression "peut, à titre d'option," indique une exigence optionnelle qui est admissible, sans pour autant être en quoi que ce soit recommandée. Elle ne doit pas être interprétée comme l'obligation pour le fabricant de mettre en œuvre l'option et la possibilité pour l'opérateur de réseau ou le fournisseur de services de l'activer ou non, mais comme la possibilité pour le fabricant de fournir ou non cette option, sans que cela n'ait d'incidence sur la déclaration de conformité au présent Supplément.

6 Exigences et scénarios de signalisation

6.1 Réseau piloté par logiciel (SDN)

Dans le scénario d'un réseau piloté par logiciel (SDN), le contrôleur SDN centralisé crée un trajet de trafic d'un bord à l'autre du réseau en utilisant certains protocoles fonctionnant sur l'interface sud, par exemple OpenFlow (voir [b-ONF]), qui permet de programmer ce trafic sur chaque nœud du trajet, y compris les commutateurs/routeurs en périphérie, d'agrégation et centraux. Le premier paquet d'un nouveau trafic est envoyé à un contrôleur SDN centralisé, qui applique la politique, calcule le trajet et utilise l'interface sud pour diriger ce trafic vers chaque nœud du trajet.

Dans la mesure où cette approche pose plusieurs problèmes, il est recommandé de régler les questions suivantes:

- Cela entraîne une explosion du nombre d'états de retransmission sur les commutateurs/routeurs physiques.
- Le contrôleur SDN devrait communiquer avec chaque commutateur/routeur physique sur le trajet lorsqu'il est nécessaire de programmer un nouveau trafic.
- Ce modèle entraîne inévitablement un temps de latence supplémentaire.

6.2 Réseau SDN superposé

Dans le scénario d'un réseau SDN superposé, le contrôleur SDN centralisé utilise des tunnels superposés pour virtualiser le réseau. En règle générale, la terminaison de ces tunnels se trouvent dans des commutateurs/routeurs virtuels, mais elle peut également se trouver dans des commutateurs/routeurs physiques. Ce scénario réduit la taille des états de retransmission dans les nœuds physiques sous-jacents et permet de ne pas forcément avoir à modifier les commutateurs physiques en cas d'ajout d'un nouveau locataire ou d'une nouvelle machine virtuelle (VM). Point encore plus important, le contrôleur SDN fournit un trajet de migration fluide pour l'introduction de réseaux SDN dans les réseaux de production existants.

Il existe de multiples protocoles pour le plan de données pouvant être utilisés pour créer des tunnels superposés. Par exemple, le protocole OpenFlow peut simplement être déployé à la périphérie du réseau et ne s'applique pas aux commutateurs/routeurs physiques d'agrégation et centraux. Dans ce cas, le protocole OF-Config (voir [b-ONF]) est utilisé pour créer des tunnels superposés et le protocole OpenFlow est utilisé pour programmer le trafic afin de le diriger dans les tunnels.

En revanche, dans ce scénario, il est très difficile de garantir la qualité de service (QoS) par locataire ou par machine virtuelle, car chaque paquet est encapsulé dans un tunnel. Il est recommandé de prévoir la prise en charge d'une file d'attente à granularité fine afin d'isoler les locataires et de fournir la qualité de service par locataire, respectivement.

6.3 Exigences et scénarios relatifs au contrôleur SDN

6.3.1 Réseau hybride

Ce modèle de déploiement autorise la coexistence des environnements traditionnels des commutateurs/routeurs fermés de fournisseurs et des dispositifs fondés sur OpenFlow. Cette approche hybride désigne l'interconnexion du plan de commande et du plan de données des éléments de réseau traditionnels ou nouveaux, qui peut être considérée comme la solution pour assurer une transition fluide pour le réseau traditionnel. La Figure 6-1 décrit le modèle de réseau hybride. Le contrôleur traditionnel mentionné dans cette Figure ne se limite pas au serveur et peut être élargi à d'autres types de dispositifs. Par exemple, le réflecteur de route, qui est le moyen le plus répandu de distribuer les itinéraires BGP entre les routeurs d'un même système autonome (AS), peut être considéré comme un contrôleur traditionnel. Il est obligatoire de fournir l'élément de type passerelle dédié entre les contrôleurs traditionnels existants et les contrôleurs OpenFlow dans le nouveau plan de commande.

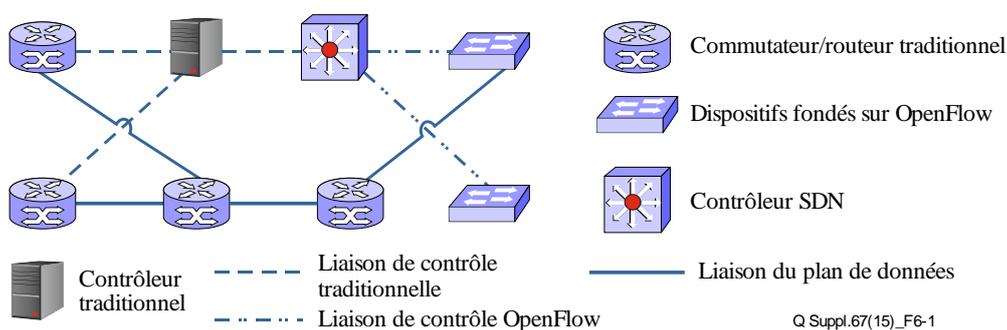


Figure 6-1 – Modèle de réseau hybride

6.3.2 Interactions entre les différents domaines SDN

Compte tenu de la progression des déploiements dans les réseaux de qualité opérateur, il est impossible qu'un contrôleur SDN unique contienne tous les états de fonctionnement du système tout entier. Par conséquent, la question de l'interopérabilité des contrôleurs SDN (également appelés "interfaces est-ouest") devient cruciale. Il est nécessaire d'apparier les nœuds de commande, soit à l'intérieur d'un même domaine administratif (intradomaine), soit entre domaines administratifs (interdomaines), dans un environnement à plusieurs fournisseurs. La signalisation pour l'interface est-ouest devrait garantir la synchronisation des états entre les nœuds contrôleurs fédérés. Si une incohérence passagère apparaît, il est nécessaire de décider, au niveau local, quel état d'instance de commande utiliser.

