

SNOW (Smart Wireless Node)**Campagne ADT 2011****Titre & Acronyme : SNOW (Smart Wireless Node)****Porteur de l'ADT : Tanguy Risset****Email : Tanguy.Risset@inria.fr CRI :Grenoble****EPI : Swing****[X] Il s'agit d'une nouvelle ADT pour deux ans****[] Il s'agit d'une extension ou d'une prolongation d'une ADT acceptée en :****Les partenaires internes (EPI / CRI) et externes (autres labos, industriels) de l'ADT :****EPI Swing – CRI Grenoble : Tanguy Risset, Tanguy.Risset@insa-lyon.fr****EPI Cairn – CRI Rennes : Olivier Sentieys, Olivier.Sentieys@inria.fr**

	2011 (3 mois)	2012 (12 mois)	2013 (9 mois)	Total
Budget (en k€)				
Personnel	6 h.m : 22.5k	24 h.m : 90k	18 h.m : 67.5k	48 h.m
Missions	3200€	10k€	6800€	20k€

Missions pour les ingénieurs Lannion-Lyon : 1 mission par mois (600€) dont 4 missions longues (2 semaines, 2000€) sur la base de 450€ par voyage + indemnités journalières : 20.000€

La réalisation finale du prototype du nœud sera prise en charge soit par l'EquiPex FIT, soit par l'EPI Cairn sur une ligne CPER.

Total des ressources demandées pour l'ADT : 48 Hommes-Mois**Total des ressources demandées pour la 1ère année : 24 Hommes-Mois**

Résumé de la soumission ADT

La radio logicielle désigne une interface radio entièrement programmable. De nombreux travaux ont permis de démontrer l'utilité d'une telle approche pour les systèmes de télécommunication grand public actuels mais la mise en œuvre réelle sur des architectures optimisées reste un problème ouvert.

Les projets Swing et Cairn sont intégrés dans le projet d'EquipEx FIT (*Future Internet of Things*) qui vient d'être accepté et qui inclut le déploiement d'une salle dédiée à l'étude de ces systèmes radio à grande échelle.

Cette ADT vient en complément, et a pour but de développer un travail plus exploratoire consistant à concevoir une architecture radio logicielle adaptée pour l'internet des objets ainsi que les outils permettant de programmer ces nœuds depuis un haut niveau d'abstraction. L'ADT a donc pour objectif de définir, de concevoir, de fabriquer et de prototyper le nœud radio qui se situera entre les architectures radio-logicielles disponibles sur le marché trop complexes, et les architectures pour réseau de capteurs trop petites pour mettre en œuvre les approches de radio logicielle.

Introduction

L'ADT a pour objectif de définir, de concevoir, de fabriquer et de prototyper un nœud radio intelligent et léger qui pourra être utilisé dans un cadre plus général que ceux des télécommunications ou des capteurs. Il s'agit donc ici :

- d'une part de préparer le déploiement sur le site du projet Swing d'un lot de nœuds reconfigurables puissants permettant de prototyper des algorithmes de traitement du signal spécifiques ainsi que des scénarios de radio opportuniste. Il s'agira ici de prendre en main la plateforme cible et développer les briques logicielles élémentaires
- et d'autre part, de concevoir et de fabriquer un autre lot de nœuds radio plus légers et de développer les outils logiciels permettant de concevoir et de programmer cibler le matériel depuis un haut-niveau d'abstraction (e.g. un DSL pour spécifier des formes d'ondes radio mixant *dataflow* et langage C). Cette partie sera plus liée au projet Cairn.

Ces deux études doivent permettre à terme de définir une plateforme radio intelligente « INRIA » qui sera fortement innovante car elle présentera des caractéristiques techniques sans équivalent, associées à un ensemble d'outils pour le développement logiciel et la mise à disposition à distance via le projet d'EquipEx FIT.

