



Un modèle de décision pour l'auto-adaptation des protocoles de communication

Nicolas van Wambeke, François Armando, Christophe Chassot, Ernesto Expósito

► To cite this version:

Nicolas van Wambeke, François Armando, Christophe Chassot, Ernesto Expósito. Un modèle de décision pour l'auto-adaptation des protocoles de communication. Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles (CFIP), Mar 2008, Les Arcs, France. hal-00250239

HAL Id: hal-00250239

<https://hal.science/hal-00250239>

Submitted on 11 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un modèle de décision pour l'auto-adaptation des protocoles de communication

Nicolas Van Wambeke — François Armando — Christophe Chassot
— Ernesto Expósito

University of Toulouse - LAAS-CNRS
Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes
7, av. du colonel roche, 31077 Toulouse Cedex 4
{van.wambeke, armando, chassot, exposito}@laas.fr

RÉSUMÉ. L'auto-adaptation des protocoles de communication est un enjeu majeur dans la conception des futurs services de l'Internet ambiant. Ceux-ci auront en effet à répondre aux besoins dynamiques d'applications complexes, mobiles et coopératives, distribuées dans des environnements réseaux hétérogènes, en partie sans fil et ad hoc, aux contraintes variables et évolutives. Dans ce nouveau contexte, dynamique à différents niveaux, les protocoles de bout en bout à architecture modulaire apparaissent comme un support privilégié pour l'auto-adaptation au contexte. Les contributions présentées dans cet article s'inscrivent dans cette approche et adressent le problème du choix d'architecture interne des protocoles auto configurables. Partant des propositions de protocoles à architecture modulaire issues des travaux de recherche actuels, nous proposons un modèle analytique pour guider le processus de décision, que nous confrontons ensuite, au travers d'un cas d'étude, à des mesures des performances réalisées sur une plateforme d'évaluation de protocoles à architecture configurable.

ABSTRACT. Self-adaptation of communication protocols is a major issue in the conception of future services for the ambient Internet. These protocols will have to provide adequate services to complex, mobile, cooperative application with dynamic requirements. These applications are distributed in highly heterogeneous environments, partially wireless and ad hoc with variable and evolutive constraints. In this highly dynamic context, end-to-end modular protocols appear to be well suited to support self-adaptation to the context. The contributions presented in this paper follow this approach and addresses the choice of internal architecture for modular protocols. We propose to guide adaptation by an analytical model. This model is then evaluated against simulation results.

MOTS-CLÉS : Auto-adaptation, protocoles auto-configurables, modèle analytique, Qualité de Service

KEYWORDS: Self-Adaptation, self-configurable modular protocols, analytical model, Quality of Service

1. Introduction

Ces dernières années ont vu une modification radicale du paysage de la communication informatique : les applications distribuées dans l'Internet manipulent à présent tous les types de médias (e.g. audio, vidéo, ...), et impliquent des utilisateurs interagissant en temps réel dans le cadre d'activités potentiellement complexes (e.g. travail collaboratif) ; parallèlement, l'arrivée à maturité des technologies réseau sans fil préfigure une *mobilité généralisée des utilisateurs*. Dans un futur proche, l'information devrait être diffusable beaucoup plus largement par une utilisation massive de processeurs embarqués : l'Internet sera alors extrêmement *diffus, mobile et hétérogène*, au moins à sa périphérie, autorisant la mise en œuvre d'*activités coopératives complexes, mobiles et sans fil*, telles que les opérations d'intervention d'urgence dans des environnements peu ou pas pré équipés en infrastructure réseau.

Dans ce futur *Internet ambient*, un enjeu de recherche majeur est de permettre aux applications et à leurs utilisateurs de disposer de *services de communication offrant des qualités de service (QoS) de bout en bout optimales* en fonction des ressources machine et réseau disponibles, dont les capacités et les performances ne sont pas connues à l'avance et sont potentiellement variables. Pour cela, il devient incontournable d'aborder la conception de protocoles de communication, et plus généralement de systèmes de communication, ayant des propriétés d'*auto-adaptation à la fois comportementales et architecturales*, vis à vis de la dynamique des besoins applicatifs/utilisateurs, et de la variabilité des contraintes machine et réseau.

Dans ce cadre, les solutions pour l'adaptation proposées dans la littérature diffèrent en plusieurs points, relatifs aux objectifs ciblés (QoS, sécurité, ...), aux niveaux considérés (Application, Transport, ...), aux actions d'adaptation et à leurs propriétés. En particulier, les *protocoles à architecture modulaire* se présentent comme un support privilégié pour l'auto-adaptation [BRI 01, EXP 03a, MOC 05, WON 01]. C'est ce contexte que nous considérons dans cet article en ciblant plus spécifiquement les protocoles de bout en bout (niveau Transport).