Compte tenu des avantages combinés, à savoir la modularité, une disponibilité élevée et des coûts faibles, l'exigence d'une migration fluide depuis le réseau existant devrait être prise en compte. Il est obligatoire de réduire la complexité du réseau, de simplifier son fonctionnement, d'empêcher la dégradation de la qualité de fonctionnement et d'intégrer les systèmes SDN dans l'infrastructure et la logique de service existantes dans le réseau de qualité opérateur, notamment le protocole BGP, la commutation par étiquette multiprotocole (MPLS) et le réseau privé virtuel (VPN). Par conséquent, il est réaliste d'adopter, pour l'interface est-ouest, des protocoles arrivés à maturité qui sont déployés dans le réseau de production depuis de nombreuses années.

Sur la base de l'analyse et des exigences décrites ci-dessus, le protocole BGP classique peut, à titre d'option, être l'interface est-ouest pour établir une fédération pour les contrôleurs SDN.

6.3.3 Fonction d'orchestration basée sur les services en nuage

Du fait de l'essor des services en nuage, une plus grande capacité de gestion et d'orchestration du réseau est requise. Le réseau en tant que service (NaaS), tel que défini dans [UIT-T Y.3500], est un exemple de catégorie de services en nuage dans laquelle la capacité fournie au client de services en nuage (CSC) est la connectivité de transport et les fonctionnalités de réseau connexes. Les exigences générales pour les réseaux NaaS décrites dans [UIT-T Y.3501] comprennent la configuration du réseau à la demande, la connectivité sécurisée, la connectivité à qualité de service garantie et la compatibilité de réseaux hétérogènes. La technologie SDN est l'une des principales technologies d'appui à la fourniture des réseaux NaaS.

Dans le modèle de cadre de signalisation pour les réseaux SDN, le réseau NaaS peut être considéré comme une application SDN et être fourni via une plate-forme de gestion en nuage, qui a besoin de communiquer avec la fonction d'orchestration SDN. Il est obligatoire de fournir l'interface entre la plate-forme de gestion en nuage et la fonction d'orchestration SDN, afin d'intégrer étroitement la fourniture des moyens informatiques et de réseau.

Pour prendre un scénario concret à titre d'exemple, dans un contexte multilocataires, les instances VM d'un même locataire sont toujours déployées sur les différents nœuds informatiques et sont interconnectées via un réseau locataire spécifique, par exemple un réseau local virtuel (VLAN). Au moment où une machine virtuelle migre entre différents nœuds informatiques, voire dans un centre de données réparti sur différents sites, il est nécessaire que les politiques de réseau liées à la machine virtuelle concernée soient conscientes de la migration et redéployées automatiquement sur le nouveau port de la machine virtuelle.

6.3.4 Fonction d'orchestration pour la gestion du boîtier intermédiaire

Étant donné que le déploiement de boîtiers intermédiaires (par exemple mémoire cache, pare-feu, dispositif NAT, etc.) est de plus en plus répandu, aussi bien dans les réseaux fixes que mobiles, de nombreuses difficultés sont apparues, ainsi que des critiques, en raison du manque d'interaction avec les systèmes de commande des couches supérieures (par exemple orchestration et contrôleur SDN). Voir la Figure 6-2.

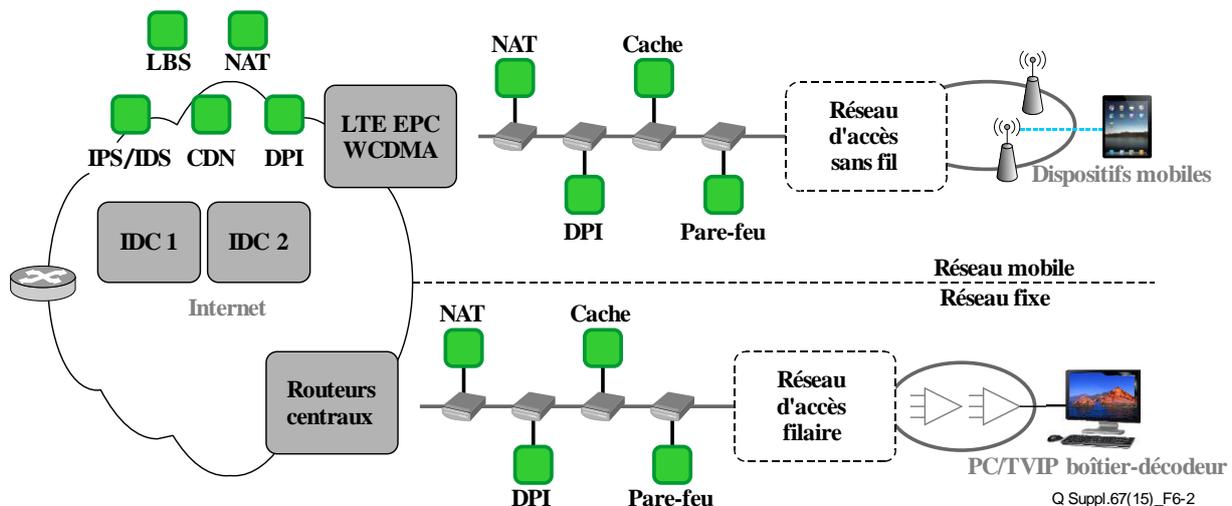


Figure 6-2 – Boîtiers intermédiaires dans les réseaux fixes et mobiles

Pour pouvoir assurer le chaînage de services, l'établissement des connexions et la surveillance des dérangements, il est obligatoire que l'environnement SDN prenne en charge la gestion unifiée du boîtier intermédiaire, afin de commander efficacement et d'interconnecter les composants de commutation de réseau et le boîtier intermédiaire.

