

Chers collègues

Ce troisième numéro coïncide avec le retour du LIP6 à Jussieu. Je voudrais à cette occasion remercier tous ceux, ingénieurs, administratifs, chercheurs, enseignants-chercheurs qui ont permis que ce déménagement se passe dans de bonnes conditions et qui continuent, encore maintenant, à finaliser notre installation. Un grand merci bien sûr à Bernd Amann qui a coraqué avec une grande patience toutes ces opérations. Un gros regret pour les climatiseurs qui sont restés sur le site Kennedy. J'espère que le temps ainsi gagné sur les allers-retours bénéficiera largement à la recherche du laboratoire.

Je tiens à saluer la visite au laboratoire de Xavier Inglebert, directeur général délégué aux ressources du CNRS qui est venu, accompagné de la déléguée régionale L. Flabbée, et du Directeur adjoint scientifique Informatique de l'INS2I, M. Bouzeghoub. L'UPMC était représentée par C. Ronceray, directeur général des services. Les échanges avec le conseil de direction et l'ensemble des personnels ITA-IATOS ont permis de rendre compte de la vie et des besoins du laboratoire.

Pour ne pas oublier les transports parisiens, nous allons organiser une journée de présentations scientifiques la semaine du 22 novembre, probablement à GIF. Cette journée sera une étape dans notre travail préparatoire à l'évaluation du laboratoire qui aura lieu en 2011.

Patrick Gallinari
Directeur du laboratoire



Sommaire

- - Edito page 1
- - Première « Journée prospective thématique » du LIP6 sur les systèmes dynamiques / Equipe REGAL page 2
- - Dynamics on and of complex networks/ Equipe Complex Network..... page 3
- - Réseaux dynamiques : ressources, mobilité et population / Equipe NPA page 4
- - Architecture de sécurité dynamique pour systèmes multiprocesseurs intégrés sur puce / Equipe ALSOC page 5
- - Systèmes dynamiques au sein de l'équipe SYEL - Capteurs sans fil, récepteurs radio et consommation / Equipe SYEL.. page 7
- - Systèmes répartis dynamiques : Gestion explicite du temps / Equipe MoVe page 8
- - Dynamique des Systèmes Multi-Agents / Equipe SMA page 9
- - Autour du π -calcul : théorie et pratique des systèmes reconfigurables / Equipe APR page 11

Nous partîmes trois cents et nous vîmes cinq cents en arrivant au port... après quatre déménagements (pour les plus chanceux).

Après 12 ans d'exil, certes luxueux, le LIP6 a montré sa capacité de résistance et son unité. Nous devons encore vivre la tri-localisation, mais il semble que le plus dur soit derrière nous. Alors, encore un effort, et en 2015 nous prendrons la crémaillère finale ! En attendant, nous fêtons le retour sur le campus comme il se doit le vendredi 24 septembre à 16h.

Chantal Perrichon
Directrice de la Communication

Contact : Chantal.PERRICHON@lip6.fr



Bienvenue à notre première journée «prospectives thématiques» qui a eu lieu le 16 avril dernier !

Cette journée organisée sur le thème de systèmes dynamiques a réuni plus d'une cinquantaine de personnes autour d'exposés scientifiques de 7 équipes appartenant à 3 départements du LIP6.



L'idée des journées « prospectives thématiques » est née suite à la journée prospective générale de mai 2009. Le principe de ces manifestations scientifiques internes est de mettre l'accent sur des sujets émergents et transverses du laboratoire.

La notion de dynamicité était apparue à de nombreuses reprises dans les exposés de la journée de mai 2009. Cette notion peut être déclinée suivant plusieurs axes que l'on a retrouvés dans les 7 exposés :

- Dans le domaine du matériel, il s'agit de concevoir de petits périphériques (typiquement des capteurs) mobiles et à forte autonomie.
- Dans les systèmes d'exploitation, avec le succès de la technologie des machines virtuelles, les supports d'exécution peuvent migrer au gré des pics de charges.
- Dans le domaine de l'intelligence artificielle, les agents évoluent de façon autonome dans un environnement dynamique. Il s'agit alors de prendre en compte non seulement l'évolution de la structure des systèmes multi-agents mais également la mobilité des agents eux-mêmes.
- Dans les réseaux et systèmes répartis, ces dernières années ont été marquées par l'explosion de structures hautement dynamiques telles que les réseaux couvrant pair-à-pair, les structures maillées, ad hoc, de capteurs, de robots et véhiculaires, ou à connectivité intermittente. Il s'agit alors de concevoir des nouveaux protocoles et algorithmes qui prennent en compte l'arrivée et la mobilité des nœuds, leur défaillance ainsi que les instabilités intrinsèques au médium radio.
- Pour la vérification, la dynamicité peut s'exprimer par la prise en compte du temps. On ne vérifie alors plus des systèmes statiques mais des protocoles évoluant dynamiquement. Il s'agit alors d'exprimer explicitement des contraintes temporelles.
- Enfin dans le domaine des graphes de terrain qui modélisent des objets complexes issus du monde réel, la dynamicité de la structure est une caractéristique intrinsèque qu'il est important de considérer.