Une difficulté majeure, sans solution générique à l'heure actuelle, est d'assurer la cohérence des choix d'adaptation à l'intérieur de chaque niveau et entre ces niveaux. Aborder le problème par le biais de modèles informels conduit à des solutions généralement peu évolutives (car associées à un contexte spécifique), et potentiellement sous optimales de part la complexité du problème. Face à ces limites, *guider l'adaptation par des modèles formels* est une approche prometteuse [FAR 06, LAN 04], en particulier étudiée au LAAS pour l'adaptation architecturale des protocoles de bout en bout, de niveau application, middleware et transport [CHA 06]. Les contributions présentées dans cette article prolongent ces travaux en abordant le problème du choix d'architecture interne des protocoles de transport dynamiquement configurables. Partant des propositions de protocoles à architecture modulaire issues des travaux de recherche actuels, nous proposons un modèle formel pour guider le processus de décision, que nous confrontons ensuite, au travers d'un cas d'étude, à des mesures réalisées sur une plate-forme d'évaluation des performances d'une composition de micro protocoles.

La suite de cet article est structurée comme suit : la section 2 propose un état de l'art des solutions d'adaptation, en particulier celles concernant les protocoles à architecture modulaire. La section 3 présente la contribution sur le modèle de décision pour l'*auto-adaptation*. La section 4 présente le cas d'étude et les mesures réalisées.

2. État de l'art

Les propositions de solutions pour l'adaptation au contexte sont multiples. Nous les avons étudiées et classifiées dans [CHA 06]. Nous résumons tout d'abord cette classification (section 2.1), puis nous détaillons les propositions d'architectures modulaires pour les protocoles de bout en bout auto configurables.

2.1. Classification des propositions pour l'adaptation au contexte

Les propositions pour l'adaptation au contexte diffèrent en plusieurs points, relatifs aux objectifs ciblés, aux niveaux considérés, aux actions d'adaptation, et aux propriétés de ces actions (voir Figure 1). Faute de place, nous ne détaillons ici que les propriétés de l'adaptation. Le lecteur est invité à consulter [CHA 06] pour disposer de l'état de l'art complet.

Comportementale vs. Architecturale. L'adaptation peut être guidée par des règles de transformation *comportementale* (ou algorithmique) ou *architecturale*.

L'adaptation est comportementale lorsque le comportement des composants est paramétrable ou modifiable. TCP et [AKA 04, WU 05] fournissent des exemples d'adaptation comportementale. La structure interne des composants n'est pas modifiée, ce qui facilite l'implantation mais limite la capacité d'adaptation vis à vis de l'ajout de nouveaux composants, non initialement prévus : pour cela, il est nécessaire de recompiler le composant et l'adaptation ne peut se faire en temps réel ; l'adaptation est dite *design time*.

L'adaptation est architecturale lorsque la structure interne du composant peut être modifiée. [EXP 03b, MIR 01, WON 01] ciblent par exemple la conception d'un protocole de bout en bout dont la structure interne est constituée de modules protocolaires composables dynamiquement en fonction du contexte. Nous détaillons plus avant cette approche dans la section (2.2). L'adaptation architecturale est dite *run time* lorsque la reconfiguration peut être effectuée durant la communication.

Vertical vs. Horizontal. L'adaptation peut concerner un composant local à une machine ou distribué entre plusieurs machines (typiquement, un module protocolaire).

Dans le premier cas, l'adaptation est qualifiée de *verticale*. Dans le second cas, l'adaptation est *horizontale*, et soulève des problèmes de synchronisation des entités adaptatives paires. [BRI 01] propose un premier modèle de protocole pour gérer cette synchronisation.

Classification		
Objectifs	QoS, sécurité, optimisation de ressources, ...	
Actions	Application	Contrôle de débit par encodage, contrôle d'erreur par FEC [WU 01] [YU 03]
	Middleware	Intergiciels réflexifs [KON 02]
	Transport	Contrôle d'erreur partiellement fiable [AME 94] Contrôle de congestion configurable [FLO 04] [AKA 04] Composition de micro protocoles [BRI 01] [WON 01] [EXP 03] [MOC 05] ...
	Réseau	Routage orienté QoS [DAS 04] et [LEI 05] Configuration de services IP sécurisés [PER 04], ...
	MAC	Handover vertical orienté QoS [BAL 04] [KAL 06], ...
Propriétés	<i>Comportementale</i> [WU 01] [AKA 04] vs. <i>architecturale</i> [WON 01] [MIR 01] [EXP 03b] <i>Horizontale</i> [BRI 01] [MOC 05] [EXP 03b] vs. <i>verticale</i> [DAS 04] et [LEI 05] <i>Run time</i> vs. <i>design time</i>	

Figure 1. Classification des solutions d'adaptation

2.2. Les protocoles à architecture modulaire

Les protocoles à architecture dynamiquement composable ou modulaire sont basées sur la notion de *module protocolaire*. Il s'agit d'une *brique primitive* [HUT 91] résultant de la décomposition de la complexité d'un protocole en une succession d'actions élémentaires (i.e. contrôle de congestion, contrôle d'erreur, ...). Dans ces architectures, un protocole résulte de la composition de plusieurs modules protocolaires concourant à la réalisation d'un service spécifique, adapté au contexte.