Il est obligatoire:

- de prendre en charge la surveillance des boîtiers intermédiaires afin de vérifier leur disponibilité, l'état des ressources, etc.;
- d'obtenir les informations relatives à la topologie pour la connectivité de tous les boîtiers intermédiaires;
- de prendre en charge la commande des boîtiers intermédiaires afin d'établir des services de boîtier intermédiaire.

6.3.5 Fonction d'orchestration pour la gestion de la boîte blanche

La virtualisation des fonctions de réseau (NFV) [b-ETSI NFV] est un concept de nature semblable à la technologie SDN, dans le sens où ces deux technologies visent à déplacer la gestion du réseau de la couche matérielle à la couche logicielle. En outre, la virtualisation NFV est une technologie qui fait appel à des technologies de virtualisation pour gérer les fonctions de réseau en utilisant un logiciel, au lieu de devoir faire appel à un équipement propriétaire pour ce faire.

La Figure 6-3 montre un scénario possible pour le déploiement de boîtes blanches dans les réseaux fixes et mobiles.

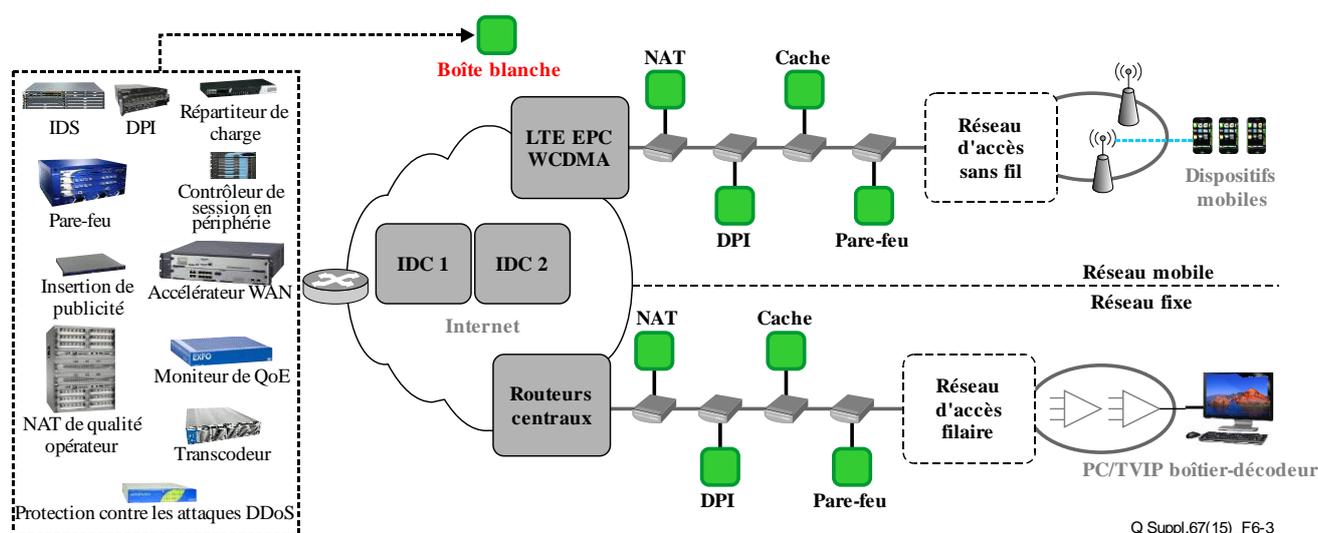


Figure 6-3 – Boîtes blanches dans les réseaux fixes et mobiles

Afin d'assurer l'installation, la reconfiguration et la personnalisation dans l'environnement SDN, il est nécessaire de garantir une gestion unifiée des boîtes blanches pour assurer un contrôle efficace ainsi que l'interconnexion entre les composants SDN et les boîtes blanches.

En outre, il est recommandé de fournir:

- une fonctionnalité permettant de surveiller les boîtes blanches, afin de vérifier leur disponibilité, l'état des ressources (par exemple le processeur, la mémoire, le stockage, etc.), la capacité, etc.;
- des informations fonctionnelles, telles que la description du service, le type de service, le distributeur, les versions logicielles, etc.;
- des informations de topologie et de connectivité concernant les boîtiers intermédiaires, notamment l'adresse du protocole Internet (IP), le domaine de réseau, le port, l'interface, l'emplacement, etc.

6.4 Réseau mobile piloté par logiciel

Le réseau mobile piloté par logiciel (SDMN) est une méthode de conception des réseaux mobiles sans fil, où le contrôleur SDN centralisé permet d'effectuer la gestion de la mobilité du réseau central et la gestion du trajet et des ressources pour le trafic des réseaux d'accès radioélectriques (RAN) en

utilisant des interfaces de programmation d'application (API) descendantes et montantes. Il s'agit de l'intégration, dans un réseau mobile sans fil futur, de différents réseaux RAN connectés au moyen d'un contrôleur SDN. Un réseau SDMN présente une architecture SDN pour un réseau mobile composé d'un contrôleur, de commutateurs d'accès ou centraux de base et de boîtiers intermédiaires prenant en charge des politiques à granularité fine. Toutes les fonctionnalités propres au protocole sont mises en œuvre dans la couche logicielle, ce qui permet d'utiliser au maximum des équipements matériels et des logiciels génériques et de base, aussi bien dans le réseau central que dans le réseau RAN. Un protocole de type OpenFlow pourrait être utilisé pour commander différents réseaux sans fil avec la prise en charge des exigences des technologies d'évolution à long terme (LTE) et des technologies d'accès radioélectrique WiFi grâce à des interfaces API spécifiques descendantes et montantes.