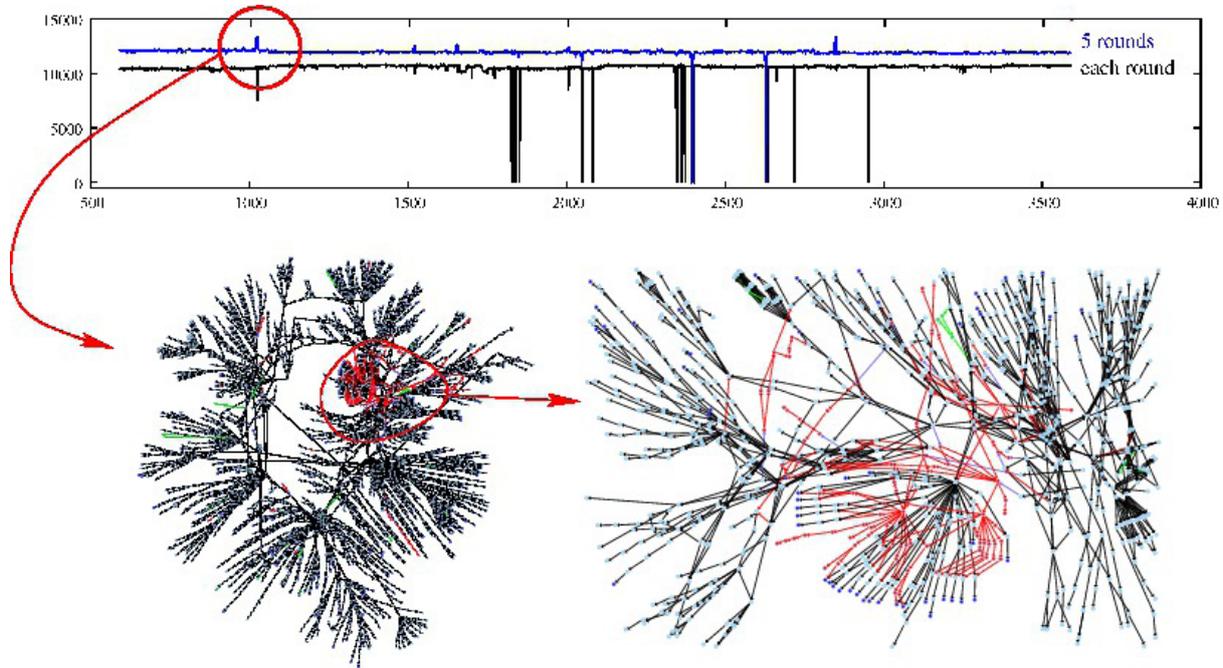


Cette première journée a donné lieu à des discussions très intéressantes entre les participants. Cela nous encourage à continuer l'organisation de telles journées thématiques avec un rythme au moins semestriel. La prochaine journée sera organisée en novembre 2010. A suivre...

Contact : Pierre.Sens@lip6.fr

On peut modéliser de nombreux objets issus du monde réel par des graphes. Citons par exemple la topologie de l'internet (au niveau des routeurs ou des systèmes autonomes), les graphes du web (ensembles de pages web et liens hypertextes entre elles), les réseaux métaboliques (réactions entre protéines au sein d'une cellule), les connexions dans le cerveau, les réseaux sociaux comme les réseaux d'amitié, de communication % (par téléphone, par messagerie électronique, ..., ou de collaboration, et les réseaux de transport.

Depuis une dizaine d'années, un grand nombre de travaux s'intéresse à ces objets, suite à la découverte que, bien qu'ils soient issus de contextes différents, ils se ressemblent au sens de certaines propriétés statistiques. C'est pourquoi on les désigne sous le terme général de graphes de terrain (complex networks en anglais).



La plupart des graphes de terrain sont dynamiques, c'est-à-dire que leur structure évolue au fil du temps par l'ajout et/ou le retrait de nœuds et/ou de liens, à des fréquences plus ou moins grandes. La grande majorité des travaux qui les ont étudiés les ont cependant considérés comme statiques, c'est-à-dire qu'ils ont considéré un instantané d'un graphe, capturé à un instant donné. Des dynamiques se produisent également sur des graphes, comme des diffusions épidémiques par exemple. Dans ce deuxième cas, ce sont les états des nœuds qui évoluent au fil du temps.

L'équipe Complex Networks s'intéresse fortement à ces deux types de dynamique, et a abordé plusieurs aspects que nous esquissons ci-dessous.

1. Mesure.

La mesure vise à acquérir des informations sur un graphe et sa dynamique, qui ne sont en effet pas connus a priori. Nous avons contribué à la mesure principalement dans deux contextes, la topologie de l'internet au niveau des routeurs, et le système P2P eDonkey.

2. Description

On est confronté à des objets de grande taille, qui évoluent rapidement et pendant des longues périodes de temps. Pour décrire ces objets et leurs dynamiques, il est donc indispensable d'introduire des notions permettant de les décrire. Dans ce cadre nous avons étudié certaines propriétés statistiques, comme les durées de vie des nœuds et des liens. Comme le graphe évolue pendant même qu'on l'observe, nous avons introduit une méthodologie qui vise à corriger une partie du biais qui en résulte. Nous étudions également une propriété structurelle forte, à savoir la structure d'un graphe en communautés, c'est-à-dire en groupes de nœuds fortement reliés les uns aux autres.

Détecter cette structure et étudier son évolution au fil du temps soulève des questions importantes.

Enfin, un point fondamental dans la dynamique est la distinction entre une dynamique normale, ou attendue, et des événements particuliers. Nous avons mis au point une méthodologie qui permet de détecter automatiquement certains de ces événements.

3. Dynamique de diffusion

Nous nous intéressons à des dynamiques de diffusion d'information dans des réseaux de blogs, en étudiant quels blogs se citent les uns les autres. La corrélation entre cette diffusion et les communautés (soit thématiques, soit structurelles, c'est-à-dire formées par les liens entre les blogs) est un sujet particulièrement intéressant.

Contact : Clemence.Magnien@lip6.fr

Réseaux dynamiques : ressources, mobilité et population

Sébastien Tixeuil et Marcelo Dias de Amorim – Équipe NPA

L'une des activités principales de l'équipe *Network and Performance Analysis (NPA)* du LIP6 consiste à couvrir d'une manière aussi large que possible la problématique des réseaux dynamiques : de la modélisation de la mobilité à l'algorithmique, en passant par la conception de protocoles de communication, la tolérance aux fautes et l'optimisation de la consommation des ressources radio. Quelques exemples de réseaux dynamiques sont les réseaux maillés, ad hoc, de capteurs, de robots et véhiculaires, à connectivité intermittente ou pas. Les réseaux dynamiques imposent des défis particuliers sur le plan scientifique dus à la mobilité des nœuds et aux instabilités intrinsèques au médium radio. L'apparition d'équipements portables permettant une mobilité accrue des utilisateurs a connu un succès fulgurant en à peine quelques années, mais dans le même laps de temps les utilisateurs sont de plus en plus demandeurs de technologies leur permettant d'établir des communications n'importe où et à n'importe quel moment. Concevoir des systèmes capables de répondre à ces nouvelles demandes est notre rôle au sein du LIP6.

L'équipe s'attaque à ces problèmes et structure son approche du domaine en trois classes principales : (i) *les ressources*, dont la raréfaction et la volatilité sont la source de nombreuses instabilités ; (ii) *la mobilité*, qu'elle concerne la localisation des éléments mobiles, la structure du réseau induit, ou leur capacité de communiquer et (iii) *les comportements*, qui peuvent concerner l'influence de l'environnement sur les nœuds qui y sont placés ou même les utilisateurs eux-mêmes. Afin d'apporter des éléments de réponse aux multiples problèmes issus de ces trois classes, l'équipe exploite sa double compétence en rapprochant des chercheurs issus à la fois du domaine des réseaux de communication et des algorithmes distribués. Cette vision complémentaire a été récemment présentée lors des journées *Perspectives* du LIP6.

Du point de vue des *réseaux de communication*, nous nous intéressons aux réseaux sans fil évoluant dans des contextes les plus variés possibles et selon des principes d'auto-organisation. Les réseaux mobiles par connectivité intermittente, les réseaux de véhicules, les réseaux de robots mobiles, les réseaux ad hoc, les réseaux de capteurs et les réseaux sans fil maillés sont des exemples de réseaux auto-organisés. Si la recherche sur ce type de réseaux a été très active ces dernières années, il reste encore de nombreux manques scientifiques concernant la *compréhension* des systèmes sans fil réels et comment les résultats obtenus peuvent être intégrés à la *conception des systèmes communicants plus performants*. Dans ce but, l'équipe NPA contribue de manière significative sur : les réseaux radio cognitifs, la dimension sociale des interactions entre éléments mobiles, la prédiction des mouvements, l'étude de la capacité du réseau, la localisation et la métrologie.

