

Titre du sujet : Monitoring de la qualité de service de bout en bout dans un réseau multi-domaine

Mots clés : ingénierie de trafic, qualité de service, services inter-domaines, architectures et protocoles, surveillance de réseaux

Description du sujet :

Il s'agit d'étudier l'architecture de réseaux informatiques composés de plusieurs domaines de routage. On s'intéresse plus précisément aux interactions entre domaines. De nombreux défis existent dans ce contexte et sont principalement liés à la diversification des acteurs impliqués (fournisseurs, opérateurs, réseaux de transit, etc.), à la complexité des interactions et à l'hétérogénéité des technologies utilisées. Ainsi, les architectures proposées pour les réseaux de nouvelle génération doivent fournir des solutions efficaces à ces problèmes. Ces architectures doivent permettre de définir, négocier, produire et superviser des services à travers des domaines hétérogènes. De plus, elles doivent assurer des niveaux de qualité de service (QoS) compatibles à travers les frontières des différents domaines. L'ingénierie de trafic inter-domaine permet d'optimiser l'utilisation des liens entre les domaines, de délivrer une QoS inter-domaine garantie et stricte (bande passante, délai, gigue, taux d'erreur, etc.) et d'offrir une fonctionnalité de récupération rapide dans le cas d'une panne de nœud ou de lien. Ces besoins sont accentués par l'émergence d'applications à contraintes strictes de QoS comme la voix sur IP, la vidéoconférence ou les réseaux privés virtuels (VPN).

Actuellement, BGP est le protocole utilisé pour interconnecter différents domaines de routage (ou systèmes autonomes). BGP permet à chaque système autonome de définir des politiques de routage vers les autres systèmes autonomes dans le cadre du mode non connecté. En particulier, un système autonome peut contrôler le trafic sortant en modifiant la sélection du meilleur chemin dans BGP. Il peut aussi contrôler le trafic entrant en s'appuyant sur des annonces sélectives ou en classant les routes annoncées. De plus, la notion des communautés dans BGP permet d'offrir un contrôle fin sur la redistribution des routes.

Concernant l'échange des informations de QoS entre domaines, plusieurs propositions [1] [2] [3] ont tenté d'intégrer des mesures de performance dans les attributs de BGP. Cependant, la communauté est restée sceptique face à ces extensions compte tenu de la complexité de mise en œuvre. De plus, BGP ne satisfait pas les contraintes d'un protocole de routage inter-domaine de nouvelle génération, comme le passage à l'échelle, la convergence rapide, la stabilité et l'isolation des changements [4]. Pour cela, de nombreux travaux ont proposé des alternatives à BGP sur le long terme, en introduisant de nouvelles architectures Internet telles que NIRA (New Internet Routing Architecture) [5], Feedback-based Routing [6], et HLP (Hybrid Link-state and Path-vector) [7], ou en proposant des évolutions au protocole BGP actuel comme BGP-RCN (Route Cause Notification) [8] et Secure-BGP [9].

L'IETF propose une solution orientée connexion pour l'ingénierie de trafic inter-domaine qui facilite la mise en œuvre de la QoS de bout-en-bout. Cette solution s'appuie sur les LSP (Label Switched Path) utilisant la technologie MPLS Inter-AS [11], c'est-à-dire des TE-LSP (Traffic Engineering LSP) qui traversent les frontières des systèmes autonomes. L'IETF définit les exigences liées à MPLS-TE Inter-AS [11] et les procédures de signalisation avec le protocole RSVP-TE. De plus, les travaux récents de l'IETF sur le Path Computation Element (PCE) [12] offrent une solution architecturale qui répond aux problèmes de calcul de chemins inter-domaines et qui ouvrent des perspectives qui méritent d'être étudiées [13].