Dans les réseaux SDMN, le contrôleur centralisé sur le plan logique facilite la mise en œuvre des techniques de coopération pour la gestion de la mobilité dans les réseaux centraux. Le contrôleur centralisé regroupera les renseignements de réseau pour réduire les coûts d'exploitation et assurer l'automatisation. En outre, les fonctions de réseau telles que la mobilité, la répartition de la charge et les pare-feu, seront déployées en tant qu'applications logicielles.

Le contrôleur centralisé sur le plan logique permet également de prendre des décisions relatives à la répartition des ressources radioélectriques en ayant une visibilité globale sur de nombreuses stations de base, ce qui est bien plus optimal que la gestion des ressources radioélectriques (RRM) et les transferts transparents utilisés actuellement. En centralisant les renseignements de réseau, les décisions RRM peuvent être adaptées en fonction du profil d'attribution dynamique de la puissance et des sous-porteuses de chaque station de base, pour prendre en charge les transferts transparents.

Le contrôleur de réseau et les protocoles descendants et montants à utiliser dans les réseaux SDMN devraient être soigneusement conçus et élargis, et de nouvelles applications de réseau devraient être identifiées et mises en œuvre.

7 Modèle de signalisation

Le modèle de signalisation présenté dans la Figure 7-1 est aligné sur l'architecture de haut niveau des réseaux SDN définie dans [UIT-T Y.3300].

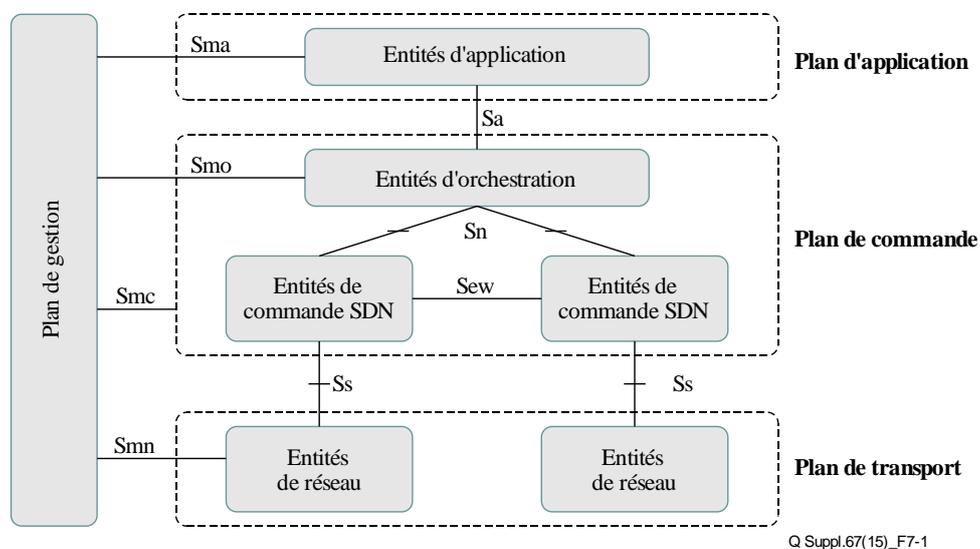


Figure 7-1 – Modèle de signalisation du cadre SDN

La Figure 7-1 montre le modèle de signalisation de base du cadre SDN, qui comprend trois plans horizontaux et un plan vertical, à savoir le plan d'application, le plan de commande, le plan de transport et le plan de gestion.

Dans le plan d'application, les entités d'application, c'est-à-dire les applications SDN, communiquent leurs besoins/politiques/exigences/indications en matière de réseau aux entités d'orchestration dans le plan de commande.

Les entités d'orchestration dans le plan de commande fournissent une interface API de service de réseau ouverte et des fonctions de commande du réseau, par exemple la fourniture de services, la composition/l'encapsulation/l'exposition des services et la négociation entre les différentes entités de commande SDN. Elles fournissent également des fonctions de gestion des boîtiers intermédiaires, par exemple la vérification de leur disponibilité, le suivi de l'état des ressources et la fourniture des informations de connexion (par exemple l'adresse IP, le port, etc.).

Les entités de commande (CE) SDN dans le plan de commande effectuent un contrôle centralisé sur le plan logique des entités de réseau (NE), en traduisant les intentions communiquées aux entités d'orchestration en instructions détaillées, qui sont transmises au trajet de données SDN sous-jacentes à faible niveau, et en offrant une représentation abstraite des trajets de données SDN pour fournir une vue logique du réseau. Des interactions auront également lieu entre les entités de commande SDN, si elles se situent dans des domaines administratifs différents.

Dans le plan de transport, les entités de réseau fournissent des capacités de retransmission et de traitement.

Le plan de gestion fournit des fonctionnalités pour la gestion des dérangements, de la configuration, de la comptabilité, des performances et de la sécurité (FCAPS) traditionnelle, telles que décrites dans [UIT-T M.3400]. Le plan de gestion interagit avec tous les plans horizontaux.

8 Description des interfaces dans le modèle de signalisation

8.1 Interface Sa

L'interface Sa permet aux entités d'application, par exemple les services de réseau prenant en compte la technologie SDN, les applications ou les autres utilisateurs des réseaux SDN, d'interagir avec les entités d'orchestration. Le protocole HTTP (avec par exemple les interfaces web API RESTful) ou d'autres protocoles peuvent être exécutés sur cette interface. Les exigences explicites des applications, les statistiques et les informations sur l'état du réseau et les événements survenus peuvent être échangées entre les entités d'application et les entités d'orchestration via cette interface.