Du point de vue des *algorithmes distribués*, l'objectif est de faire face aux fautes et aux attaques susceptibles de survenir dans des réseaux complètement auto-organisés, c'est-à-dire lorsque l'intervention humaine n'est pas faisable ou impossible. Dans ces situations, concevoir des protocoles selon le principe de *l'auto-stabilisation* permet de recouvrer un comportement correct suite à n'importe quel type de faute ou d'attaque transitoire. Pour les fautes et attaques plus sévères (intermittentes ou permanentes), les techniques de *confinement* permettent de circonscrire l'impact des attaques, dans l'espace ou dans le temps. Enfin, dans le cadre des réseaux de robots mobiles, l'algorithmique distribuée *géométrique* permet de résoudre plusieurs problèmes fondamentaux (couvrir une zone, patrouiller) sans nécessiter de communications explicites, évitant ainsi des attaques qui viseraient à les compromettre ou à les brouiller.

Associés aux autres thématiques de recherche de l'équipe et en collaboration avec des partenaires extérieurs et d'autres équipes du laboratoire, notamment REGAL et ComplexNetworks, le but final de ces travaux est de contribuer d'une manière significative à la conception de l'Internet du futur.

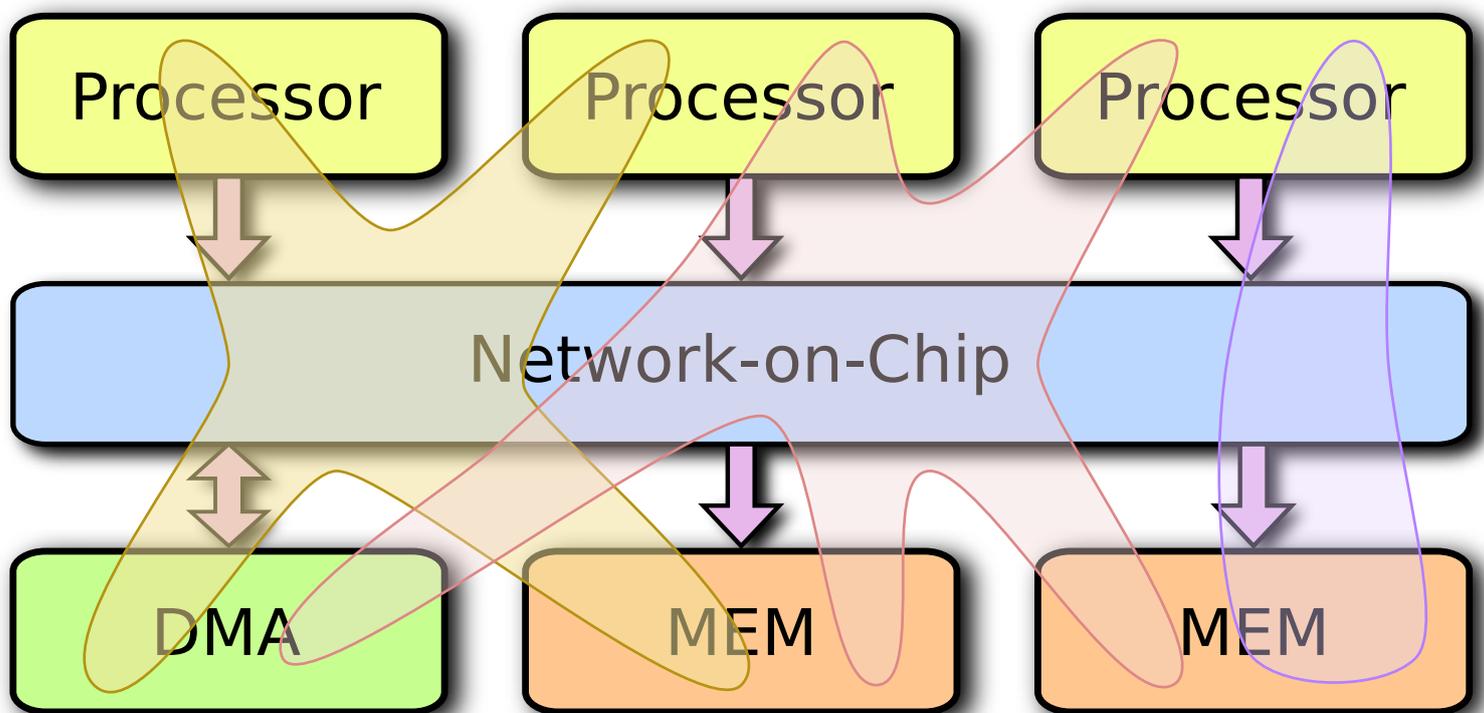
Contacts : Sebastien.Tixeuil@lip6.fr et Marcelo.Amorim@lip6.fr

Contexte général

Pour beaucoup de systèmes sur puce embarqués, notamment ceux orientés vers la diffusion de contenus multimédia chiffrés, la protection des données se révèle être une problématique majeure.

Dans les appareils de type «set-top box» par exemple, c'est-à-dire les décodeurs numériques qui connectent un fournisseur de contenu (câble, satellite, internet) à un téléviseur, la sécurité intervient à deux niveaux. Le système contient des informations secrètes (clés/certificats cryptographiques, algorithmes/code source), et le contenu multimédia manipulé doit rester protégé de bout en bout, du fournisseur jusqu'à l'affichage sur le téléviseur.

Paradoxalement, ces mêmes systèmes sont également demandeurs d'une grande flexibilité et dynamique. Les utilisateurs attendent une vraie interopérabilité numérique entre leurs différents appareils multimédia, par exemple concernant la synchronisation ou l'échange de contenus. Globalement, ils souhaitent gagner plus de maîtrise sur leurs équipements, par exemple pouvoir choisir à quel fournisseur de contenu ils veulent s'abonner, ou encore pouvoir intervenir sur le logiciel embarqué (téléchargement d'applications tierces, mise à jour, etc).



Problématique

Concrètement, un système de ce type est composé de plusieurs services logiciels autonomes : l'interface utilisateur, le contrôle d'accès, la gestion du magnétoscope, la gestion des droits numériques, etc. Ces services peuvent être de natures très différentes : simple application, petit système d'exploitation souvent équipé d'un support temps-réel, système d'exploitation «grand public» (Linux, WinCE). Ils doivent tous pouvoir être exécutés simultanément sur la même plateforme matérielle, en restant suffisamment isolés les uns des autres pour garantir la confidentialité de leurs informations internes, et en collaborant afin de gérer les flots de données multimédia.

