
Towards an ICN-based architecture to enhanced mobility challenges over future heterogeneous mobile networks

Marwen Abdennebi et Gladys Diaz

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 ». Le paradigme SDN (*Software Defined Networking* - réseaux définis par logiciel) est proposé pour répondre dynamiquement à un besoin utilisateur. Ainsi et selon, la demande, un réseau virtuel sera mis en place, supprimé, agrandi, ou réduit. Dans la terminologie de la 5G ces réseaux virtuels sont appelés les « slices réseau ». L'architecture 5G est basée aussi sur le déploiement d'une nouvelle génération d'antennes « intelligentes » définissant des « mini-cellules » et décidant sur la réutilisation du spectre radio. L'allocation de la bande passante et la vitesse peuvent être ainsi ajustés selon le type d'applications, (rapide pour de la vidéo 4K, lent pour les capteurs passifs). Des réseaux hétérogènes peuvent ainsi être exploités par différentes entités dans l'architecture 5G. La réutilisation du spectre radio (Micro-cellules) et la réutilisation de la bande passante de l'antenne relais (Macro-cellules) constituent deux défis majeurs pour pouvoir fournir une hyper connectivité et la minimisation de la latence promises. Ceci suppose un système d'antennes lui-même capable d'identifier l'emplacement de tous les équipements connectés et d'agir en conséquence (en trouvant un compromis par exemple, entre la QoE demandé par l'utilisateur final et le profit des fournisseurs de services).

Alors que la recherche de cinquième génération (5G) évolue vers une norme mondiale, la communauté des chercheurs a commencé à se concentrer sur le développement de solutions au-delà de la 5G et sur l'ère 2030, c'est-à-dire la 6G. À l'avenir, notre société sera de plus en plus numérisée, hyper-connectée et pilotée par les données à l'échelle mondiale. De nombreux services futurs dépendront de manière critique d'une connectivité sans fil instantanée et pratiquement illimitée. Les technologies de communication mobile devraient progresser bien au-delà de tout ce qui a été observé jusqu'à présent dans les applications sans fil, rendant la vie quotidienne plus fluide et plus sûre tout

en améliorant considérablement l'efficacité des entreprises et l'émergence de nouveaux marchés. La 6G ne consiste pas seulement à déplacer des données, elle deviendra un cadre de services, y compris des services de communication et réseau, où tous les calculs et toutes les informations spécifiques à l'utilisateur peuvent se déplacer vers le cloud périphérique.

Dans cet écosystème complexe, nous trouvons l'approche ICN (*Information Centric Networking*) qui introduit l'idée d'une architecture réseau centrée sur les données, ce concept fournit ainsi un contenu unique et indépendant de l'emplacement, une mise en cache dans le réseau et un routage basé sur le nom. Deux représentantes de cette approche sont le NDN (Named Data Networking) et le CCN (Content-Centric Networking). Des travaux récents de l'IETF montrent des propositions concernant l'application de l'approche ICN pour la 5G, en particulier pour les fonctions cœur du réseau. Ces travaux proposent une architecture pour permettre la mise d'un réseau ICN dans l'architecture de réseau cœur de nouvelle génération 5G (5GC). Cette proposition adresse particulièrement une recherche de la flexibilité pour autoriser de nouvelles fonctions au niveau du plan data et du plan de contrôle associé [TS23.501] [TS23.502] [15].

Au niveau architectural de la 6G, la mise en réseau centrée sur l'information (ICN) peut ainsi aider à fournir une continuité de service transparente aux utilisateurs en déplacement accédant au cloud périphérique. Même si ICN peut être pris en charge à partir de la 5G en plus d'Internet actuel, une architecture « ICN native » peut aider à rendre le transfert de ressources à travers le réseau beaucoup plus efficace. Ceci est juste un exemple où une refonte systématique de l'architecture du réseau pourrait aider à faciliter l'utilisation des outils d'IA à travers le réseau.

Un autre problème focus pour la 6G est le réseau d'accès radio qui est de plus en plus distribué. Dans ce contexte des nouvelles propositions sur des algorithmes et les politiques de gestion du spectre distribué devrait jouer un rôle clé dans la 6G. L'introduction d'un apprentissage automatique pourra jouer un rôle important pour tenter d'améliorer l'efficacité et la qualité de la gestion dynamique du spectre, menant dans le 6G vers une radio intelligente. Dans un tel contexte, un défi majeur est d'aider le réseau à s'auto-organiser pour déployer, optimiser et coordonner un très grand nombre d'appareils, dans des environnements 3D denses par exemple.

La conception de l'architecture 6G suivra une approche « native AI » où l'intelligence permettra au réseau d'être intelligent, agile et capable d'apprendre et de s'adapter en fonction de la dynamique changeante du réseau. La notion de « Radio Intelligente » vient donc remplacer la notion « d'antenne intelligente » de la 5G, basée sur une séparation algorithme-matériel pour faire face aux capacités matérielles hétérogènes et évolutives.

