

Plateforme d'expérimentation pour le support et orchestration de slices réseaux

Gladys Diaz¹ et Abdulhalim Dandoush²

¹Equipe Réseaux du L2TI-USPN, ²ESME Sudria

Contexte scientifique et problématique

La 5G est la technologie actuelle sans fil mobile qui permettra de supporter des nouvelles applications et des usages basés sur des contraintes diverses (réduction du temps de latence et du délai, un accès haut débit, une connectivité multi-équipement -IoT, etc).

Dans sa conception la 5G est basée sur la séparation de l'infrastructure physique par rapport à l'infrastructure logique ou « virtuelle » [1,2]. Le paradigme SDN (*Software Defined Networking* - réseaux définis par logiciel) [3] est proposé pour répondre dynamiquement à un besoin utilisateur. NFV (*Network Function Virtualization*) [4] est une approche qui vient s'ajouter à SDN, permettant de créer et de mettre en service des réseaux à l'aide de fonctions logicielles, ce qui dissocie les fonctions réseau de leur matériel sous-jacent. Grâce à ces approches des solutions avant propriétaire sont remplacées par des fonctions de réseau logicielles (open source ou propriétaires) s'exécutant sur des ressources matérielles partagées. Ces technologies permettront ainsi et selon la demande de mettre en place, supprimer, agrandir, ou réduire un réseau virtuel. Dans la terminologie de la 5G ces réseaux virtuels sont appelés les « network slices ».

Plusieurs travaux de recherche sont à ce jour initiés pour mettre en place des plateformes permettant le déploiement des slices réseaux de bout-en-bout (*E2E network slicing*) [5]. Ces plateformes permettront, aux différents acteurs, de tester des nouvelles approches et solutions avant leur vrai déploiement.

L'objectif principal d'une telle plateforme est de supporter un déploiement automatisé de fonctions réseau logicielles sur des ressources d'infrastructure généralement partagées, facilitant ainsi l'automatisation des opérations de contrôle et de supervision, y compris la gestion du cycle de vie, la surveillance du déploiement et le monitoring de l'exécution des slices réseaux.

La notion de E2E network slicing comprends des traitements spécifiques dans les domaines du Réseau d'accès (RAN), du réseau Core (CN) et du réseau de Transport (TN) et en plus le cloud. Des fonctions réseaux définis par des logiciels (Virtual Network Functions VNFs) ou des éléments matériels (physical network functions PNFs) spécifiques à ces différents traitements doivent être considérées dans le déploiement des slices réseaux. Une telle plateforme devrait donc permettre le traitement intégré du déploiement des services

réseaux dans ces différents domaines. Le déploiement des slices pourra se faire selon différents critères (la latence, la fiabilité, la bande-passante, la couverture, etc.) pour soutenir différents services/applications.

L'intégration des solutions basés sur des technologies SDN et NFV dans une même plateforme, passe par un orchestrateur de services et de l'infrastructure. Un orchestrateur est nécessaire pour le déploiement ou la libération de fonctions réseaux virtualisées (gestion de leur cycle de vie) et le partage de l'infrastructure (ressources virtualisées) en respectant les contraintes matérielles inhérentes à chaque fonction. L'orchestrateur supervise aussi le bon fonctionnement des fonctions logicielles et des ressources matérielles allouées. Il doit pouvoir supporter également la mise à niveau du réseau lors l'exécution des slices sans interruption du service. Ceci par exemple en remplaçant automatiquement les VNF en cours d'exécution par de nouvelles VNF prenant en charge des fonctionnalités supplémentaires, ou en permettant une élasticité vis-à-vis les ressources consommées par ces slices.