Côté matériel, les puces sont généralement des architectures multiprocesseurs hétérogènes (les nombreux cœurs de processeurs intégrés sur la puce ne sont pas forcément du même type). Ce sont également des puces à mémoire partagée : l'espace d'adressage est unique et tous les processeurs y ont accès.

(suite...)

Traditionnellement, les mécanismes existants pour réaliser le partage et la protection des ressources matérielles sont toujours locaux aux processeurs. Le contrôleur de mémoire virtuelle (MMU - Memory Management Unit) est, par exemple, le mécanisme le plus souvent utilisé pour protéger l'accès à la mémoire et aux périphériques. Dans le cadre d'une plateforme multiprocesseur, cela signifie donc que chaque processeur devrait être équipé d'un tel mécanisme, alors même que les systèmes orientés multimédia embarquent souvent des processeurs spécialisés ou coprocesseurs qui en sont totalement dépourvu. Pour assurer une certaine cohérence, cela implique également que tous ces mécanismes de protection devraient être gérés par une unique couche logicielle de confiance, distribuée sur tous les processeurs. Cette distribution est cependant rendue difficile voire impossible en raison de l'hétérogénéité des processeurs. D'autre part, de nombreux problèmes existent, notamment concernant le partage des périphériques dits «initiateurs», c'est-à-dire les périphériques capables d'accéder la mémoire sans passer par les processeurs (et donc en court-circuitant les mécanismes de protection).

La Virtualisation, technique récente visant le partage d'une plateforme matérielle entre plusieurs piles logiciels complexes, est également inapplicable car elle possède les mêmes propriétés : mécanismes locaux aux processeurs et unique couche de confiance distribuée.

Architecture de sécurité flexible et dynamique

L'idée principale de ce travail consiste à déporter les mécanismes de protection à un endroit plus cohérent avec l'aspect multiprocesseurs hétérogènes. Pour cela, on ajoute une nouvelle fonctionnalité au réseau sur puce de la plateforme. Le réseau sur puce sert à connecter tous les composants (processeurs, mémoires, périphériques) entre eux, et fait transiter tous les accès mémoire. C'est donc le candidat idéal pour réaliser du contrôle d'accès. Chaque point d'entrée du réseau est ainsi enrichi d'un module de filtrage qui vérifie que les accès mémoire sont autorisés. Afin d'atteindre une bonne flexibilité et dynamique, le filtrage n'est pas seulement réalisé en fonction du composant («tel processeur a le droit d'accéder à telle zone mémoire») mais en fonction de l'entité logique qui contrôle le composant à un moment donné («tel processeur qui exécute telle pile logicielle a le droit d'accéder à telle zone mémoire»).

Ce concept de filtrage dans le réseau, plutôt qu'à la source, permet d'être compatible avec les systèmes multiprocesseurs hétérogènes, c'est-à-dire avec des processeurs généralistes, des processeurs spécialisés et des périphériques initiateurs. Il permet également un partage dynamique et flexible des composants matériels entre plusieurs entités logiques, en l'occurrence plusieurs services logiciels autonomes (voir figure).

Prototypage

Un prototype virtuel basé sur ce concept a été développé, notamment pour pouvoir en estimer les impacts : en performance et en coût matériel. Une plateforme multiprocesseur a été modélisée en SystemC en utilisant l'environnement de prototypage virtuel SoCLib (<http://www.soclib.fr>). La partie logicielle a été réalisée en s'appuyant sur MutekH, un système d'exploitation développé par le LIP6 et visant les systèmes embarqués multiprocesseurs hétérogènes (<http://www.mutekh.org>). Enfin, plusieurs applications de tests orientées multimédia ont été portées (codecs xvid, jpeg, mp3) pour coller au cas d'utilisation des set-top boxes.

Les premiers résultats montrent que le surcoût en performance, c'est-à-dire la différence de temps d'exécution des applications de tests avec ou sans le mécanisme de protection, est quasiment nul : moins de 1%. Cela a été rendu possible par la parallélisation du système de filtrage avec d'autres tâches déjà exécutées par les points d'entrées du réseau sur puce. L'estimation du surcoût matériel reste également très limitée : le mécanisme de protection ajoute seulement 3% de surface supplémentaire par rapport à la taille du réseau sur puce complet, qui ne représente lui-même qu'une petite partie de la surface totale de la puce (moins de 5%).

Perspectives

Une prochaine étape de ce travail consiste à compléter le mécanisme de protection, en introduisant une gestion de mémoire virtuelle. Intégrer des unités de mémoire virtuelle directement au sein du réseau sur puce permettrait alors un partage encore plus dynamique et flexible des ressources matérielles. D'autres problématiques majeures dans les futures générations de systèmes intégrés sur puce, telle que la tolérance aux pannes (par exemple, bancs de mémoire défaillants), pourraient également être traitées.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une coopération entre le LIP6 et STMicroelectronics.

Contact : joel.porquet@lip6.fr

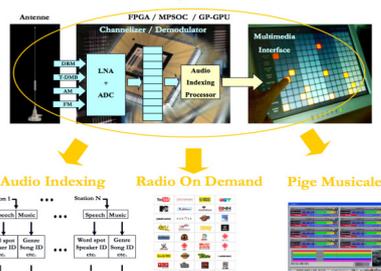
Les systèmes dynamiques sont un champ de recherche majeur dans le domaine des systèmes embarqués et de leur composante matérielle, les systèmes électroniques. L'équipe SYEL investigate principalement trois sujets interdépendants liés aux systèmes dynamiques : les réseaux de capteurs sans fil, les récepteurs de radio logicielle et la consommation dynamique des systèmes hétérogènes. Ces trois sujets sont décrits successivement ci-dessous.

Les nouvelles normes de télécommunication de type WPAN et WLAN conjugués aux progrès en électronique ont permis de contribuer à l'essor des réseaux de capteurs sans-fil. Les domaines d'applications de ces systèmes distribués sont variés ; on les retrouve dans des applications militaires, en environnement, et, dans le domaine de la santé avec les Body Area Networks. Nous avons conçu un capteur de pression sans-fil et biocompatible qui utilise la norme RFID à 13.56MHz pour son alimentation et le transfert des mesures à distance. Ce capteur qui a été conçu dans le cadre de l'ANR ENDOCOM (TECSAN 2008) avec pour objectif de permettre l'amélioration du suivi post opératoire des anévrismes de l'aorte abdominale (AAA) qui est lié à son traitement. Un AAA est une pathologie de la paroi aortique, responsable d'une dilatation localisée et permanente de la lumière artérielle. Il est localisé entre les artères rénales et la bifurcation aorto-bi-iliaque qu'il peut parfois englober. Les anévrismes sont découverts soit lors d'une rupture soit de manière inattendue lors d'un examen d'imagerie. Malgré l'amélioration de la prise en charge et les progrès de l'anesthésie-réanimation, la mortalité globale des anévrismes rompus, traités ou non, reste de 80%. Devant ce taux de mortalité, le projet de recherche ENDOCOM apparaît donc comme un champ d'investigation de premier ordre en terme de santé publique. Les premiers tests in vivo sur cochon sont actuellement en cours. Le consortium de ce projet de recherche industriel ENDOCOM est composé d'Orange Labs, d'unités mixtes de recherche (IJLRA-UMR7190, IRPHE-UMR6594, UTC-UMR6600, LIP6-UMR7606), de l'INRIA, d'unités de recherche de l'Université Pierre et Marie Curie (L2E) et d'un service de chirurgie thoracique et cardiovasculaire (SCTCV-GHPS).

