

Contrôle de congestion dans les nanoréseaux denses

— sujet de thèse rentrée 2019 —

Directeur de thèse : Eugen Dedu (<http://eugen.dedu.free.fr>)

Co-encadrant : Dominique Dhoutaut

Contexte

L'avènement des nouvelles générations illustre une rapide mutation des infrastructures et des paradigmes de fonctionnement des réseaux sans fils. Des terminaux toujours plus nombreux et toujours plus petits communiquent ensemble de manière toujours plus distribuée.

Le nombre total de nœuds ainsi que le nombre de nœuds à portée de communication directe ne cessent de croître, mettant à mal les protocoles de toutes les couches réseau.

Ceci est encore plus flagrant dans les futurs réseaux nanométriques, qui nous intéressent plus particulièrement. Ce sont des réseaux formés de nanocomposants, par exemple des nanocapteurs ou des nanomachines. Les nanoréseaux électromagnétiques sont **en rupture** par rapport aux réseaux traditionnels : les technologies utilisées, ainsi que les résultats obtenus sont différents. Dans ces réseaux les paquets peuvent s'entrelacer, les collisions dépendent de l'endroit de réception des bits, la bande passante potentielle est très large (Tb/s), et les capacités des nœuds sont si petites qu'une modulation par porteuse n'est pas envisageable, entre autres. Les résultats de simulation sont parfois inattendus. C'est un sujet de recherche qui sort de l'ordinaire, qui reste à explorer, et qui présage des découvertes inattendues. Les applications incluent les objets de taille nanométrique : la matière programmable, les processeurs multi-cœur, la surveillance de l'état de santé des personnes ou d'un espace (température, particules chimiques). Dans ce contexte, notre groupe s'intéresse en particulier à la conception de nouveaux protocoles de communication de routage et de transport.

Nous avons initié des collaborations dans les couches réseau des nanoréseaux avec des chercheurs travaillant dans ces mêmes thématiques :

- depuis 12/2018 : Stefan Fischer, Institut für Telematik, Lübeck, Allemagne, nos deux groupes ayant fait un miniworkshop d'une journée en Allemagne au 12/2018, article en commun soumis
- depuis 09/2018 : Winston Seah, Université Victoria de Wellington, Nouvelle-Zélande, soumission de projet Hubert Curien prévu
- depuis 2016 : Christos Liaskos, Ageliki Tsioliaridou, Institut FORTH, Grèce, 2 articles en commun

Ces collaborations pourraient être renforcées par de courts séjours dans ces laboratoires du doctorant recruté.

Sujet

Dans ce domaine, la couche réseau a déjà été étudiée et un protocole proposé, SLR [1], dont nous sommes co-auteur. La couche transport et sa partie la plus importante, le contrôle de congestion, **n'a pas encore été étudiée**. À noter que ces deux couches sont parfois liées dans une approche appelée cross-layer, ce qui montre l'intérêt des collaborations actuelles. Le sujet de la thèse est

donc l'étude du contrôle de congestion et de ses paramètres. Le travail se composera des étapes suivantes :

- Étudier l'impact des paramètres de la couche physique et de ses spécificités. Quelques éléments notables :
 - Les collisions suivent des règles significativement différentes des réseaux classiques.
 - Le type de modulation considérée permet un multiplexage temporel très fort du canal, avec de nombreux paquets « en vol » simultanément.
 - Les ressources sont nécessairement limitées, un nœud ne sera pas en mesure de capturer toutes les trames. Des stratégies doivent être mises en place pour capturer celles qui nous intéressent le plus.
- Proposer des algorithmes permettant de réduire la congestion observée. Les principales directions identifiées sont :
 - Utiliser le routage pour dévier les flux et éviter les points locaux de congestion. À notre connaissance, c'est une approche qui n'est pas exploitée dans la littérature. De nombreux chemins alternatifs et ne s'intersectant pas peuvent exister dans les nano-réseaux, du fait de leur étendue, de leur la densité, mais surtout sur de leur topologie 3D. Nous souhaitons les exploiter.
 - La gestion des phases de mise en veille des nœuds à grain fin afin d'optimiser l'utilisation du canal, de la mémoire et de l'énergie, que nous sommes déjà en train d'étudier.
 - L'adressage par fonctionnalité : conséquence de la grande densité du réseau et de l'impossibilité pour chaque nœud d'avoir une vue précise du réseau, nous souhaitons proposer un nouveau paradigme qui permettrait aux nœuds du réseau d'échanger des informations selon le rôle/la fonctionnalité qui leur est attribué(e) et non plus selon leur identifiant. Cette approche autorise plusieurs nœuds à fournir le même service et vient limiter les risques de saturation / congestion d'un nœud donné.

Nous avons déjà développé un simulateur de nanoréseaux [2] qui implémente le protocole de routage SLR, l'endormissement et qui nous permet de tester des méthodes de contrôle de congestion, entre autres, et de **voir** (via un outil de visualisation) leur comportement. Il est également activement utilisé par les collègues d'Allemagne (qui participent aussi à son évolution, au travers de commits réguliers de code).

Déroulement de la thèse

Dans un premier temps, vous vous familiariserez avec la nouvelle technologie de nanoréseaux. Ensuite, vous étudierez la nature de la congestion dans ces réseaux. Vous proposerez des méthodes de reconnaissance/découverte de la congestion. Vous analyserez leur impact et vous validerez avec le simulateur mentionné ci-dessus.

Lieu de travail

La thèse se déroulera à l'Institut FEMTO-ST, département DISC (département d'informatique et des systèmes complexes), équipe OMNI, sur le site de Montbéliard. Le financement de trois ans auprès de PMA (Pays de Montbéliard Agglomération) est acquis. Début de thèse : rentrée 2019.

Connaissances et compétences préalables

Une solide formation sur les réseaux (sans fil, IP, ...) est nécessaire.

Une capacité à formaliser et étudier de manière analytique les solutions proposées est souhaitée.

Du fait de l'utilisation du simulateur développé en interne en C++, un bon niveau de programmation orientée objet est également recommandé.

Bibliographie

- [1] A. Tsioliaridou, C. Liaskos, E. Dedu, S. Ioannidis. Packet routing in 3D nanonetworks: A lightweight, linear-path scheme. Nano Communication Networks, 2017.
- [2] D. Dhoutaut, T. Arrabal, E. Dedu. BitSimulator, an electromagnetic nanonetworks simulator. NanoCom, Reykjavik, Iceland, 2018. <http://eugen.dedu.free.fr/bitsimulator>

Plus d'articles sur <http://eugen.dedu.free.fr>, partie nanoréseaux.