8.2 Interface Sn

L'interface Sn permet une interaction entre les entités d'orchestration et les entités de commande SDN, en générant des vues détaillées ou abstraites des réseaux, pour que les entités d'orchestration puissent configurer/gérer/contrôler les entités de commande SDN en interagissant avec la vue générée. Cette interface traduit les exigences des applications et fait appliquer les comportements des entités d'orchestration. Les fonctions de cette interface sont notamment les suivantes:

- Découverte de la topologie:
L'interface Sn échange une vue abstraite de la topologie de réseau et des commandes de contrôle des applications. Elle a trait à la découverte de la topologie et de l'état du réseau pour les domaines de commande afin d'avoir une vue abstraite des ressources de réseau (par exemple topologie abstraite, état du réseau, utilisation) et des exigences de signalisation correspondantes.
- Fourniture de services:
Les entités d'orchestration coordonnent de multiples entités de commande SDN pour permettre la fourniture de ces services. Les services peuvent être assurés automatiquement ou manuellement.
- Résilience et fiabilité:

L'interface Sn doit permettre de transférer de façon fiable les messages de signalisation relatifs aux fonctionnalités pour la prise en charge de la surveillance des dérangements et la gestion de la résilience dans de multiples domaines.

8.3 Interface Sew

L'interface Sew permet aux entités de commande SDN d'interagir, soit au sein du même domaine administratif (intradomaine), soit entre domaines administratifs (interdomaines). Il est recommandé que cette interface prenne en charge ce qui suit:

- Le mode nuage, ainsi que les services de réseau et de communication, par exemple les réseaux NaaS et les communications CaaS, tels que définis dans [UIT-T Y.3500]. Les services peuvent être fournis automatiquement ou manuellement. Les entités de commande SDN devraient prendre en charge l'établissement, la libération, la demande et le rétablissement du service sur l'interface Sew.
- L'élément de calcul de trajet (PCE), afin de concevoir des trajets qui répondent aux exigences en matière de bande passante et de temps de latence, ainsi qu'à d'autres exigences en termes de qualité de service, de créer des composants de calcul spéciaux et d'instaurer la coopération entre les différents contrôleurs du domaine SDN sur l'interface Sew. On pourra calculer des trajets interdomaines optimaux en ayant recours aux services d'un ou de plusieurs PCE.
- La modularité désigne la capacité des entités de commande SDN à prendre en charge un volume croissant de demandes et d'opérations d'appui pour différents services avec une infrastructure SDN existante.
- La résilience et la fiabilité désignent la capacité des entités de commande à continuer de fonctionner dans des conditions de défaillance, et leur capacité à rétablir leur fonctionnement après des conditions de défaillance.

L'interface Sew intradomaine est généralement l'interface d'un fournisseur unique contenue dans un réseau à un seul opérateur. Étant donné qu'elle est proposée par un fournisseur unique, il se peut que cette interface contienne des éléments propriétaires propres à ce fournisseur.

L'interface Sew est une interface interdomaines entre les contrôleurs des réseaux SDN qui traversent les limites des domaines. Les limites des domaines sont définies par les opérateurs et peuvent être les limites administratives au sein du réseau d'un exploitant, les limites entre les différents fournisseurs au sein du réseau d'un exploitation ou les limites entre exploitants. Les informations échangées à travers l'interface Sew interdomaines sont généralement plus limitées que celles échangées à travers l'interface Sew intradomaine. Il se peut que l'interface Sew intradomaine contiennent des éléments propriétaires, tandis que l'interface Sew interdomaines est normalisée pour permettre l'interopérabilité multi-fournisseurs.

8.4 Interface Ss

L'interface Ss permet l'interaction entre les entités de réseau et les entités de commande SDN. Le protocole OpenFlow et le protocole OF-Config peuvent être exécutés sur cette interface. Cette interface permet d'assurer la commande de bas niveau des dispositifs de réseau sous-jacents.

8.5 Interface Sma

L'interface Sma permet l'interaction entre le plan de gestion et les entités d'application. À travers cette interface, il est possible de surveiller la qualité de fonctionnement des applications et d'assurer l'accord de niveau de service (SLA). Le plan de gestion effectue également la configuration initiale via cette interface.

8.6 Interface Smo

L'interface Smo permet l'interaction entre le plan de gestion et les entités d'orchestration. Via cette interface, il est possible d'assurer la configuration de la politique et les mises à jour logicielles des entités d'orchestration.

8.7 Interface Smc

L'interface Smc permet l'interaction entre le plan de gestion et les entités de commande SDN. Via cette interface, il est possible d'assurer la configuration de politique et les mises à jour logicielles des entités de commande. En outre, il est possible de collecter sur cette interface les informations sur l'état du réseau pour adapter la politique en continu.