Contact : olivier.romain@upmc.fr

Site web du projet : <http://www.endocom.upmc.fr>

Objectif



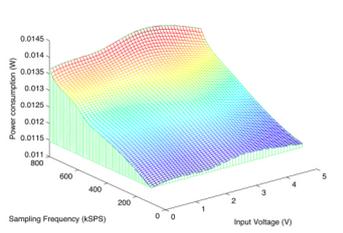
En France d'ici 2011, les bandes de radiodiffusion commerciales émettront les programmes en numérique sur les standards DRM et T-DMB en plus de la diffusion analogique classique sur les bandes AM et FM. Ce changement aura pour conséquence d'enrichir non seulement la diversité des contenus, mais aussi les possibilités d'indexer ces contenus, soit avec les métadonnées qui accompagnent de plus en plus ces émissions (photo, titre artiste, etc.), soit via une analyse directe des données captées. Les bandes hertziennes représenteront alors de véritables sources riches, mais jusqu'ici sous-exploitées, de contenus multimédias. A l'image d'internet et de Google, il sera alors indispensable de développer un navigateur hertzien pour exploiter pleinement ces nouvelles sources de données. Seulement, la diversité de besoins dans les domaines d'exploitation de ces flux a jusqu'ici freiné le développement de nouveaux produits dans ce secteur naissant. Le projet SurfOnHertz consiste à développer un multi-tuner multi-standards (AM, FM, DRM et T-DMB) implémenté en radio logicielle qui pourra capter et indexer tous les canaux d'une même bande de fréquence en parallèle. Notre solution servira ainsi

de pont entre les techniques de fouille et de pige déployées actuellement, et les nouvelles opportunités de contenu multimédia représentées par les voies hertziennes. SurfOnHertz est un projet de recherche industriel (ANR ARPEGE 2009) composé de 6 partenaires, comprenant, 4 unités mixtes de recherches LIP6 (UMR7606), ESPCI (UMR7084), ENSEA-ETIS (UMR8051), Telecom-ParisTech-LTCI (UMR5141), ainsi que de l'Institut de Télécom (ParisTech et Sud-Paris), du CEA, et de la société Yacast (leader national dans le monitoring des médias pour le compte de la SACEM).

Contact : olivier.romain@upmc.fr

Site web du projet : <http://a.cpm.jussieu.fr/surfonhertz/>

Sur un plan plus fondamental, la consommation des systèmes hétérogènes est aujourd'hui un verrou majeur. Pour surmonter cet obstacle, dans le cadre de la thèse de Abraham Suissa, nous avons introduit une méthode empirique pour la modélisation de la consommation dynamique des composants au niveau système. L'étape principale de cette méthode utilise des réseaux de neurones pour approximer la courbe mathématique donnant la consommation du composant en fonction de ses entrées et de ses paramètres fonctionnels comme les fréquences, la température, la tension d'alimentation, etc. Pour un nœud d'un réseau de capteurs sans fil, nous avons mesuré une erreur moyenne de 1,53%, avec une erreur maximale de 3,06%, entre notre estimation et la mesure de la consommation réelle. Cette nouvelle méthode est adaptée à la conception à base de plateforme au niveau système. Les trois principaux avantages de cette méthode sont :



1. Une estimation de la consommation instantanée, en ligne et par composant.
2. La méthode est générique, car elle peut être appliquée à tous les composants analogiques et à tous les environnements de simulation et de modélisation.
3. La méthode est adaptée à la consommation totale d'un système hétérogène.

Dans le prolongement de ces travaux, nous développons un réseau de capteur sans fil basse consommation et nous étudions l'optimisation de la consommation des nœuds du réseau au niveau système.

Contact : patrick.garda@upmc.fr

Publications : DOI 10.1109/TCAD.2010.2043759, 10.1109/DTIS.2010.5487601

Systèmes répartis dynamiques : gestion explicite du temps

Equipe MoVe - Béatrice Bérard

La dynamicité des systèmes répartis peut s'exprimer selon différents aspects. Nous avons déjà parlé dans ces colonnes des problèmes de transport, où des communications et des calculs sont réalisés par des objets mobiles : des véhicules qui seraient partiellement contrôlés sur une portion de route, par exemple.

Un autre aspect important relatif à la dynamicité concerne la gestion explicite du temps, lorsque des contraintes fortes doivent être satisfaites, comme par exemple le respect de seuils critiques pour des commandes de vol ou la gestion de produits dangereux. Une propriété typique est celle du temps de réponse avec un délai quantitatif, comme dans la spécification suivante : « toute occurrence d'un dépassement du seuil est suivie par une alarme dans un délai inférieur ou égal à 5 unités de temps ».

La définition de modèles « temporisés » remonte aux années 70 avec les réseaux de Petri temporels. Une méthode assez simple pour décrire ce type d'application consiste à ajouter des contraintes de délai à la description d'un système. Un exemple « jouet » représenté dans la figure 1 empruntée à [2], décrit l'activité d'un chercheur par un modèle comportant des états et des transitions, dont le franchissement est restreint par un intervalle de temps.

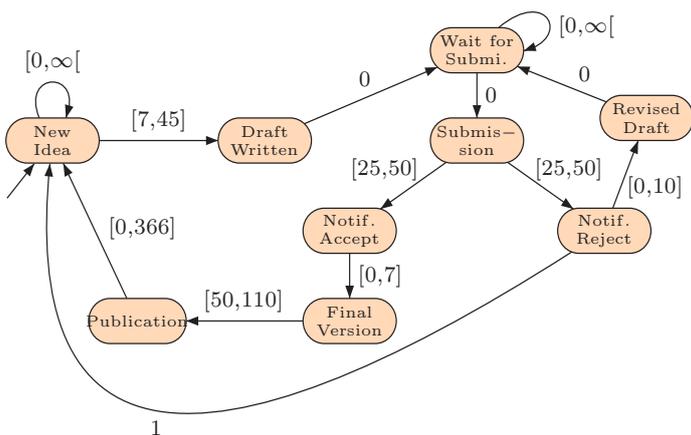


FIGURE 1. Modèle de l'activité d'un chercheur

Un début d'exécution dans ce modèle pourrait être :

$$NewIdea \xrightarrow{15} NewIdea \xrightarrow{10} DraftWrit. \xrightarrow{0} WaitforSub. \dots$$

Un autre exemple, introduit dans [1] et utilisé comme

benchmark dans la communauté, est celui du brûleur à gaz qui fuit, et pour lequel on cherche à évaluer la durée globale de fuite.