Contexte : état des lieux et positionnement avant l'ADT

La radio logicielle désigne une interface radio entièrement programmable. Elle est à la base de mécanismes tels que la radio cognitive (découverte de l'environnement) ou la radio opportuniste (utilisation de ressources radio libres). Le développement de cette technologie est indispensable pour permettre une meilleure exploitation du spectre radio, et permettre de faire face à la saturation actuelle liée à la réservation de bandes par application.

L'usage le plus courant des systèmes radio est aujourd'hui celui de l'internet mobile. La technologie d'accès devient petit à petit transparente pour l'utilisateur, qui n'a plus besoin de savoir avec quelle technologie il communique. Cependant, l'internet du futur sera probablement l'internet des objets. Nous devrions voir se développer rapidement de plus en plus d'objets *Wireless*, communicant directement entre eux.

La coexistence de tous ces équipements va devenir problématique, car les ressources radio sont limitées. L'approche qui consiste à réserver une bande pour chaque application est révolue et il va falloir changer de méthode en développant trois principes complémentaires :

- la radio cognitive s'adapte dynamiquement en fonction de l'environnement pour une meilleure efficacité spectrale,
- les communications coopératives permettent d'améliorer la qualité des transmissions grâce à l'utilisation de techniques efficaces de coopération entre les nœuds radio,
- la « green » radio privilégie la réduction de la consommation d'énergie des équipements (terminaux mobiles, stations de base, équipements réseau) par exemple en adaptant dynamiquement la puissance radio aux conditions du canal et à l'environnement.

Ces principes pourraient conduire à une véritable révolution des télécommunications, en permettant de dépasser les limites des systèmes actuels. Cependant, une avancée significative dans ces domaines ne pourra se faire que par une approche résolument transverse allant de l'électronique au réseau, en passant par le traitement du signal ou les systèmes embarqués.

Plusieurs domaines de recherche sont aujourd'hui confrontés à cette problématique : les électroniciens cherchent à développer des systèmes agiles à bas coût et basse consommation, les traiteurs de signaux proposent des méthodes complètement nouvelles pour la coopération bas niveau (MIMO virtuel ou relai par exemple), alors même que la théorie de l'information cherche encore à établir les bornes supérieures de ces communications coopératives. Enfin, les spécialistes du réseau cherchent à développer des protocoles autonomes et adaptatifs tirant parties des conditions instantanées de l'environnement radio.

Les vrais défis se situent à l'intersection de ces différents domaines, et l'étude expérimentale et ouverte de ces problématiques permettra de découvrir le moyen de transférer ces concepts vers des applications complètement disruptives.

De nombreuses plateformes sont opérationnelles pour évaluer la radio logicielle dans un contexte point à point. En France, l'IETR, Eurecom ou Xlim possèdent de telles plateformes en liaison point-à-point. **Cependant, aucune plateforme ne permet aujourd'hui de tester ces systèmes dans un environnement complexe multi-nœuds. De plus, les outils de développement logiciels liés à ces plateforme sont « archaïques » et travaille le plus souvent à très bas niveau.**

Concernant les technologies de radio cognitive, on trouve trois leaders sur le marché : la suite Lyrtech SDR¹, le système openairinterface² développé par Eurecom et la plateforme GNU radio³. Mentionnons également le produit SDR4all⁴ développé par Supelec et AirBlue⁵ développé au MIT. Ces équipements correspondent à des solutions intéressantes de radio logicielle, mais les tester dans un environnement multi-nœuds réel est aujourd'hui difficile et non reproductible.

On trouve en Europe le projet FP7 Crew⁶ qui démarre et qui a pour objectif d'offrir trois plateformes partiellement ouvertes en Belgique, en Allemagne, et en Irlande. Egalement aux USA, la plateforme développée par Rutgers University, USA, dans le projet ORBIT⁷ propose un environnement de radio cognitive. Ces plateformes ne sont pas entièrement ouvertes à la communauté française.

