

Thématiques de recherche

Contexte

La complexité croissante des systèmes informatiques rend l'analyse, l'évaluation des performances et la garantie de bon fonctionnement de plus en plus nécessaire. De plus, la prolifération de nouvelles applications et services, de nouveaux supports de transmissions et nouveaux équipements met la qualité de service (QoS) au coeur du développement de ces systèmes. L'évaluation des performances devient une tâche essentielle afin de vérifier les contraintes de QoS. Cependant les modèles des systèmes réels sont complexes et de très grande taille. Il n'est donc pas possible d'utiliser les techniques d'évaluations de performance existantes sans aucune modification. Il convient donc de les adapter aux problèmes de complexité actuelle. En premier lieu, il s'agit d'analyser parmi les techniques, lesquelles seront appropriées aux modèles. Une autre approche consiste à développer de nouvelles techniques qui tirent profit de la structure particulière de certains modèles. Enfin une validation expérimentale est indispensable afin de mesurer les gains en complexité obtenus dans des cas réels. Nous présentons quelques résultats sur nos contributions en termes de modélisation, évaluation et vérification quantitative tout en donnant nos applications dans les domaines des réseaux filaires et sans fil et dans les architectures de services Web.

Contributions

Modélisation.

La difficulté des systèmes informatiques, réseaux actuels et des nouvelles technologies logicielles est tout d'abord de trouver des outils qui permettent de construire des modèles qui reproduisent le plus fidèlement possible ces systèmes réels et ensuite de trouver des méthodes adaptées pour la résolution. Dans nos travaux de recherche, nous avons utilisé les réseaux de files d'attente [Ri13, Ri12, Ri9, Ci51, Si38, Ri6, Rn3, Ci35, Si34, Ri5, Ri4, Si27, Ci25] et les réseaux de Petri stochastique [Ri15, Ri10, Ci44, Ci35] pour lesquels de nombreux résultats existent dans la littérature. Nous avons également utilisé les Réseaux d'Automates Stochastiques (RAS) qui permettent de modéliser efficacement le comportement dynamique d'un système en spécifiant l'ensemble de toutes les transitions possibles entre les différents états de ce système [Ri11, Ci48, Ci47, Ri7, Si31, Ci28]. Ils ont été introduits par Brigitte Plateau. Ce formalisme permet de représenter certains systèmes plus simplement qu'à l'aide de réseaux de file d'attente ou de réseaux de Petri stochastiques. De plus il existe des formules compactes basées sur les produits et les sommes tensoriels pour le générateur ou la matrice de transition du système. Un outil nommé PEPS (Performance Evaluation of Parallel Systems) permet le calcul de la distribution stationnaire sans construire la chaîne de Markov.

Méthode stochastique.

La théorie des ordres stochastiques a engendré de nombreux travaux sur le calcul de bornes. Ainsi la borne inférieure maximale et la borne supérieure minimale d'une chaîne de Markov par une chaîne st-monotone existent et peuvent être efficacement calculées. Nous avons utilisé cette méthode dans de nombreux travaux avec des applications aux réseaux fixes et sans fils [Ri9, Ri10] et dans les architectures de services Web [Ri12, Ri9, Si38, Rn3, Ri14].

Vérification quantitative.

La vérification quantitative consiste à d'une part, définir une logique probabiliste ou stochastique et, d'autre part, concevoir un algorithme qui calcule la probabilité de satisfaction d'une formule de cette logique par un modèle (en général markovien). La logique la plus connue pour les chaînes de Markov à temps continu est CSL (Continuous Stochastic Logic). Nous avons également proposé un algorithme basé sur la comparaison stochastique pour vérifier des formules sur une chaîne de Markov multidimensionnelle en temps continu. Ces formules sont exprimées en CSL qui dispose de moyens d'exprimer des mesures de performance à l'état stationnaire ou transitoire. Nous avons proposé un algorithme pour le model checking qui permet de construire des modèles bornants, ensuite de vérifier des contraintes sur ces modèles bornants qui sont plus simples (espace d'états réduit) que sur le modèle exact [Si27]. Nous avons également exprimé des propriétés de vérifications quantitatives dans les architectures de services Web [Ci51].

Analyse de systèmes non Markoviens.

Nous nous sommes intéressés au problème de l'analyse transitoire et stationnaire de systèmes à événements discrets stochastiques qui contiennent des distributions à support fini (donc non Markoviennes). Plutôt que de calculer une distribution approchée du modèle, nous avons développé une analyse exacte d'un modèle approché. Le principe de cette méthode conduit à un traitement uniforme du calcul du comportement transitoire et stationnaire. Nous avons évalué notre méthode sur un banc d'essai standard et nos résultats ont démontré que notre méthode converge rapidement et qu'elle est plus robuste que les méthodes précédentes dans les cas difficiles. Enfin en adaptant cette méthode au formalisme des réseaux de Petri stochastiques, nous avons pu la combiner à une méthode tensorielle pour réduire encore sa complexité [Ci16, Rn2].

Applications.

Nous avons appliqué nos méthodes à de nombreux cas pratiques dans des domaines :

- **Réseaux filaires, sans fil et mobiles**

Nous nous sommes intéressés aux taux de perte de paquets pour un routeur IP dans un réseau MPLS. Nous avons étudié les performances de nombreux protocoles MAC dans les réseaux sans fil. Nous avons proposé de nouveaux protocoles MAC qui tiennent compte des différents types de trafic et de leur priorité et nous avons proposés les techniques adéquates pour mesurer la qualité de service [Ri5, Ri4, Ri8, Ci45, Ci44, Ci45, Ci40, Ci36, Ci30, Ci29, Ci28, Ci25].

- [Services Web](#).

Nous nous sommes intéressés à la qualité de service (QoS) des services Web. Cette dernière peut être abordée de deux façons différentes. La première façon consiste à adopter une démarche empirique où le système doit exister pour être soumis à différents tests (*monitoring*) afin de le paramétrer en fonction d'indices de performances tels que le temps de réponse et la disponibilité. La deuxième façon consiste à choisir un modèle théorique tels que les files d'attente, les réseaux de Petri stochastiques, les réseaux d'automates stochastiques, etc. dont le but est de dimensionner et d'évaluer le système. Notre objectif se situe justement dans cette optique. Notre objectif a été d'une part de développer des méthodes d'évaluation de performances des services Web et d'autre part de vérifier la qualité de service. Nous avons donc proposé des modèles et méthodes afin de fournir des mesures de performances et ensuite de vérifier si le temps d'exécution ne dépasse pas un certain seuil (time-out). Ainsi, le problème a été abordé sous trois aspects complémentaires, à savoir :

- Calcul exact du temps moyen de réponse d'un service Web composite donné [Si26, Si39].
- Calcul des bornes inférieures et/ou supérieures du temps moyen de réponse d'un service composite (ceci est dans le but de pallier le problème de l'explosion combinatoire du nombre d'états) [Ri14, Ri12]
- Vérification quantitative de la QoS par CSL [Ci51].