Les solutions à étudier

Différentes plateformes d'expérimentation 5G existent, OpenAirInterface (OAI) [6] est la plus mentionnée dans la littérature pour la partie Radio. L'OAI est un logiciel à code source ouvert qui met en œuvre les principaux modules des réseaux 4G/5G. L'OAI comprend les fonctions de base du réseau avec le serveur d'abonné à domicile (HSS), l'entité de gestion de la mobilité (MME) et le SPGW comme combinaison de la passerelle de réseau de données par paquets (PGW) et de la passerelle de service (SGW) le tout considéré comme des fonctions réseaux virtualisées. Plusieurs modèles d'architecture RAN peuvent aussi être déployés : l'un d'eux étant le eNodeB complet dans un seul module, dans un autre, le modèle C-RAN, le eNodeB est divisé en modules RRU (Remote Radio Unit) et RCC (Radio Cloud Center) qui fonctionnent respectivement comme BBU et RRH. L'OAI permet ainsi de tester des configurations diverses d'architecture (RAN et C-RAN). OpenAirInterface ne supporte pas actuellement le déploiement des fonctions core, ceci est à l'étude dans le projet 5G CN Project [7].

Concernant la partie Transport Mininet [8] est l'outil souvent utilisé pour mettre en place et simuler un réseau SDN. Mininet est un logiciel open-source capable de créer un réseau SDN basé sur des hôtes et des commutateurs virtuels.

Côté orchestrateur plusieurs solutions coexistent à ce jour avec des états différents de développement. ONAP [9], Open Baton [10] et Open Source MANO (OSM) [11] sont souvent mentionnées car elles implémentent les fonctionnalités définies par le Framework ETSI NFV MANO, supportant ainsi la création des services réseaux basées sur NFV. Pour l'orchestration de l'infrastructure virtualisée OpenStack (orienté Cloud) [12] et Kubernetes (Orienté Docker containers) [13] sont les solutions le plus utilisées.

Objectifs du stage et poursuite du thème en thèse

L'objectif principal du stage est la conception et mise en place d'une plateforme d'expérimentation virtuelle basée sur des solutions open source. Mininet,

OpenAirInterface, Open Mano, ONOS, Open Stack, Docker et Kubernetes seront les outils à mettre en place pour le développement de la plateforme inspirée des travaux recherche en [14, 15, 16].

Le logiciel Mininet pour créer des réseaux à base d'OpenVSwitch et Network Namespaces qui simulent la partie Cloud, TN (Transport Network) et CN (core network) domain. Ces parties peuvent être aussi émulés dans des VMs gérées par OpenStack ou dans des Docker gérés par K8. OpenAirInterface (OAI) émulerait un réseau mobile (réseau central, RAN et équipement utilisateur). L'intégration de ces logiciels permet de générer un réseau mobile flexible, capable d'être déployé avec différentes topologies de liaison fronthaul and backhaul. La partie radio (en configuration diverses, parmi elles C_RAN) sera émulée par OAI.

Cette plateforme devra supporter des demandes de connexions diverses des utilisateurs dans un environnement dont plusieurs technologies d'accès coexistent (Wifi, 4G, 3G+, 5G, etc.) ainsi que la création des slices réseaux selon des profils préétablis et contrôlés grâce à SDN. En fonction de facteurs tels que le type de trafic, la charge de trafic et les exigences de qualité de service, les services réseaux de chacune des tranches peut être configurée de manière dynamique.

Différents scénarios d'expérimentation peuvent ainsi être envisagés/tester : des fonctions réseau différentes pouvant définir des tranches de réseau RAN, transport et Core, avec des combinaisons diverses afin de former des slices de bout en bout. Par exemple, l'appariement entre les slices radio /CN peut être 1:1 ou 1:M, par exemple, une tranche radio peut avoir plusieurs tranches RAN construites sur le dessus ; une tranche RAN peut avoir plusieurs tranches CN construites sur le dessus. Ainsi le comment définir et configurer le C-plane et le U-Plane par slice réseau est une des questions à résoudre.

Un deuxième objectif du stage est la réalisation d'un état de l'art sur les architectures 5G et leurs évolutions en intégrant des mécanismes d'orchestration et des solutions open source pour supporter le déploiement intelligent et à la demande des E2E slices réseaux.