Swing et Cairn sont actuellement les équipes les mieux placées au sein de l'Inria pour travailler sur ce thème extrêmement porteur du fait des compétences radio, traitement du signal et architecture présentes dans chaque équipe. Swing et Cairn sont partenaires de l'EquipEx FIT qui financera le déploiement d'une salle dédiée à l'étude de ces systèmes radio à grande échelle. Swing et Cairn travaillent déjà avec les cartes Lyrtech et souhaitent pérenniser les compétences acquises sur cette plate-forme. Cairn a commencé la conception d'une plate-forme de type « sensor » - c'est-à-dire avec des contraintes énergétiques fortes - intégrant un FPGA (plate-forme PowWow⁸). **Ces deux équipes souhaitent renforcer leurs liens aujourd'hui afin de définir une plateforme radio intelligente et innovante en s'appuyant sur leurs compétences et expériences complémentaires.**

L'étude de nœuds de radio logicielle basés sur les cartes Lyrtech permettrait de capitaliser un savoir-faire « radio programmable » qui servirait ensuite à spécifier les caractéristiques du « smart node » conçu dans le cadre de cette ADT. Le planning serait donc :

1. prise en main du nœud Lytech, de son environnement de développement et portage d'application de type radio logicielle ;
2. spécification d'un nœud de type nouveau : « smart node » à partir des retours d'expérience des nœuds Lyrtech et PowWow ;
3. réalisation des « smart nodes » et de leur chaîne de conception logicielle ;
4. intégration des « smart nodes » au sein d'une plate-forme d'expérimentation radio.

Objectifs de l'ADT

- 1- Maîtriser les plateformes Lyrtech afin de pouvoir les utiliser comme plate-forme de prototypage. Développer, grâce aux ingénieurs de l'ADT, une compétence forte sur les nœuds utilisés en radio-logicielle afin de pouvoir rentabiliser rapidement l'investissement comme plate-forme expérimentale de recherche sur divers sujets :

¹ <http://www.lyrtech.com>

² <http://www.openairinterface.org>

³ <http://www.ettus.com/products>

⁴ <http://www.sdr4all.org/>

⁵ <http://memocode2010.csail.mit.edu/redmine/projects/show/airblue>

⁶ <http://www.crew-project.eu/>

⁷ <http://www.orbit-lab.org/>

⁸ <http://powwow.gforge.inria.fr/>

relayage bas niveau, coopération opportuniste, sécurité des objets communicants, *wake-up-radio*, environnement de programmation d'une radio logicielle...

- 2- Prototyper un nœud radio de taille intermédiaire, permettant à la fois de posséder une interface radio programmable et d'avoir une consommation électrique plus raisonnable qu'un terminal multimédia actuel. Développer des outils de conception permettant de cibler les plateformes depuis un haut-niveau d'abstraction.
- 3- Intégrer ces nœuds au sein de la plateforme radio-logicielle, probablement celle développée dans le cadre de l'equipEx FIT, afin de pouvoir expérimenter des scénarios de l'internet des objets.
- 4- Donner à cette plate-forme une visibilité nationale et internationale puis, en la couplant avec l'équipement d'excellence FIT, identifier un pôle de recherche sur la radio logicielle à l'Inria. Notons que cette thématique est au cœur des axes développés dans les pôles de compétitivité régionaux à Rennes comme à Grenoble.

La sortie de l'ADT : positionnement après l'ADT

0

A la sortie de l'ADT nous aurons deux résultats fondamentaux qui pourront être intégrés dans la plateforme de radio cognitive de FIT :

- Stack complet de communication sur la plateforme Lyrtech, qui pourra être mis en œuvre de façon efficace. Il restera la problématique de programmation à distance à mettre en œuvre.
- Prototypage d'un type de nœud 'basse consommation ou faible complexité' intégrant une technologie de radio logicielle. Ces nœuds pourront également s'intégrer dans la plateforme FIT radio cognitive, mais pourront aussi être déployés sur une plateforme comme SensLab. Leur consommation et leur coût unitaire beaucoup plus faibles permettront d'envisager un déploiement plus massif et des conditions réelles d'utilisation.