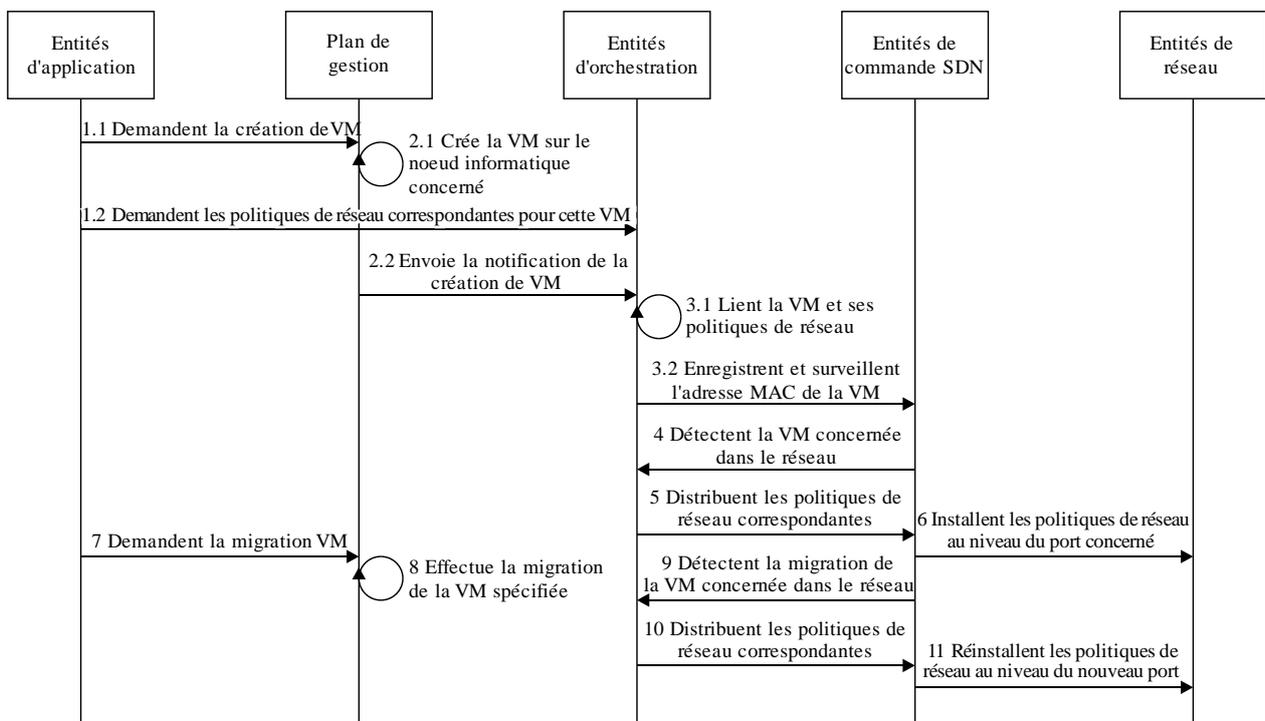
8.8 Interface Smn

L'interface Smn permet l'interaction entre le plan de gestion et les entités de réseau. Via cette interface, il est possible d'assurer le démarrage/la configuration initiaux des dispositifs et les mises à jour logicielles des entités de réseau. Cette interface permet en outre de mettre en œuvre la surveillance de la qualité de fonctionnement du réseau, l'isolement des dérangements et l'efficacité énergétique de l'exploitation.

9 Procédures appliquées par le protocole de signalisation

9.1 Procédure de migration en temps réel d'une machine virtuelle

Comme indiqué au paragraphe 6.3.3, pour la migration en temps réel d'une machine virtuelle sur différents nœuds informatiques, voire dans un centre de données répartis sur différents sites, il est nécessaire que les politiques de réseau (notamment la liste de contrôle d'accès (ACL), la qualité de service, etc.) liées à la machine virtuelle concernée soient conscientes de la migration et redéployées automatiquement sur le nouveau port de la machine virtuelle. Dans ce contexte, le plan de gestion fait office de plate-forme de gestion de l'informatique en nuage, qui est chargée de la configuration, de la commande, du déploiement et de la gestion des ressources informatiques et de stockage, et interagit avec les entités d'orchestration pour échanger des avis de migration de la machine virtuelle. Les entités d'orchestration assurent le rôle de prise en compte de la migration VM et déclenchent les politiques de réseau mises à jour sur les entités SDN. Les flux d'informations sont représentés en détail dans la Figure 9-1, comme suit:



Q Suppl.67(15)_F9-1

Figure 9-1 – Procédures de migration en temps réel d'une machine virtuelle

- 1) Les entités d'application demandent la création d'une machine virtuelle et les politiques de réseau correspondantes au plan de gestion et aux entités d'orchestration, via les interfaces Sma et Sa respectivement, conformément aux demandes du locataire.
- 2) Le plan de gestion, qui fait office de plate-forme de gestion de l'informatique en nuage, envoie la commande au nœud informatique concernée et signale la création de la machine virtuelle aux entités d'orchestration via l'interface Smo.

NOTE – L'exécution des commandes envoyées par le plan de gestion sur les nœuds informatiques, comme la création ou la migration d'une machine virtuelle, etc., n'entre pas dans le cadre du présent Supplément.

- 3) Les entités d'orchestration lient la machine virtuelle et ses politiques de réseau, notent cette mise en correspondance et enregistrent l'adresse MAC de la machine virtuelle sur les entités de commande SDN, et surveillent les changements d'état.
- 4) Les entités de commande SDN détectent la machine virtuelle concernée dans le réseau qu'elles commandent et informent les entités d'orchestration.
- 5) Les entités d'orchestration vérifient la mise en correspondance des politiques du réseau et de la machine virtuelle et distribuent les politiques de réseau liées à la machine virtuelle concernée aux entités de commande SDN.
- 6) Les entités de commande SDN installent les politiques de réseau au niveau du port correspondant de la machine virtuelle concernée.
- 7) Les entités d'application demandent la migration de la machine virtuelle.
- 8) Le plan de gestion envoie la commande au nœud informatique d'origine et au nœud informatique cible, respectivement.
- 9) Les entités de commande SDN détectent la migration de la machine virtuelle concernée dans le réseau qu'elles commandent et informent les entités d'orchestration.
- 10) Les entités d'orchestration vérifient l'association entre la machine virtuelle et les politiques de réseau et distribuent les politiques de réseau associées à la machine virtuelle spécifique aux entités de commande SDN.

- 11) Les entités de commande SDN réinstallent les politiques de réseau au niveau du port correspondant de la machine virtuelle concernée et suppriment celles qui se trouvent au niveau du port d'origine.