Ce brûleur est décrit par un modèle plus puissant, appelé *automate hybride*, qui peut être dans deux états : l'état initial F dans lequel le gaz fuit, et l'autre, $\neg F$, dans lequel il n'y a pas de fuite. Les fuites sont détectées et stoppées en moins de 1 seconde : ceci est mesuré par une horloge x qui part de 0 dans l'état F, augmente en fonction du temps, et ne peut pas dépasser la valeur 1. Lorsque la fuite est arrêtée, ce qui est décrit par la transition *stop*, l'horloge est remise à 0. Une deuxième contrainte impose que le brûleur ne peut pas recommencer à fuir avant 30 secondes. La transition *start* est donc « gardée » par $x \geq 30$. Enfin, une variable supplémentaire y , appelée *chronomètre*, augmente comme x en fonction du temps lorsque le brûleur fuit, mais ne progresse pas (sa dérivée est $\dot{y} = 0$ dans l'état $\neg F$) sinon. La valeur de y contient donc la durée globale des fuites de gaz.

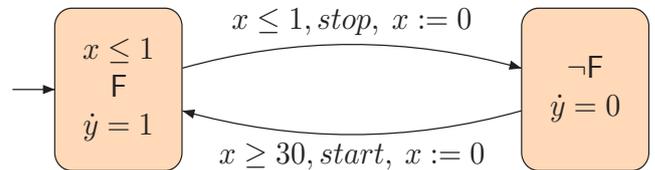


FIGURE 2. Un modèle pour le brûleur à gaz

Une configuration du système comporte dans ce cas trois composantes : l'état discret F ou $\neg F$, et les valeurs des deux variables x et y . Le début d'une exécution pour cet exemple pourrait être : $(F, 0, 0) \xrightarrow{0.6} (F, 0.6, 0.6) \xrightarrow{stop} (\neg F, 0, 0.6) \xrightarrow{32.5} (\neg F, 32.5, 0.6) \xrightarrow{start} (F, 0, 0.6) \dots$ dans lequel on voit que y est arrêtée dans l'état où le brûleur ne fuit pas.

Ce modèle est beaucoup plus expressif et la plupart des questions de vérification y sont indécidables. Mais de nombreux résultats positifs ont été obtenus dans les vingt dernières années, incluant le développement d'outils capables de traiter des problèmes de taille significative. Ce domaine est toujours très actif en raison d'une forte demande pour des applications industrielles.

Plusieurs directions de recherche sur ces thèmes sont

(suite...)

Références

suivies dans l'équipe MoVe. La première concerne les relations entre les modèles classiques interprétés en temps discret et ceux qui prennent en compte un temps continu. En particulier, les structures de données (SDD) développées par l'équipe pour obtenir une représentation compacte des états sont adaptées aux modèles en temps discret. Nous cherchons également à étendre la vérification de propriétés quantitatives à des modèles puissants, manipulant des chronomètres comme dans l'exemple du brûleur. Enfin, en vue de la vérification et de la synthèse de contrôleurs pour des applications de grande taille, nous proposons de définir un langage de haut niveau qui sera compilé dans les structures de données SDD déjà mentionnées.

- [1] R. Alur, C. Courcoubetis, T. A. Henzinger, and P.-H. Ho. Hybrid automata : an algorithmic approach to the specification and verification of hybrid systems. In *Proc. Workshop Hybrid Systems*, volume 736 of *LNCS*, pages 209–229. Springer, 1993.
- [2] F. Laroussinie, N. Markey, and Ph. Schnoebelen. Efficient timed model checking for discrete-time systems. *Theoretical Computer Science*, 353(1-3) :249–271, 2006.
- [3] Y. Thierry-Mieg, D. Poitrenaud, A. Hamez, and F. Kordon. Hierarchical set decision diagrams and regular models. In *Proc. 15th Int. Conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (TACAS'09)*, volume 5505 of *LNCS*, pages 1–15. Springer, 2009.
- [4] Y. Zhang, B. Bérard, Y. Thierry-Mieg, and F. Kordon. Automated Controllability and Synthesis with Hierarchical Set Decision Diagrams. In *Proc. 10th Int. Workshop on Discrete Event Systems (WODES'10)*, to appear.

Contact : Beatrice.Berard@lip6.fr

Dynamique des Systèmes Multi-Agents

Amal El Fallah Seghrouchni - Equipe SMA



Un Systèmes Multi-Agents (SMA) est une organisation d'agents autonomes et potentiellement hétérogènes évoluant dans un environnement partagé et dynamique. En tant que paradigme de conception, les SMA représentent (ex. gèrent, modélisent et/ou simulent) des systèmes matériels (comme c'est le cas dans le domaine de la robotique) ou (plus souvent) logiciels. La clé de voûte des SMA est le double mécanisme d'inférence dont disposent les agents. Ces derniers, et contrairement à d'autres paradigmes de conception comme les objets ou les composants, distinguent le niveau résolution de problème (ou réalisation de tâche) du niveau contrôle de la résolution. Ainsi, les agents peuvent agir, observer leurs actions et en changer le cours. Les principales caractéristiques des agents sont l'autonomie (un agent contrôle son état et ses actions indépendamment de toute intervention extérieure); la réactivité (un agent perçoit son environnement et réagit à ses changements) ; la pro-activité (un agent tend par lui-même à générer et à atteindre des buts) ; et la sociabilité (un agent interagit avec d'autres agents du système).

Au sein d'un SMA, les agents interagissent pour réaliser des comportements collectifs coopératifs (ex. résolution distribuée de problèmes) ou compétitifs (ex. formation de coalitions, enchères). Enfin, un SMA se déploie dans un environnement qui en impacte la dynamique.

La dynamique des SMA couvre plusieurs aspects :

- La dynamique de la structure du SMA, en tant qu'organisation, peut évoluer au cours du temps du fait de l'ouverture du SMA (arrivée et départ d'agents) et de l'évolution de besoins fonctionnels (création / suppression d'agents).
- La dynamique des liens d'interaction (accointances des agents) entre agents : des liens peuvent apparaître (arrivée ou création d'agents), d'autres peuvent disparaître (départ ou disparition d'agents) et ou se voir modifiés (ex. mobilité des agents).
- La dynamique de l'environnement du SMA : les changements de l'environnement sont perçus par les agents et pris en compte de façon incrémentale.