Des autres aspects à traiter plus en détail lors une thèse de doctorat. En particulier :

- le déploiement intelligent des services réseaux basé sur les technologies SDN et NFV et Cloud. Il s'agit ici de trouver/sélectionner/instancier au « bon endroit » l'emplacement des nœuds core, RAN et Transport pour organiser et déployer les services réseaux en optimisant le transfert des flux en fonction de certains critères à évaluer (distance d'accès, consommation d'énergie, taux de pertes, délai, etc.). L'IoT pourra être, à cette étape, un scénario d'application particulier à étudier. ICN pourra être envisagé comme approche d'appoint pour un déploiement intelligent. Des techniques d'optimisation et d'Intelligence artificielle viendront compléter et faciliter la gestion dynamique et déploiement des slices réseau.
- le développement de l'interface nord de l'architecture visant la programmabilité des applications de gestion qui viendront définir les fonctions réseaux à placer au niveau du control plane et user plane pour traiter les flux des données en fonctions des règles programmables dynamiquement.

Prérequis :

- Programmation sur Linux (shell), python
- Administration système Linux (service de base DNS, WEB, config réseaux, routage, NAT, etc.)
- Connaissances sur les approches SDN et NFV
- Connaissances de base sur le 3G/4G et la 5G
- Une maîtrise des environnements de simulation tels que mininet, et des plateformes tels que Kubernetes et open stack sera un plus.

Encadrants :

1) Université Sorbonne Paris Nord – Institut Galilée – Campus de Villetaneuse

- Mme Gladys DIAZ – L2TI – gladys.diaz@univ-paris13.fr

2) ESME Sudria – Paris-Sud Ivry – Campus Ivry-sur-Seine

- M Abdulhalim Dandoush - abdulhalim.dandoush@esme.fr

Lieu : Equipe Réseaux, L2TI – Université Sorbonne Paris Nord, Campus de Villetaneuse

Condition du stage : le plus tôt possible (début ou mi-mars/début avril 2021), durée 5 mois, gratification. Poursuite possible en thèse avec une demande d'allocation.

Références

1. [TS23.501] : 5G;System Architecture for the 5G System (3GPP TS 23.501 version 15.2.0 Release 15).
https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123501/15.02.00_60/ts_123501v150200p.pdf
2. [TS23.502] : 5G;Procedures for the 5G System (3GPP TS 23.502 version 15.2.0 Release 15).
https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123502/15.02.00_60/ts_123502v150200p.pdf
3. SDN : <https://opennetworking.org/sdn-definition/>
4. NFV : <https://www.etsi.org/technologies/nfv>
5. <https://hellofuture.orange.com/fr/reseau-mobile-open-source-integral-avec-mecanisme-de-hierarchisation-du-traffic/>
6. Mininet : <https://opennetworking.org/mininet/>
7. OpenAirInterface : <https://openairinterface.org>
8. 5G CN Project : <https://openairinterface.org/oai-5g-core-network-project/>
9. ONAP : <https://www.onap.org>
10. Open Baton : <https://openbaton.github.io>
11. Open Source MANO (OSM) : <https://osm.etsi.org>
12. OpenStack : <https://www.openstack.org>
13. Kubernetes : <https://kubernetes.io/docs/concepts/overview/>
14. J. Ordonez-Lucena, P. Ameigeiras, D. Lopez, J. J. Ramos-Munoz, J. Lorca, and J. Folgueira, "Network Slicing for 5G with SDN/NFV: Concepts, Architectures, and Challenges," IEEE Comm. Magazine, vol. 55, no. 5, pp. 80–87, 2017.
15. B. Dzogovic, V. T. Do, B. Feng, and T. van Do, "Building virtualized 5G networks using open source software," in IEEE Sym. on Comp. App. Ind. Elec. (ISCAIE), 2018, pp. 360–366.
16. C. Huang, C. Ho, N. Nikaein, and R. Cheng, "Design and Prototype of A Virtualized 5G Infrastructure Supporting Network Slicing," in IEEE 23rd Int. Conf. on Digital Signal Processing (DSP), 2018, pp. 1–5.