Objectifs du stage

En se basant sur les caractéristiques de l'architecture cellulaire 5G et de la vision générale vers une future architecture 6G, le premier objectif de ce stage consistera à étudier les challenges concernant l'utilisation des réseaux type ICN pour supportent la mobilité dans un contexte de réseaux mobile hétérogènes. En particulier l'étude devra se focaliser dans l'utilisation de cette approche pour supporter des demandes de connexions diverses des utilisateurs dans un environnement dont plusieurs technologies d'accès coexistent (Wifi, 4G, 3G+, 5G, etc.). Un état de l'art sur les défis et cas d'usage de l'approche ICN pour la 6G est attendu pour cette première étape.

Le deuxième objectif sera de se focaliser sur l'étude de l'application des mécanismes ICN pour une future architecture 6G permettant de répondre aux besoins de mobilité et de la minimisation de la consommation d'énergie.

Ce deuxième objectif concerne :

- Une étude sur les évolutions de l'architecture 5G basée sur les notions Cloud-RAN, Software Defined Radio (SDR) et Cognitive Radio (CR), vers la Radio Intelligente (IR) dont la bande de fréquences, le spectre à partage et les capacités hardware pourront être dynamiquement calculés et mise à jour, par exemple à travers des mécanismes d'Intelligence artificiel.
- Le déploiement des services réseaux basé sur un réseau ICN. Il s'agit ici de trouver/sélectionner/instancier au « bon endroit » l'emplacement des « nœuds intelligents ICN » 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'approche ICN étant vu comme un outil permettant de mettre en place des stratégies de déploiement différentes (économique en énergie, mobilité, etc.).

L'IoT pourra être, à cette étape, un scénario d'application particulier à étudier.

Prérequis :

- Connaissances sur le paradigme ICN, et les réseaux NDN et CCN
- Connaissances de base sur la modulation et codage, le 4G et la 5G
- Une maitrise des environnements de simulation tels que ns-2, ns-3 et ndnSim sera un plus.

Encadrants : Université Paris 13 – Institut Galilée – Campus de Villetaneuse

- M Marwen ABDENNEBI – L2TI – abdennebi@univ-paris13.fr
- Mme Gladys DIAZ – L2TI – gladys.diaz@univ-paris13.fr

Références

1. **Performance analysis of a novel 5G architecture via Content-Centric Networking.** Physical Communication Volume 25, Part 2, December 2017, Pages 328-331. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1874490716302026>
2. **Au cœur de la 5G.** <https://www.davidson.fr/davidson-coeur-de-5g/>
3. **NGINFIRE : Dynamic Resource instantiation and Control for 5G content delivery networks (DIRECTOR 5G).** <https://5ginfire.eu/director-5g/>
4. **5G-ICN : Delivering ICN Services over 5G using Network Slicing.** <https://www.groundai.com/project/5g-icn-delivering-icn-services-over-5g-using-network-slicing/1>
5. **A Request-Based Handover Strategy Using NDN for 5G.** <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2018/4513070/>
6. **The Roadmap to 6G - AI Empowered Wireless Networks.** Khaled B. Letaief, Wei Chen, Yuanming Shi, Jun Zhang, and Ying-Jun Angela Zhang. <https://arxiv.org/pdf/1904.11686v1.pdf>
7. **6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions.** <https://arxiv.org/pdf/1909.11315.pdf>
8. **Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence (white paper).** Available from: https://www.researchgate.net/publication/336000008_Key_drivers_and_research_challenges_for_6G_ubiquitous_wireless_intelligence_white_paper [accessed Jan 29 2020].
9. **6G: The Next Frontier.** <https://www.groundai.com/project/6g-the-next-frontier/1>
10. **Cache Freshness in Named Data Networking for the Internet of Things.** https://hal.laas.fr/hal-01676509/file/Accepted_version.pdf
11. **Terahertz Communications (TeraCom): Challenges and Impact on 6G Wireless Systems.** Chong Han, *Member, IEEE*, Yongzhi Wu, *Student Member, IEEE*, Zhi Chen, *Member, IEEE*, and Xudong Wang, *Fellow, IEEE*. SUBMITTED TO IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS, 2019. <https://arxiv.org/pdf/1912.06040v1.pdf>
12. **Heterogeneous Cloud Radio Access Networks: A New Perspective for Enhancing Spectral and Energy Efficiencies.** https://www.researchgate.net/publication/266856491_Heterogeneous_Cloud_Radio_Access_Networks_A_New_Perspective_for_Enhancing_Spectral_and_Energy_Efficiencies
13. **Beyond Network Selection: Exploiting Access Network Heterogeneity with Named Data Networking.** <https://conferences2.sigcomm.org/acm-icn/2015/proceedings/p137-schneider.pdf>
14. **An NDN IoT Content Distribution Model With Network Coding Enhanced Forwarding Strategy for 5G.**

https://www.researchgate.net/publication/321692665_A_NDN_IoT_Content_Distribution_Model_with_Network_Coding_Enhanced_Forwarding_Strategy_for_5G

15. **Enabling ICN in 3GPP's 5G NextGen Core Architecture.**
<https://tools.ietf.org/id/draft-ravi-icnrg-5gc-icn-04.html>
16. [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
17. [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
18. **ICN2020: Advancing ICN towards real-world deployment through research, innovative applications, and global scale experimentation.**
<https://cordis.europa.eu/project/id/723014/reporting/fr>