A plus long terme, les compétences mises en place lors de l'ADT ouvriront des pistes de recherche sur les thèmes suivants : prototypage d'algorithmes de radio agile et de radio opportuniste dans un environnement réel, expérimentations de la radio coopérative, conception de programmes et protocoles pour objets communicants, outils d'aide à la conception de systèmes embarqués communicants.

Mise en œuvre prévisionnelle de l'ADT

Cette partie contient l'organisation et les rôles des différentes parties impliquées ainsi que le plan de travail avec une description des tâches et les livrables.

Identification des rôles et organisation de l'ADT

Responsable de l'ADT : Tanguy Risset

Responsable site Lyon : Tanguy Risset

Responsable site Rennes : Olivier Sentieys

Une des force de cette ADT est de profiter de la proximité thématique des équipes Cairn et Swing, équipes à la frontière entre l'informatique, la micro-électronique et le traitement du signal. Du fait de leur historique différent, les équipes ont des compétences complémentaires (en radio/antennes pour Swing et en matériel/FPGA pour Cairn) qui sont toutes nécessaires pour le travail décrit ici. Cette collaboration de proximité permettra aussi d'éviter de travailler en parallèle sur les mêmes sujets sans concertation.

Le mode de collaboration envisagé est un lien fort entre les ingénieurs sur les deux sites, grâce à des missions régulières, ainsi que des séjours un peu plus long pour des échanges de compétence plus poussé (par exemple compétence de Cairn sur la plate-forme Lyrtech, compétence Antenne de Swing).

Planification prévisionnelle

On peut décomposer l'ADT en deux flots, un flot basé sur la plate-forme Lyrtech et un flot basé sur les « smart nodes ». Les tâches principales de ce projet sont les suivantes :

- Dissémination des résultats
- Réconciliation entre les développements sur les sites de Rennes et de Lyon
- Prise en main et premiers développements sur la plateforme Lyrtech
- Spécification, conception et réalisation de la plateforme « smart node » INRIA
- Implémentation des briques de base et de deux couches protocolaires (e.g. WiFi, ZigBee) sur les deux plateformes
- Évaluation et comparaison de performances (débit radio, consommation d'énergie) des plateformes
- Spécification et premier prototype d'un logiciel de conception ciblant les plateformes depuis un langage de haut-niveau

Tâche 0 : Dissémination des résultats

Durée : 24 mois, T0-T0+24

T0 : Démarrage

Suivi global du déroulement de l'ADT et mise en place d'opérations de dissémination et communication : formation, publication, organisation de journée GDR...

Tâche 1 : Étude et développement sur un nœud Lyrtech

Tâche 1.1 : prise en main du nœud Lyrtech

Durée 6 mois: T0-T0+6

Formation et prise en main complète du développement logiciel. Rapport sur les possibilités et spécification des fonctionnalités qui seront étudiées (scat des fréquences radio, modulations considérées, modes de coopération retenus).

Tâche 1.2 : implémentation d'une couche protocolaire sur un nœud Lyrtech

Durée 6 mois : T0+3-T0+9

Maîtrise complète de la plate-forme et implémentation d'une couche de communication simplifiée (probablement Wifi), utilisable par des utilisateurs externes.

Tâche 2 : Étude et développement d'un « smart node » agile et basse consommation

Tâche 2.1 : spécifications des contraintes et du cahier des charges

Durée 3 mois: T0-T0+3

Spécifications des caractéristiques en terme de bande radio, d'énergie, de coût, d'encombrement, de puissance de calcul, de portée radio, etc. Spécification de l'utilisation des nœuds, du contexte applicatif et de l'intégration dans la plateforme FIT.

Tâche 2.2 : conception et réalisation d'un premier prototype du nœud

Durée 6 mois : T0+3-T0+9

A partir des contraintes et de l'état de l'art sur les architectures similaires, définition d'une architecture originale et adaptée. Conception et réalisation des cartes. Fabrication d'une dizaine de prototypes. La carte s'appuiera d'une part sur une carte de développement FPGA (par exemple un carte Xilinx Virtex 6 type ML606) associé à un front-end radio développé spécifiquement par sous-traitance. Le FPGA sera suffisamment puissant pour pouvoir accueillir plusieurs processeurs embarqués associés à des blocs spécifiques (e.g. FFT, synchronisation, etc.)