Appendice I

Scénarios et exigences correspondantes de l'interface Ss concernant les transferts transparents

Depuis peu, environ 90% du trafic d'une entreprise provient d'applications mobiles natives. Nous avons réalisé des progrès révolutionnaires dans le domaine des réseaux mobiles, pour ce qui est du nombre de dispositifs mobiles et des services offerts. En outre, l'augmentation du nombre de dispositifs mobiles sera exponentielle en raison de l'explosion de l'Internet des objets (IoT), y compris des ordinateurs à porter sur soi et des communications de machine à machine (M2M).

L'Open networking foundation (ONF) a recensé les problèmes et les avantages liés l'utilisation de la technologie SDN pour les réseaux mobiles et sans fil (voir [b-ONF]). Le réseau mobile piloté par logiciel (SDMN) est une méthode de conception des réseaux mobiles sans fil, où le contrôleur SDN centralisé permet d'effectuer la gestion du trajet et des ressources pour le trafic des réseaux d'accès mobiles en utilisant des interfaces API descendantes et montantes. Les réseaux d'accès mobiles utilisent des technologies d'accès radioélectrique qui ne sont plus homogènes ou statiques.

Dans les réseaux SDMN, la plupart des applications mobiles sont basées sur des fonctions d'interaction propres aux technologies radioélectriques. L'interaction a trait aux fonctions des couches L1 et L2, notamment l'interaction entre technologies RAN hétérogènes. Cette interaction pose également de nouveaux problèmes pour l'attribution des ressources radioélectriques ou les transferts transparents. Le modèle SDN est utilisé pour commander les réseaux RAN, étant donné que le contrôleur centralisé peut permettre de simplifier la gestion des ressources radioélectriques et de réduire les coûts liés à la gestion de la mobilité.

Dans les réseaux SDMN, le contrôleur centralisé regroupera les renseignements de réseau pour réduire les coûts d'exploitation et garantir une mobilité fluide. Le contrôleur centralisé sur le plan logique permet d'assurer la commande de bas niveau des entités de réseau (NE) sous-jacentes. L'interface Ss permet l'interaction entre les entités de réseau et les entités de commande SDN. Le protocole OpenFlow et le protocole OF-config peuvent être exécutés sur cette interface. Les interactions pour la prise en charge de la gestion de la mobilité, des transferts transparents, de l'affectation des ressources radioélectriques, de la répartition de la charge et des pare-feu seront déployées en tant qu'applications logicielles.

Concernant l'interaction pour la prise en charge des applications mobiles, le présent Supplément devrait présenter des scénarios de signalisation particulier mis en œuvre au-dessus du contrôleur de réseau. Les scénarios concernent l'affectation des ressources radioélectriques et les transferts transparents.

I.1 Service indépendant du support (MIS) IEEE 802.21

Les réseaux SDMN peuvent être caractérisés par une séparation claire des plans de commande et de données. La technologie SDMN est la solution la plus simple pour l'intégration des réseaux mobiles sans fil futurs, où plusieurs réseaux RAN connectés par l'intermédiaire de passerelles conservent leur indépendance. On peut s'attendre à ce que le contrôleur centralisé sur le plan logique permette au nœud mobile (MN) de surveiller les liaisons, d'affecter les ressources et d'assurer la gestion de la mobilité pour les nœuds mobiles.

Le cadre de signalisation défini dans la norme IEEE 802-21-2008 [b-IEEE 802.21] peut être une plate-forme commune pour prendre en charge la gestion de la mobilité dans les réseaux hétérogènes. Le cadre de signalisation prend en charge les transferts transparents dans les réseaux RAN hétérogènes grâce à l'utilisation de l'interface Ss. Certaines primitives et certains messages aident le nœud mobile à surveiller l'état des liaisons (par exemple l'intensité du signal et le débit de données), et certaines primitives et certains messages aident le nœud mobile à commander ses couches de liaison

(couche physique et couche de liaison de données) pour les transferts transparents dans des réseaux RAN hétérogènes.

Certaines primitives et certains messages peuvent être utilisés pour transférer les informations sur la configuration du réseau pour la gestion des transferts et de la mobilité via un plan de commande clairement séparé dans les réseaux SDMN, et peuvent ainsi être utilisés afin d'assurer une configuration de réseau fluide pour l'affectation des ressources, alors que les nœuds mobiles se déplacent d'un réseau RAN à l'autre. Ainsi, le cadre de signalisation qui utilise l'interface Ss est approprié pour l'affectation des ressources radioélectriques et la gestion de la mobilité dans les réseaux SDMN qui utilisent différents réseaux RAN hétérogènes, avec une séparation claire des plans de commande et de données.

Dans les réseaux SDMN, le cadre de signalisation permet la prise en charge des protocoles de gestion de la mobilité, des interfaces et des services pour offrir une qualité de transfert satisfaisante, sans aucune modification.

I.2 Procédures appliquées par le protocole de signalisation

Dans le présent paragraphe, l'accent est mis sur le flux de signalisation pour prendre en charge les transferts transparents dans les technologies de réseaux d'accès radioélectrique hétérogènes. Afin d'illustrer le flux de signalisation, nous présentons les exigences de haut niveau indispensables pour prendre en charge les transferts transparents.

Un transfert désigne la capacité à transférer un appel ou une session de données en cours d'une entité de réseau à une autre, sans aucune interruption, aux services en cours. La procédure de transfert pour l'affectation des ressources radioélectriques comporte quatre phases, comme le montre la Figure I.1.

Dans la première phase, le lancement du transfert va de la détection de l'altération de la liaison à la demande de lancement d'une nouvelle liaison.

Dans la deuxième phase, la préparation du transfert comprend toutes les étapes de mesure de la liaison, de recueil des informations sur les réseaux voisins et d'échange d'informations sur la qualité de service qu'offrent ces réseaux.