Pour capturer cette dynamique et les concepts introduits nous avons proposé un langage de programmation orientée agent appelé CLAIM qui reprend les fondements des SMA cognitifs et les étend par la mobilité locale (un agent se déplace au sein d'une hiérarchie) et distante (un agent peut migrer vers une autre hiérarchie). Ainsi un SMA est représenté par un ensemble d'hiérarchies distribuées sur plusieurs ordinateurs connectés en réseau, et un agent est un nœud dans une hiérarchie. Il est constitué d'éléments cognitifs (comme les buts, les croyances), des processus et des sous-agents.

(suite...)

RETOUR au SOMMAIRE ■

Au niveau agent, c'est la structure même de l'agent qui peut évoluer au cours du temps. Au-delà des changements des éléments cognitifs de l'agent (ex. connaissances, buts, préférences, plans, etc.), nos agents sont capables d'absorber d'autres agents (leurs sous agents) ou de façon duale, de se dissoudre dans leurs parents. Ainsi, un agent peut acquérir dynamiquement les connaissances, les capacités et les sous-agents des sous-agents qu'il absorbe. La mobilité des agents est enrichie par les mécanismes d'absorption et de dissolution permettant de reconfigurer dynamiquement un SMA.

L'intérêt du langage CLAIM est qu'il permet de représenter la concurrence et la migration (spécifiques aux calculs de processus) mais également de représenter des capacités cognitives des agents (spécifiques aux langages d'agents) rendant possible la programmation aisée de SMA sophistiqués (à la fois cognitifs, concurrents et mobiles). De plus, CLAIM est supporté par une plateforme SyMPA (système multi-plate-formes d'agents) qui permet de déployer un SMA développé en CLAIM sur un réseau de machines.

Depuis nos travaux sur CLAIM, nous avons souhaité étendre la notion de mobilité dans le cadre du projet SMAARA (Systèmes Multi-Agents Ambiants Robustes et Adaptatifs). Il s'agit cette fois-ci de considérer la mobilité des agents (la migration du code des agents), la mobilité des utilisateurs (déplacement des utilisateurs finaux dans un environnement pervasif) et la mobilité des supports d'exécution des agents (périphériques mobiles comme les PDA, les portables, etc.) peuplant un environnement pervasif et dont certains appartiennent aux utilisateurs.

Cette mobilité à plusieurs facettes peut être requise dans divers contextes applicatifs comme celui de l'intelligence ambiante qui nous intéresse plus particulièrement (prospective de l'équipe SMA – Rapport de l'AERES 2006). Notre modèle de SMA cognitifs est particulièrement adapté pour apporter la dimension cognitive et intelligente (grâce aux aptitudes de raisonnement, d'inférence, de planification et de décision des agents) nécessaire mais souvent manquante au domaine de l'intelligence ambiante. En retour, le domaine de l'intelligence ambiante pose de nombreux défis aux SMA.

Le projet SmaARA s'appuie sur des collaborations scientifiques nationales et internationales. Citons à titre d'exemples :

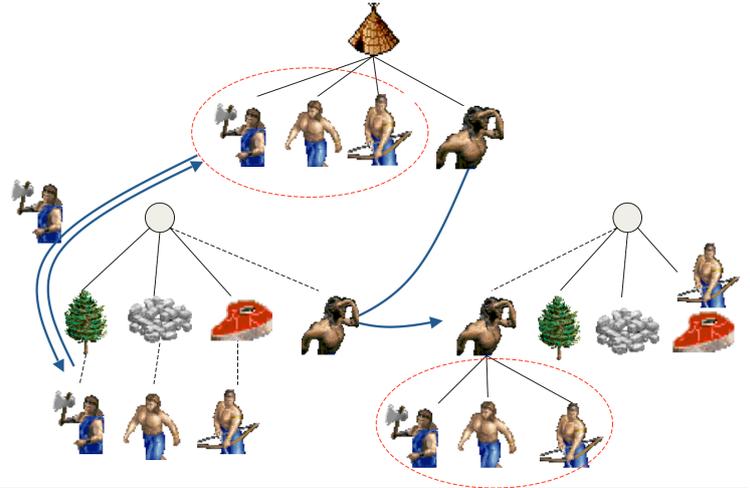
- le projet Syamisen (SYstem of Ambient Intelligence in Sensor Networks) visant à créer une synergie entre les technologies des SMA cognitifs et celles des réseaux de capteurs. Il est mené conjointement par l'équipe SMA du LIP6 et l'équipe du Professeur Honiden au NII à Tokyo et ce dans le cadre d'une collaboration Franco-Japonnaise (Memorandum of Understanding).
- le projet Campus (Context Aware Multi-agents for Pervasive and Ubiquitous Systems) est un projet STIC-AMSUD impliquant l'équipe SMA du LIP6, la Pontificia Universidade Católica (PUC-Rio), l'Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM - Chili) et Universidad Católica San Pablo (UCSP - Perou).

Pour conclure, j'aimerais signaler que cette présentation succincte ne présente qu'un aspect de la dynamique des SMA. Lors de la journée « systèmes dynamiques » du LIP6 d'autres aspects ont été présentés par l'équipe SMA. Vincent Corruble a présenté le projet Terra Dynamica et le rôle des agents dans ce projet pour peupler et animer l'environnement très dynamique des villes numérisées. Jean-Daniel Kant a présenté l'intérêt d'utiliser les SMA pour la simulation de systèmes complexes ; ce qu'il a illustré par les résultats obtenus en modélisant finement le marché du travail. Ces sujets feront l'objet de présentations détaillées sur les colonnes de ce journal.

Éléments de bibliographie :

- Amal El Fallah Seghrouchni. Titre du chapitre : « Les systèmes multi-agents ». Encyclopédie d'Informatique. Editeur Vuibert. 2007.
- Amal El Fallah-Seghrouchni. « Défis scientifiques de l'intelligence ambiante ». Conférence invitée au Colloque Intelligence Ambiante : Réalité augmentée, mondes virtuels, maison connectée, objets communicants. L'intelligence ambiante, la révolution du quotidien ». Décembre 2008 – EPITA. Paris
- Alexandru Suna and Amal El Fallah Seghrouchni. "Programming Mobile Intelligent Agents : An operational Semantics". In the WIAS (Web Intelligence and Agent Systems) International Journal, IOS press, 2006.
- Amal El Fallah Seghrouchni et Alexandru Suna. « CLAIM and SyMPA : A Programming Environment for Intelligent and Mobile Agents ». 4th Chapter of the book « Multi-Agent Programming : Languages, Platforms and Applications », (Kluwer Academic Publishers) Springer. Pages 95-122. July 2005.
- Viterbo, L. Mazuel, Y. Charif, M. Endler, N. Sabouret, K. Breitman, A. El Fallah Seghrouchni et J.-P. Briot. « Ambient intelligence : Management of distributed and heterogeneous context knowledge ». Chapitre de livre. In Context-Aware Self Managing Systems, CRC Studies in Informatics Series. Walteneagus Dargie (eds), Chapman & Hall.
- Rafael Bordini, Mehdi Dastani, Jürgen Dix and Amal El Fallah Seghrouchni (Editors). « Multi-Agent Programming : Languages, Platforms and Applications ». «International book series on Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations» edited by Gerhard Weiss. Springer. July, 2005.
- Rafael Bordini, Mehdi Dastani, Jürgen Dix and Amal El Fallah Seghrouchni (Editors). « Multi-Agent Programming : Languages, Tools and Applications ». Springer. May, 2009.

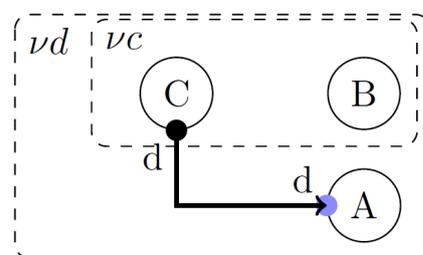
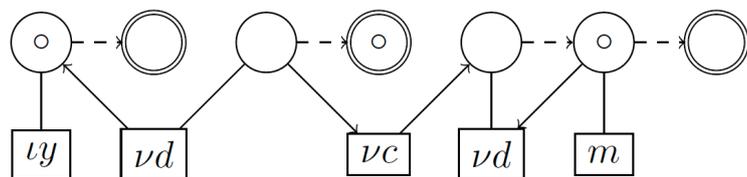
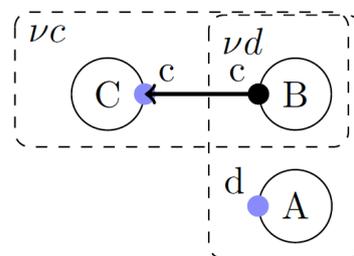
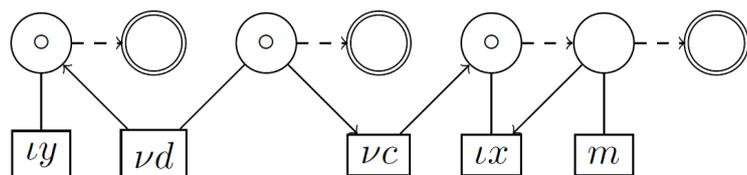
Age of Empires
Jeu illustrant la migration, l'absorption, la dissolution de CLAIM



Contact : Amal.Elfallah@lip6.fr

Le π -calcul est un langage et une théorie sous-jacente pour décrire et raisonner sur les systèmes **reconfigurables dynamiquement**. Ces systèmes sont formés de processus concurrents et communicants au travers de *canaux* de communication.

Considérons la partie droite de la figure ci-dessous, pour l'instant nous ignorons la partie gauche. Le système décrit est composé de trois processus A , B et C . Initialement, le processus B est en communication avec le processus C par l'intermédiaire du canal de communication identifié par c . La portée du nom de canal c est figurée par la boîte englobante nommée νc (pour *new c*). Ceci signifie que le canal c (ou plutôt son identificateur) n'est connu que des seuls processus B et C . Dans la deuxième étape, le processus B a transmis au processus C une référence d au canal de portée νd . Ce canal d , initialement connu de B et A uniquement est désormais aussi connu de C . Il y a donc eu reconfiguration dynamique : C s'est dynamiquement connecté à A . Nous pouvons constater ce fait par l'extension dynamique de la boîte νd pour englober à la fois A , B et C .



Les avantages du π -calcul sont nombreux. Tout d'abord, il s'agit d'un langage minimal, étonnamment concis et expressif permettant de caractériser très naturellement des phénomènes complexes. Autre atout : il n'est fait que très peu d'hypothèse sur la nature des processus et canaux : la théorie est applicable dans de nombreux domaines (programmation, mobilité, processus métiers, biologie, etc.). De plus, le formalisme est appuyé par un (très) large corpus théorique. En contrepartie, le langage est trop abstrait pour être exploitable en l'état : il faut l'enrichir ... ce qui conduit à de nombreuses variantes plus ou moins proches, un peu à l'instar du λ -calcul dont il s'inspire... difficile de s'y retrouver. Plus ennuyeux, il n'existe qu'une poignée d'outils de modélisation et/ou de programmation basés sur le π -calcul...

Au sein de l'équipe APR nous nous intéressons aux langages de programmation et aux formalismes associés permettant le développement de logiciel dans un soucis de sûreté et de robustesse. Pour cela, nous devons faire le lien entre l'expression des spécifications du logiciel, sa programmation proprement dite, et finalement son exécution. Dans nos travaux, nous utilisons le π -calcul comme formalisme pivot entre ces trois axes.

Du côté des spécifications nous proposons le modèle des π -graphes, une variante graphique du π -calcul élaborée en collaboration avec des chercheurs du laboratoire IBisc d'Evry et de l'Université Libre de Bruxelles. Nous pouvons voir sur la partie de gauche de la figure ci-dessus des exemples de π -graphes permettant de spécifier les interactions discutées précédemment. Le formalisme proposé possède de nombreuses caractéristiques intéressantes. En particulier nous avons développé des techniques de vérification permettant d'étudier des propriétés comportementales des π -graphes : détection automatique de *deadlock*, etc. Accessoirement, les π -graphes répondent (par la positive) à une question théorique délicate : est-il possible de caractériser des systèmes dynamiques dans un formalisme de réécriture statique (sans création/destruction de noeud ou d'arête) ?

Du côté du langage, nous proposons une machine abstraite - les π -threads - permettant de compiler et d'opérationnaliser une variante appliquée du π -calcul. Cette machine abstraite possède une caractéristique fondamentale : elle est essentiellement parallèle.

De plus, elle propose des solutions étonnamment simples et efficaces pour répondre aux problématique d'ordonnancement (en temps «quasi-constant») et de gestion automatique de la mémoire (GC). Pour ce dernier, nous adoptons une démarche originale : ne plus considérer le problème de gestion mémoire en tant que telle, mais le réinterpréter dans l'univers parallèle du π -calcul comme un problème de détection de terminaison partielle de processus ... un problème dont la solution est bien plus simple !

Quelques pointeurs

- le site des π -graphes : <http://lip6.fr/Frederic.Peschanski/pigraphs>
- le site des π -threads : <http://lip6.fr/Frederic.Peschanski/pithreads>

Contact : Frederic.Peschanski@lip6.fr

- Directeur de la publication : Patrick Gallinari
- Comité de rédaction : Chantal Perrichon, Pierre Sens
- Maquette : Frédéric Delvalle

RETOUR au SOMMAIRE ▣