Tâche 2.3 : implémentation d'une couche protocolaire sur le nœud « smart node »

Durée 6 mois : T0+6-T0+12

Maîtrise complète de la plate-forme et implémentation d'une couche de communication simplifiée (probablement ZigBee/802.15.4), utilisable par des utilisateurs externes.

Tâche 3 : Implémentation des briques de base et de deux couches protocolaires, reconfiguration

Tâche 3.1 : implémentation des couches protocolaires complètes et génériques

Durée 9 mois : T0+9-T0+18

Maîtrise complète des deux plateformes et implémentation de deux couches de communication normalisées (probablement Wifi et Zigbee), utilisables par des utilisateurs externes.

Tâche 3.2 : étude et mise en œuvre des mécanismes de reconfiguration

Durée 6 mois : T0+18-T0+24

Pouvoir reconfigurer la plate-forme pour passer d'un protocole à un autre, pouvoir faire des expérimentations multi-protocole (probablement Wifi et Zigbee).
Démonstration finale

Tâche 3.3 : évaluations de performance

Durée 3 mois : T0+18-T0+24

Validation du prototype, estimation de performances, préconisation pour la suite et spécification de l'environnement logiciel à développer. Intégration éventuelle à la plate-forme FIT.

Tâche 4 : outil de conception ciblant les plateformes depuis un langage de haut-niveau

Tâche 4.1 : définition d'un langage spécifique (DSL) adapté

Durée 6 mois : T0+9-T0+15

L'objectif de ce langage est de pouvoir spécifier différentes formes d'ondes correspondant à des normes différentes à partir de composants de base. La conception de ce langage s'appuiera sur l'expérience en langages de haut-niveau pour la radio logicielle de l'équipe Swing et dans celle de l'équipe Cairn sur la définition de DSL et de leur implémentation en utilisant les techniques de l'ingénierie des modèles. Ce langage pourra par exemple assembler des briques de base décrites en langage C avec une spécification dataflow adaptée aux applications de communications sans fil.

Tâche 4.2 : mise en œuvre d'un outil de conception ciblant les plateformes radio

Durée 12 mois : T0+12-T0+24

A partir de l'outil Gecos⁹ développé dans l'équipe Cairn et d'outils commerciaux tel que CatapultC, l'objectif est de construire un flot de conception depuis le DSL défini dans la tâche précédente vers la plateforme « smart node ». Chaque brique sera synthétisée depuis sa description en langage C au moyen d'outils de synthèse d'architecture, tandis que la spécification flot de données donnera le contrôle global de l'architecture ainsi que les mémoires gérant le flux de données.

Démonstration finale

Tâche 5: réconciliation entre les développements sur les sites de Rennes et de Lyon

Tous les 2 mois, faire une communication de l'état des travaux dans les deux sens entre les deux flots.

L'organisation temporelle des tâches est représenté sur la figure 1.

⁹ <http://gecos.gforge.inria.fr>

D: démonstration		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Tâche 0: Dissémination des résultats	CAIRN/SWING												
Tâche 1: Etude et développement sur un nœud Lyrtech													
Tâche 1.1: prise en main du nœud Lyrtech	SWING												
Tâche 1.2: implémentation d'une couche protocolaire sur un nœud Lyrtech	SWING												
Tâche 2: Etude et développement d'un « smart node » agile et basse consommation													
Tâche 2.1: spécifications des contraintes et du cahier des charges	CAIRN												
Tâche 2.2: conception et réalisation d'un premier prototype du nœud	CAIRN												
Tâche 2.3: implémentation d'une couche protocolaire sur le nœud « smart node »	CAIRN												
Tâche 3: Implémentation des briques de base et de deux couches protocolaires													
Tâche 3.1: implémentation des couches protocolaires complètes et généralisées	SWING/CAIRN												
Tâche 3.2: étude et mise en œuvre des mécanismes de reconfiguration	SWING/CAIRN												
Tâche 3.3: évaluations de performance	SWING/CAIRN												
Tâche 4: outil de conception ciblant les plateformes depuis un langage de haut-niveau													
Tâche 4.1: définition d'un langage spécifique (DSL) adapté	SWING/CAIRN												
Tâche 4.2: mise en œuvre d'un outil de conception ciblant les plateformes	CAIRN/SWING												
Tâche 5: réconciliation entre les développements sur les sites de Rennes et de Lyon	CAIRN/SWING												