Ces architectures sont décomposables en deux approches : Coyote [BHA 98] et Cactus [BHA 99] suivent un modèle de gestion basé sur les événements, adapté aux traitements ponctuels tels que l'expiration de timer ; X-Kernel [HUT 91] et APPIA [MIR 01] sont régis par un modèle hiérarchique plus proche du modèle ISO et mieux adapté aux traitements systématiques (portant sur chaque paquet) [MEN 03].

Issue de nos travaux, l'architecture ETP [EXP 03a] suit une approche hybride tirant profit des deux approches précédentes par une décomposition des traitements en plusieurs plans (i.e. données, contrôle), optimisés en fonction des modules protocolaires qu'ils accueillent.

Ces nouvelles architectures sont de bons supports pour l'*auto-adaptation* mais dans l'état actuel, elles ne supportent qu'une adaptation architecturale *design-time* permettant de faire évoluer les fonctionnalités du protocole par ajout ou spécialisation de modules lors de la conception. Nos travaux actuels visent à concevoir des protocoles capables d'une adaptation architecturale *run-time*, c'est à dire pour lesquels la composition de modules est déployée dynamiquement en début de communication et peut être modifiée en cours de communication.

L'adaptation architecturale *run-time* soulève plusieurs problèmes :

- la synchronisation des entités paires est nécessaire pour une adaptation *horizontale* [BHA 99] ;
- le remplacement d'un module protocolaire par un autre (rendu possible par les évolutions récentes des langages objets) soulève des problèmes de performances [WON 01] ;

- enfin, le choix de la composition à instancier est un problème ouvert. L'objectif est de déterminer la composition de modules protocolaires qui réponde au mieux aux besoins de l'utilisateur et aux contraintes de l'environnement de communication.

C'est ce dernier problème que nous abordons dans cet article, en mettant l'accent sur l'adaptation des protocoles auto-configurables aux variations des contraintes du réseau.

3. Contribution

Face au problème précédent, nous présentons ci-après un modèle formel pour guider le processus du choix de composition. Un premier modèle, dit *de composition* a pour but de délimiter l'espace de recherche utilisé par un second modèle, dit *de décision*, qui a pour but d'automatiser le processus.

3.1. Modèle de composition

Le modèle de composition a pour but de définir les conditions de la validité d'un assemblage de modules protocolaires. Dans ce qui suit, ce modèle est instancié au regard des informations échangées entre les modules. En effet, bien que les modules soient indépendants (ils ont un fonctionnement propre), il est fréquent que leur fonctionnement requiert des informations produites par d'autres modules de la composition (sous la forme de variables partagées).

Définition : Soit A , un module défini par $A = [A^P A^R]$, avec :

A^P , le vecteur des publications de A tel que $A_i^P = \begin{cases} 1 & \text{si } A \text{ publie la variable } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

A^R , le vecteur des besoins de A tel que $A_i^R = \begin{cases} 1 & \text{si } A \text{ requiert la variable } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

Soit $C = \{(A)_1, \dots, (A)_k, \dots, (A)_N\}$ une composition de N modules partageant de l'information via M variables partagées. Il vient alors :

$$C \text{ est dite valide} \Leftrightarrow \begin{cases} \sum_{k=1}^N (A_i^P)_k \leq 1 & \forall i \in [1..M] \\ \sum_{k=1}^N (A_i^P)_k > 0 & \forall i \text{ tq } \sum_{k=1}^N (A_i^R)_k > 0 \end{cases} \quad [1]$$

La première condition permet de garantir l'absence de conflit dans la publication des variables, dans le sens où elle empêche deux modules d'une même composition de publier la même variable, et en garantit ainsi la cohérence. La seconde condition permet de vérifier que toute variable déclarée requise par au moins un module est publiée par un autre. Elle permet de garantir que tous les modules instanciés dans C ont à leur disposition les informations dont ils ont besoin pour fonctionner.

Ce modèle peut être étendu pour prendre en compte d'autres éléments (i.e. interdépendance des modules, ordre d'instanciation, ...) par ajout de nouvelles contraintes au système [1].

3.2. Modèle de décision

Le modèle de décision vise à modéliser le processus de choix d'une composition parmi P dans le but de maximiser l'efficacité perçue par l'utilisateur (déclinable par exemple en termes de QoS, niveau de sécurité, ...).

Définition : Soit A^E le vecteur d'efficacité associé à un module protocolaire A . On note A_c^E l'évaluation obtenue pour le module protocolaire A dans le contexte réseau c . Si deux modules protocolaires (A et B) sont évalués dans le même contexte et que A se montre plus efficace que B (au regard de critères de succès préalablement établis), alors l'inégalité $A_c^E > B_c^E$ est vérifiée.

Ainsi, pour un contexte donné c , le problème du choix d'une combinaison de modules protocolaires donnant les meilleures performances consiste à choisir $C = \{(A)_1, \dots, (A)_k, \dots, (A)_N\}$ comme étant la solution au problème d'optimisation suivant :

$$\begin{aligned} \max \quad & (E = \sum_{k=1}^N (A_c^E)_k) \quad [2] \\ \text{sous} \quad & \begin{cases} \sum_{k=1}^N (A_i^P)_k \leq 1 & \forall i \in [1..M] \\ \sum_{k=1}^N (A_i^P)_k > 0 & \forall i \text{ tq } \sum_{k=1}^N (A_i^R)_k > 0 \\ \min(\sum_{i=1}^M (\sum_{k=1}^N (A_i^P)_k - \sum_{k=1}^N (A_i^R)_k)_i) \end{cases} \end{aligned}$$

La solution C retenue sera celle qui, tout en maximisant l'efficacité, respectera les contraintes de validité du modèle de composition.

Dans le système d'équation ci-dessus, une nouvelle contrainte apparaît, qui permet, dans le cas où deux solutions C ont la même efficacité, de choisir celle qui a le coût le moins élevé en termes de variables publiées sans être requises par d'autres modules (i.e. minimisation de l'utilisation mémoire pour l'embarqué). Cette troisième équation illustre comment le modèle peut être enrichi par l'ajout de contraintes permettant de le spécialiser en fonction de critères propres au domaine d'application, ou émanantes de l'utilisateur (i.e. le module de chiffrement *3DES* doit être activé).

Note : Dans cette première phase de nos travaux, nous faisons l'hypothèse que les modules sont indépendants en performance, c'est à dire que la présence ou l'absence d'un module B n'influe pas sur les performances d'un module A . Cette hypothèse sera reconsidérée dans nos travaux futurs.

4. Étude de cas

Afin d'illustrer l'intérêt du modèle, nous présentons ci-après une étude comparative de différentes compositions valides dans l'ensemble de modules $D = \{M_1, M_2, M_3\}$. L'objectif est d'optimiser la QoS dans un contexte de réseau sans fil IEEE 802.11e.

4.1. Présentation fonctionnelle des modules

Module M_1 : Le module *QoSOptimizer* a pour but d'optimiser la QoS perçue par l'utilisateur pour un flux multimédia en fonction du niveau de congestion du réseau et des besoins en QoS des flux transportés. Ce mécanisme opère en supprimant de façon sélective certains ADUs¹ lorsque le débit d'émission maximum autorisé (reflet du niveau de congestion) devient trop faible pour que le flux complet soit transmis sans engendrer une augmentation inacceptable du délai.

Module M_2 : RateControl est un module spécifique réalisant la mise en forme du trafic selon un mécanisme de contrôle de congestion suivant l'algorithme TFRC (*TCP Friendly Rate Control*) [HAN 03]. TFRC est un contrôle de congestion, qui à partir d'une équation, permet de calculer le débit maximum autorisé sur la base du taux de pertes et du débit observés par le récepteur d'un flux. Suivant la spécification de TFRC, tout le trafic dépassant la limite calculée est retardé en conséquence.

Module M_3 : Le module *QoS Adapter* est spécifique aux environnements IEEE 802.11e. Ce standard définit quatre catégories d'accès au canal de communication qui ont chacune une probabilité différente de pouvoir émettre des données afin de privilégier les flux les plus prioritaires vis à vis du trafic de fond moins prioritaire. L'utilisation du *QoS Adapter* permet de classer les paquets en leur assignant une catégorie d'accès en fonction de la nature applicative des flux véhiculés suivant les recommandations du standard IEEE 802.11e. La vidéo se voit ainsi attribuer un débit supérieur au trafic moins prioritaire.

4.2. Présentation analytique des modules

La communication entre modules se fait par le biais de trois variables partagées : *frameType*, *maxSendingRate* et *availableAccessCategories* respectivement publiées par les modules M_1 , M_2 , et M_3 et requises par M_3 et M_1 . Il est ainsi possible de définir les matrices M_i^P suivantes :

$$M_1^P = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad M_2^P = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad M_3^P = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad M_1^R = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad M_2^R = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad M_3^R = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Par application du modèle de composition, on réduit $M' = \{M_1, M_2, M_3, M_1M_2, M_1M_3, M_2M_3, M_1M_2M_3\}$ l'ensemble des compositions possibles, en $M = \{M_2, M_1M_2, M_1M_2M_3\}$ l'ensemble des compositions valides compte tenu des valeurs ci-dessus.

1. Application Data Unit

4.3. Efficacité

A partir des descriptions fonctionnelles précédentes, les matrices d'efficacité M_i^E pour les modules considérés dans les contextes IEEE 802.11 non chargé (M_i^E)₁, IEEE 802.11 chargé (M_i^E)₂, IEEE 802.11e non chargé (M_i^E)₃ et IEEE 802.11e chargé (M_i^E)₄ peuvent être établies. L'évaluation d'un module protocolaire pour un certain contexte est un problème à part entière que nous n'aborderons pas ici ; cependant nous faisons l'hypothèse que cette évaluation a conduit aux valeurs suivantes :

$$M_i^E = \begin{pmatrix} 802.11 & nc \\ 802.11 & c \\ 802.11e & nc \\ 802.11e & c \end{pmatrix} \quad M_1^E = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} \quad M_2^E = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} \quad M_3^E = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

A des fins d'illustration, les valeurs données découlent du raisonnement suivant : le contrôle de congestion et l'optimisation de la QoS sont plus efficaces dans le contexte d'un réseau congestionné que d'un réseau non chargé. De plus, le module propre à IEEE 802.11e n'a aucune influence hors du contexte pour lequel il a été conçu. Notons que ce type de comparaison va dans le sens d'études menées dans d'autres contextes réseaux [CEN 03].

4.4. Expérimentation

Pour confronter les résultats du modèle au contexte réseau ciblé (IEEE 802.11e), les compositions valides (M) ont été instanciées sur la plate-forme de simulation présentée figure 2. Leurs performances ont été évaluées pour le transfert d'un flux multi-média encodé en H.263 dont le profil de trafic est donné figure 2.

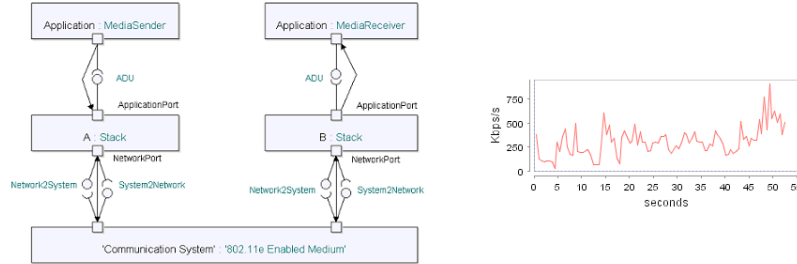


Figure 2. Architecture considérée pour les expérimentations et profil de trafic de la vidéo

L'évaluation des performances de ces compositions a été réalisée à l'aide d'une métrique applicative utilisée pour le codage vidéo : le *PSNR*.

Peak Signal Noise Ratio

Le PSNR permet de mesurer la qualité de présentation d'un flux vidéo transmis (potentiellement dégradé par rapport au flux émis). Le PSNR est défini comme suit.

Soient A et B les matrices de luminance de deux images vidéo (de dimensions $p \times q$) correspondant au même instant, respectivement sur la vidéo initiale (A) et sur la vidéo reçue (B). Étant donnée Y_{max} la valeur maximale de la luminance (dépendante de la représentation binaire choisie, généralement 255), la formule du PSNR est donnée par l'équation [3].

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{Y_{max}^2}{\frac{1}{pq} \sum_{i=0}^{p-1} \sum_{j=0}^{q-1} (A_{ij} - B_{ij})^2} \right) \quad [3]$$

Ainsi, plus A et B sont proches (autrement dit, moins B est dégradée), plus la valeur du PSNR est élevée. Une valeur infinie traduit la restitution parfaite de l'image.

Modèle de réseau IEEE 802.11e

La simulation du réseau IEEE 802.11e est basée sur l'analyse des performances réalisée dans [HUA 05]. Dans cette étude, un modèle basé sur les chaînes de markov est utilisé pour décrire le mode EDCA (Enhanced DCF Channel Access) de IEEE 802.11e.

Cette étude montre l'existence d'un débit maximal pour chaque catégorie d'accès lorsque le système évolue à saturation (i.e. avec au moins un paquet à émettre pour chaque catégorie d'accès à tout instant). Dans tous les scénarii suivants, le réseau est considéré comme étant saturé par de nombreux flux dans les catégories « vidéo » et « best effort », de sorte qu'un nouveau flux bénéficie d'un débit maximum de 150Kbps pour la catégorie « best effort » et de 300Kbps pour la catégorie « vidéo ».

4.4.1. Scénarii considérés

Les différents scénarii sont synthétisés par la figure 3. Le but est d'évaluer chacune des compositions possibles et de confronter les résultats obtenus à la solution obtenue analytiquement au problème [2].

4.5. Résultats

4.5.1. Résultats obtenus par le biais du modèle

Si l'on considère le problème de décision défini par [2], toutes les compositions de M respectent les deux premières contraintes (qui sont les contraintes de validité [1] ayant servi pour la réduction de M'). Nous cherchons donc à évaluer l'efficacité pour chaque élément de M . Il vient $E(M_2)_4 = 2$, $E(M_2 M_3)_4 = 4$, $E(M_1 M_2 M_3)_4 = 6$. Étant donné qu'il n'existe pas deux compositions à efficacité égale, nous ne cherchons pas à minimiser le coût des publications selon la troisième contrainte de [2].

Il ressort ainsi que la composition $M_1 M_2 M_3$ est la plus adaptée au contexte.

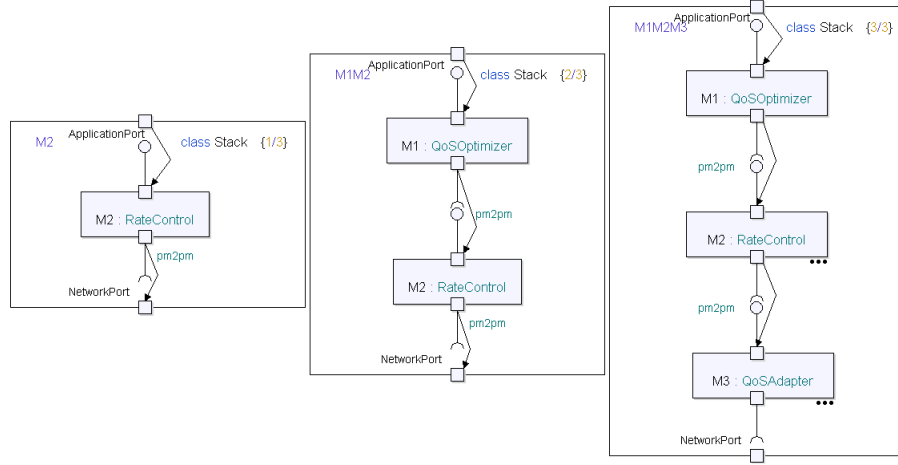


Figure 3. Scenarii de test : Composition de l'élément Stack

4.5.2. Résultats obtenus par simulation

Les résultats obtenus pour les trois scénarii sont présentés dans le tableau 1.

Pour chaque transmission, la part des images dont le calcul du PSNR retourne une valeur infinie (i.e. images non altérées par la transmission) est donnée conjointement à la valeur moyenne du PSNR. Cette valeur est calculée sur les images pour lesquelles le PSNR est fini. Elle rend compte, dans le cas où la présentation n'est pas parfaite, de la qualité moyenne de celle-ci.

Composition	PSNR moyen (dB)	Images parfaites (%)
M_2	13,39	12
$M_1 M_2$	15,51	14
$M_1 M_2 M_3$	23,61	44

Tableau 1. Synthèse des résultats de simulation pour chaque composition

De cette étude, il est possible de voir que la composition comprenant uniquement M_2 fournit les moins bonnes performances, aussi bien en termes d'images parfaites (12%) que pour le PSNR moyen. La composition $M_1 M_2$ présente des performances intermédiaires, en effet, davantage d'images sont acheminées sans subir de distortion (14%) et la présentation des autres images (dégradées) est légèrement améliorée (15,51dB). Enfin, lorsque l'on évalue la composition $M_1 M_2 M_3$, il apparaît que le nombre d'images parfaitement reçues est bien supérieur aux deux cas précédents (44%), et que les images dégradées présentent, globalement, une nette amélioration de qualité avec un PSNR moyen de l'ordre de 23,61dB.

De ces résultats, il apparaît donc que la réponse fournie au problème de décision [2], $M_1M_2M_3$ correspond au meilleur choix possible parmi les compositions de M .

5. Conclusion & Perspectives

Dans cet article, nous avons présenté un modèle analytique permettant de guider le processus de choix de composition d'architecture interne des protocoles dynamiquement configurables pour l'adaptation au contexte. Ce modèle a été appliqué à un contexte de réseau sans fil IEEE 802.11e, et confronté à des résultats de simulations menées pour l'ensemble des compositions de modules protocolaires candidates.

Les résultats obtenus ont montré que le modèle conduisait à la production de compositions valides dont le classement s'est avéré pertinent au regard des résultats de simulation.

Le modèle est paramétré par des critères d'efficacité des modules protocolaires, dont la valeur est essentielle pour garantir la pertinence de la décision. L'obtention de ces critères fait actuellement l'objet de nombreux travaux de recherche dans le domaine des protocoles (i.e. améliorations de TCP, *benchmarks* de DCCP, ...). L'un des points délicats concerne la caractérisation et la prise en compte de l'influence (positive ou négative) que peut avoir un module sur un autre en termes de performances.

Les perspectives directes de nos travaux visent à enrichir le modèle pour prendre en compte ces dépendances, non considérées jusque là. Par ailleurs, nous intégrerons également la prise en compte des besoins applicatifs dans l'optique de cibler une adaptation à un contexte dynamique à deux niveaux (besoins applicatifs d'une part et environnement réseau d'autre part).

6. Remerciements

Ces travaux sont actuellement menés dans le cadre du projet européen NetQoS (<http://www.netqos.eu>)

7. Bibliographie

- [AKA 04] AKAN O. B., AKYILDIZ. I. F., « ATL : An Adaptive Transport Layer Suite for Next-Generation Wireless Internet. », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. Vol. 22, n° No. 5, June 2004, p. 802-817.
- [AME 94] AMER P., CHASSOT C., CONNOLLY C., CONRAD P., DIAZ M., « Partial Order Transport Service for Multimedia and other Applications », *IEEE ACM Transactions on Networking*, vol. vol.2, no. 5, October 1994.
- [BAL 04] BALASUBRAMANIAM S., INDULSKA J., « Vertical handover supporting pervasive computing », *Elsevier Computer Communication Journal, Special Issue on 4G/Future Wireless networks*, vol. vol. 27/8, 2004, p. 708-719.

- [BHA 98] BHATTI N. T., HILTUNEN M. A., SCHLICHTING R. D., CHIU W., « Coyote : a system for constructing fine-grain configurable communication services », *ACM Transactions on Computer Systems*, vol. 16, n° 4, 1998, p. 321–366.
- [BHA 99] BHATTI N., SCHLICHTING R., « Configurable Communication Protocols for Mobile Computing », *The Fourth International Symposium on Autonomous Decentralized Systems*, 1999, p. 220-227.
- [BRI 01] BRIDGES P. G., CHEN W.-K., HILTUNEN M. A., SCHLICHTING R. D., « Supporting Coordinated Adaptation in Networked Systems », *8th Workshop on Hot Topics in Operating Systems (HotOS-VIII)*, Elmau, Germany, May 2001.
- [CEN 03] CEN S., COSMAN P., VOELKER G., « End-to-end differentiation of congestion and wireless Losses », *ACM Multimedia Computing and Networking*, 2003.
- [CHA 06] CHASSOT C., GUENNOUN K., DRIRA K., ARMANDO F., EXPOSITO E., LOZES A., « Towards Autonomous Management of QoS through Model-Driven Adaptability in Communication-Centric Systems », *International Transactions on Systems Science and Applications*, vol. 2, n° 3, 2006, p. 255-264.
- [CHE 05] CHEN L., W.B. H., « QoS-aware routing based on bandwidth estimation for mobile ad hoc network », *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. Volume 23, Issue 3, March 2005, p. 561-572.
- [DAS 04] DASILVA L. A., MIDKIFF S. F., PARK J. S., HADJICHRISTOFI G. C., DAVIS N. J., PHANSE K. S., LIN T., « Network Mobility and Protocol Interoperability in Ad Hoc Networks », *IEEE Communications Magazine*, vol. Volume 42, Issue 11, November 2004, p. 88-96.
- [EXP 03a] EXPOSITO E., DIAZ M., SENAC P., « FFTP : the XQoS aware and fully programmable transport protocol », *11th IEEE International Conference on Networks (ICON'2003)*, Sydney (Australie) - pp.249-254, 28 September - 1st October 2003.
- [EXP 03b] EXPOSITO E. J., « Spécification et Mise en oeuvre d'un protocole de Transport orienté Qualité de Service pour les applications Multimédias », PhD thesis, Institut National Polytechnique de Toulouse, spécialité Réseaux et Télécommunications, 2003.
- [FAR 06] FARKAS K., WELLNITZ O., DICK M., GU X., BUSSE M., EFFELSBERG W., REBAHI Y., SISALEM D., GRIGORAS D., STEFANIDIS K., SERPANOS D., « Real-time service provisioning for mobile and wireless networks », *Elsevier Computer Communication Journal*, vol. Vol. 29, No. 5, march 2006, p. 540-550.
- [FLO 04] FLOYD S., KOHLER E., « Profile for DCCP Congestion Control ID 3 : TFRC Congestion Control », rapport, December 2004, Internet Draft.
- [HAN 03] HANDLEY M., PAHDYE J., FLOYD S., , WIDMER J., « TCP Friendly Rate Control (TFRC) : Protocol Specification », Internet draft draft-ietf-tsvwg-tfrc02. txt, work in progress, January 2003.
- [HUA 05] HUA Z., CHLAMTAC I., « Performance analysis for IEEE 802.11e EDCF service differentiation », *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 8, 2005, p. 1779-1788.
- [HUT 91] HUTCHINSON N. C., PETERSON L. L., « The x-Kernel : An Architecture for Implementing Network Protocols », *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 17, n° 1, 1991, p. 64–76, IEEE Computer Society.
- [KAL 06] KALOXYLOS A., LAMPROPOULOS G., PASSAS N., MERAKOS L., « A flexible handover mechanism for seamless service continuity in heterogeneous environments », *El-*

- sevier Computer Communications*, vol. Volume 29, Issue 6, 31 March 2006, p. 717-729.
- [KON 02] KON F., COSTA F., BLAIR G., CAMPBELL R. H., « The case for reflective middleware », *Commun. ACM*, vol. 45, n° 6, 2002, p. 33-38, ACM Press.
- [LAN 04] LANDRY R., GRACE K., SAIDI A., « On the Design and Management of Heterogeneous Networks : A Predictability-Based Perspective », *IEEE Communications Magazine*, vol. Volume 42, Issue 11, November 2004, p. Page(s) :80 - 87.
- [MEN 03] MENA S., CUVELLIER X., GRÉGOIRE C., SCHIPER A., « Appia vs. Cactus : Comparing Protocol Composition Frameworks », *Proceedings of the 22nd Symposium on Reliable Distributed Systems (2003)*, 2003.
- [MIR 01] MIRANDA H., PINTO A., RODRIGUES L., « Appia : A Flexible Protocol Kernel Supporting Multiple Coordinated Channels », *Proc. 21st International conference on Distributed Computing Systems (ICDCS-21)*, (Phoenix, Arizona, USA), 2001, p. 707-710.
- [MOC 05] MOCITO J., ROSA L., ALMEIDA N., MIRANDA H., RODRIGUES L., LOPES A., « Context Adaptation of the Communication Stack », *Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW'05)*, Columbus, OH, USA, June 2005, Columbus.
- [PER 04] PEREZ G., SKARMETA A. G., « Policy-Based Dynamic Provision of IP Services in a Secure VPN Coalition Scenario », *IEEE Communications Magazine*, vol. Volume 42, Issue 11 :, November 2004, p. 118 - 124.
- [WON 01] WONG G. T., HILTUNEN M. A., SCHLICHTING R. D., « A Configurable and Extensible Transport Protocol », *Proceedings of INFOCOM*, Anchorage, Alaska, USA, April 2001, p. 319-328.
- [WU 01] WU D., HOU Y. T., ZHU W., « Streaming Video over the Internet : Approaches and Directions », *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. vol. 11, no. 1, February 2001.
- [WU 05] WU R., CHIEN A., HILTUNEN M., SCHLICHTING R., SEN S., « A High Performance Configurable Transport Protocol for Grid Computing », *Proceedings of the Fifth IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid 2005)*, Cardiff, Wales, 2005.
- [YU 03] YU F., ZHANG Q., ZHU W., ZHANG Y.-Q., « QoS-adaptive proxy caching for multimedia streaming over the Internet », *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. Volume 13, Issue 3, March 2003, p. 257 - 269.

Annexe pour le service de fabrication

Article pour les actes :

CFIP 08

Auteurs :

*Nicolas Van Wambeke — François Armando — Christophe Chassot —
Ernesto Expósito*

Titre de l'article :

Un modèle de décision pour l'auto-adaptation des protocoles de communication

Titre abrégé :

Protocoles auto-configurables

Traduction du titre :

A decision model for communication protocol's self-adaptation

Date de cette version :

8 février 2008

Coordonnées des auteurs :

- téléphone : 05.61.33.69.07
- télécopie : 05.61.33.64.11
- Email : van.wambeke@laas.fr

Logiciel utilisé pour la préparation de cet article :

$\LaTeX$, avec le fichier de style `article-hermes.cls`,
version 1.10 du 17/09/2001.

Formulaire de copyright :

Joindre le formulaire de copyright signé, récupéré sur le web à l'adresse
<http://www.hermes-science.com>