Parallèlement aux solutions orientées connexions (basées sur MPLS-TE Inter-AS) ou non-orientées connexion (basées sur BGP), un nouveau modèle de services est proposé par le forum IPSphere [14]. Ce modèle utilise une couche de type Service Oriented Architecture (SOA), appelée Service Structuring Stratum (SSS), qui permet de publier les offres de services et de les combiner afin de construire des services évolués faisant intervenir plusieurs domaines. Enfin, quelques projets de recherche ont introduit de nouveaux modèles pour la QoS de bout-en-bout dont notamment le projet IST Mescal [15]. Ce projet définit un modèle générique de classes de service, les méta-classes, permettant d'abstraire des classes spécifiques et d'avoir un modèle commun à tous les opérateurs.

Dans toutes les solutions proposées, plusieurs éléments restent à étudier en particulier la surveillance des contrats de qualité de service (ou monitoring des « Service Level Agreements » (SLAs)) ainsi que celle de l'état du réseau inter-domaine (par ex. le niveau de congestion des domaines). En effet, le monitoring des SLAs est un enjeu essentiel quant au bon déroulement des relations économiques entre les opérateurs. Il garantit notamment l'évaluation des pénalités dont les domaines fautifs doivent s'acquitter. De plus, il est possible que des mécanismes de corrélation soient nécessaires pour la surveillance des SLAs. Ceci supposerait par exemple l'existence de violations masquées de SLAs, de propagation de fautes, ou encore de faux-positifs (une alarme est remontée alors qu'il n'y a pas de violation), etc. Différentes réactions peuvent alors être envisagées à l'observation de violations répétées d'un SLA. L'étude portera sur l'évaluation de ces réactions en fonction des entités impliquées.

Le but de ce travail est d'évaluer les solutions existantes pour la QoS de bout en bout et de proposer des améliorations qui permettent aux opérateurs de fournir des services inter-domaines à garantie de performance en prenant en compte les nouveaux modèles économiques.

Bibliographie :

1. C. Jacquenet, Providing quality of service indication by the BGP-4 protocol: the QOS NLRI attribute, IETF, work in progress, draft-jacquenetqos-nlri-00.txt, 2000.
2. L. Xiao et al., QoS extension to BGP, 10th IEEE International Conference on Network Protocols, 2002.
3. T. Zhang et al., Scalable BGP QoS Extension with Multiple Metrics, International conference on Networking and Services, 2006.
4. O. Bonaventure, Reconsidering the Internet Routing Architecture, IRTF, work in progress, 2007.
5. X. Yang, D. Clark, A. Berger, NIRA: A New Routing Architecture, IEEE/ACM Transactions on Networking (ToN), 2007.
6. D. Zhu, M. Gritter, D. R. Cheriton, "Feedback Based Routing", ACM Workshop on Hot Topics in Network, 2002.
7. L. Subramanian et al., HLP: a next generation inter-domain routing protocol, Special Interest Group on Data Communication, SIGCOMM, 2005.
8. D. Pei et al., BGP-RCN: improving BGP convergence through root cause notification, Computer Networks, 2005.
9. S. Kent, C. Lynn, K. Seo, Secure Border Gateway Protocol (Secure-BGP), IEEE Journal on Selected Areas of Communications, 2002.
10. R. Zhang, J. Vasseur, MPLS Inter-Autonomous System (AS) Traffic Engineering (TE) Requirements, RFC4216, 2005.
11. A. Farrel, J.-P. Vasseur, A. Ayyangar, A Framework for Inter-Domain Multiprotocol Label Switching Traffic Engineering, RFC 4726, 2006.

12. A. Farrel, J.-P. Vasseur, J. Ash, A Path Computation Element (PCE)-Based Architecture, RFC 4655, 2006.
13. S. Dasgupta, J.C. De Oliveira, J.-P. Vasseur, "Path-Computation-Element-Based Architecture for Interdomain MPLS/GMPLS Traffic Engineering: Overview and Performance, IEEE Network, 2007.
14. J. Alateras, C. Australia, IPsphere Framework Technical Specification (Release 1), 2007.
15. M.P. Howarth et al., Provisioning for Inter-domain quality of service: the MESCAL approach, IEEE Communications Magazine, 2005.

Équipe de recherche à l'Irisa : Armor 2 à Rennes

Responsable : Bernard Cousin

Contact : Samer Lahoud (samer.lahoud@irisa.fr)

Financement : bourse universitaire issue d'un contrat de recherche