Figure 1: Déroulement des tâches de Snow

Ressources

Ressources humaines

Personnels Swing impliqués : Tanguy Risset (10% temps plein), Guillaume Villemaud (10%), Florin Doru Hutu (20%), Claire Goursaud (10%), Jean-Marie Gorce (5%)

Doctorants Swing impliqués ou impactés par l'ADT : Paul Ferrand (Cooperative Communications in BANs), Ahmed Benfarrah (Sécurité couche PHY), nouvelle thèse SFC (coopération franco-chinoise) à démarrer en septembre 2011, nouvelle thèse, processus de recrutement en cours, projet EconHome (architecture green pour home networking).

Il est demandé, dans le cadre de l'ADT, un ingénieur confirmé CDD 24 mois, spécialité matériel radio et informatique embarquée sur le site de Lyon.

Personnels Cairn impliqués : Olivier Sentieys (5%), Olivier Berder (10%), Steven Derrien (5%), Arnaud Carer (IGR UR1 15%)

Doctorants Cairn impliqués ou impactés par l'ADT : Vinh Tran (Cooperative Communications), Mahtab Alam (Power Aware Signal Processing for WSN), Robin Bonamy (Power Modeling of FPGA), Nhan Le (Power Management of WSN Nodes)

Postdoctorant INRIA Cairn impliqué : Ruifeng Zhang (Cooperative Communications)

Il est demandé, dans le cadre de l'ADT, un ingénieur confirmé CDD 24 mois, conception FPGA, radio et informatique embarquée sur le site de Rennes.

D'autre part, deux ingénieurs SED – un sur le site de Rennes et un sur le site de Lyon – seront impliqués dans le suivi de l'ADT SNOW.

Aspects budgétaires

Ressources demandées (en k€)	2011	2012	2013	TOTAL
	(3 mois)	(12 mois)	(9 mois)	
	Versement #1 en Sep–Oct	Versements #2 et #3 : en Jan–Fév et Mai–Juin	Versement #4 en Jan–Fév	
Missions	3200	10000	6800	20k
Animation				
Matériel scientifique ¹⁰				
Prestations externes				
Autre (préciser)				
TOTAL				

Missions pour les ingénieurs Lannion-Lyon : 1 mission par mois (600€) dont 4 missions longues (2 semaines, 2000€) sur la base de 450€ par voyage + indemnités journalières : 20.000€

Les carte Lyrtech seront achetées dans le cadre de l'EquipEx FIT. La réalisation finale du prototype du nœud sera prise en charge soit par l'EquipEx FIT, soit par l'EPI Cairn sur une ligne CPER.

Suivi et Evaluation

Donnez éventuellement des noms d'experts internes et externes à l'INRIA (non impliqués dans l'ADT) pouvant participer au suivi et à l'évaluation de l'ADT.

Experts internes à l'INRIA :

Eric Fleury, David Simplot-Ryl

Experts externes à l'INRIA :

Jean-Francois Diouris (Polytech Nantes), Jean-François Héliard (INSA Rennes), Rodolphe Vauzelle (Xlim, Poitiers), Merouane Debbah (Supélec), Dominique Noguét (CEA Leti), Yves Durand (Kalray Grenoble)

Experts internationaux

Mischa Dohler (CTTC spain), Daniel Massicote (UQTR Canada)

¹⁰