Dans la troisième phase, la décision de transfert est la procédure qui consiste à décider si la connexion doit être commutée sur un nouveau réseau, sur la base des paramètres collectés dans la phase de lancement du transfert. Les décisions relatives à l'affectation des ressources radioélectriques sont prises par l'entité de réseau ou l'entité de commande SDN, sur la base de l'état de la liaison radioélectrique ou de l'affectation des ressources radioélectriques des réseaux RAN voisins.

Dans la dernière phase, les ressources radioélectriques (par exemple les fréquences, le temps, le mode d'interface et la puissance) sont configurées par l'entité de réseau ou l'entité de commande SDN. Le nœud mobile se prépare à se connecter au réseau RAN en utilisant les ressources radioélectriques qui viennent de lui être affectées dans le cadre de l'exécution du transfert. Après cela, l'entité de réseau signale à l'entité de commande SDN et à l'entité de réseau voisine les ressources radioélectriques qui lui ont été attribuées.

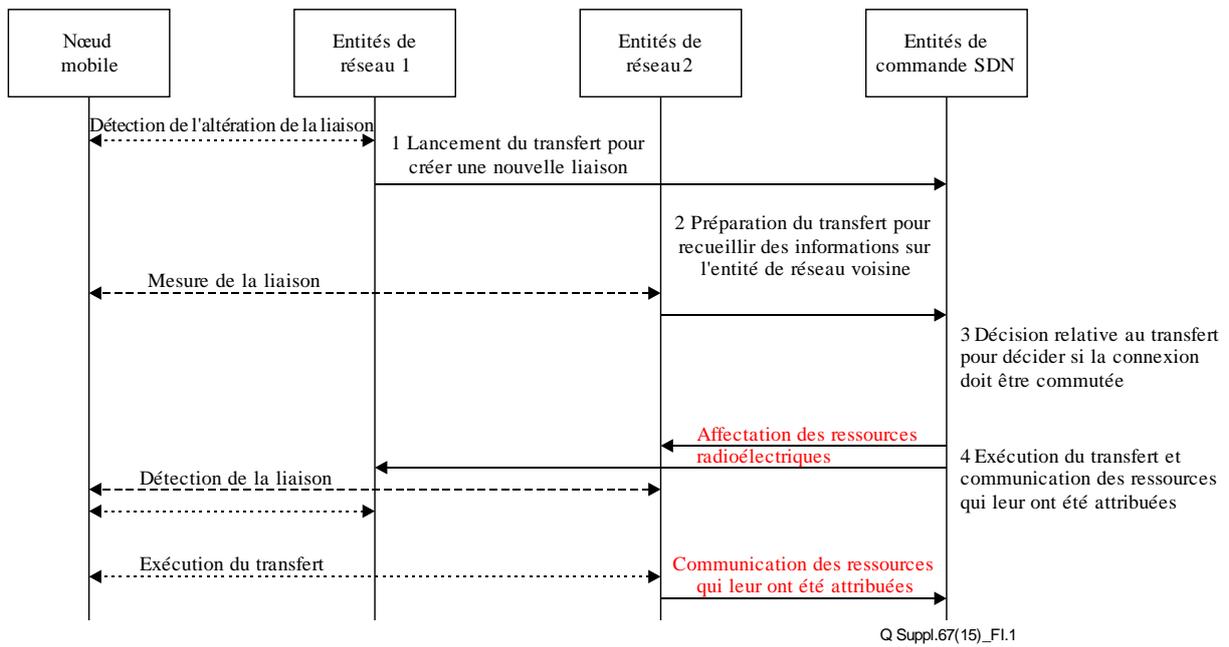


Figure I.1 – Transferts imperceptibles dans le cadre des procédures relatives aux réseaux SDMN

Appendice II

Méthode pour compléter le présent Supplément

Vu la méthodologie de normalisation et le déroulement classique des études, le modèle de signalisation comprenant les entités fonctionnelles et leurs interfaces mutuelles devrait reposer sur les exigences fonctionnelles définies à partir des cas d'utilisation ou des scénarios correspondants. En conséquence, il est obligatoire de suivre les étapes suivantes pour compléter le présent Supplément:

Étape 1: scénarios de signalisation et exigences fonctionnelles qui en découlent (partie 6).

Étape 2: modèles de signalisation avec les entités fonctionnelles et leurs interactions mutuelles, qui reposent sur les exigences fonctionnelles obtenues lors de l'Étape 1 (parties 7 et 8).

Étape 3: procédures appliquées par le protocole de signalisation pour les scénarios de signalisation types (partie 9).

En tant que nouveau modèle, la technologie SDN porte essentiellement sur la séparation de la commande et de la retransmission. Elle est composée d'un ensemble de technologies existantes et émergentes et peut être utilisée dans de nombreux scénarios différents (informatique en nuage, centres de données, réseau d'exploitant IP d'un opérateur, réseau d'accès large bande, réseau sans fil, sécurité de réseau, etc.). Chaque scénario d'application de la technologie SDN est associé à une solution dédiée et à des exigences fonctionnelles différentes. Par conséquent, les entités fonctionnelles et leurs points de référence dans un cadre SDN de haut niveau ont des descriptions et des exigences propres dans les différents scénarios, respectivement.

Bibliographie

- [b-ETSI NFV ISG] ETSI NFV ISG, *Network Functions Virtualization*, <http://portal.etsi.org/portal/server.pt/community/NFV>.
- [b-IEEE 802.21] IEEE 802.21 (2008), *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Media Independent Handover Services*.
- [b-ONF] Open Networking Foundation, *OpenFlow/Software-Defined Networking (SDN)*, <https://www.opennetworking.org/>.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Équipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication