Serveur de Topologie OSPF

Samer Lahoud, Géraldine Texier, Laurent Toutain

GET/ENST Bretagne
Département Réseaux et Services Multimédia,
2 rue de la Châtaigneraie - CS 17607,
35576 Cesson Sévigné Cedex, France
samer.lahoud@enst-bretagne.fr, geraldine.texier@enst-bretagne.fr et
laurent.toutain@irisa.fr

Résumé : La supervision d'un réseau à grande échelle constitue un défi permanent pour les opérateurs. La récupération des informations topologiques des réseaux cœurs est une étape incontournable dans certaines tâches telles que le dimensionnement du réseau, la conception des topologies virtuelles ou la mise en œuvre des politiques d'ingénierie de trafic. L'enjeu se situe dans la recherche d'une solution qui assure la transparence vis à vis du fonctionnement interne du réseau, qui n'engendre pas de surcoût de configuration ni de signalisation, et qui est toutefois efficace en terme de réactivité et fiabilité. Ces divers objectifs n'évoluent généralement pas dans le même sens, ce qui explique les compromis mis en œuvre dans les solutions actuelles. Dans cet article, nous présentons une approche simple et efficace basée sur les informations du protocole OSPF pour construire un serveur de topologie. Nous introduisons le nouveau concept du lien de supervision qui sert à récupérer les informations topologiques du réseau supervisé sur une machine distante indépendamment du protocole de routage permettant de les interconnecter. Notre solution présente une flexibilité et une simplicité combinées à la réactivité requise dans ce genre d'application. Pour tester la validité de l'approche sur un réseau à grande échelle, un prototype a été mis en œuvre dans le réseau national expérimental VTHD.
Mots-clés : Supervision des réseaux, OSPF, Serveur de topologie

1 Introduction

La supervision des réseaux se base généralement sur une information dynamique de la topologie et de l'utilisation des ressources. Elle permet de reconstruire l'historique des évènements dans les réseaux tels que les pannes ou les reconfigurations qui se traduisent par des changements topologiques. Généralement considérée comme une information confidentielle, la carte topologique joue cependant un rôle capital dans la gestion d'un réseau d'opérateur. Elle aide à concevoir les topologies virtuelles ou logiques au dessus du plan de transport physique, facilitant le processus d'optimisation du dimensionnement ou la mise en œuvre des politiques d'ingénierie de trafic. Pour des raisons historiques, les opérateurs ont déployé des architectures de réseaux comportant une importante superposition de couches technologiques. Une telle architecture implique des coûts de gestion importants et rend de plus en plus difficile la tâche de supervision. Traditionnellement, des solutions basées sur le protocole SNMP sont utilisées pour extraire les informations topologiques à partir des statistiques générées par les équipements réseaux. Cependant ces solutions souffrent essentiellement d'une latence en terme de réactivité et ne sont pas adaptées aux nouvelles infrastructures de réseaux. De nouveaux travaux se basent sur l'information fournie par les protocoles de routage et présentent une simplicité et une réactivité améliorée (A. Shaikh & Ramakrishnan, 2002). Toutefois, les propositions actuelles compromettent la simplicité de mise en œuvre pourtant essentielle pour un opérateur de réseau. Dans cet article, nous présentons une approche simple et efficace basée sur les informations du protocole OSPF (Moy, 1998) pour construire un serveur de topologie. OSPF est un protocole de routage à état de lien largement déployé dans les cœurs de réseau. Selon ce protocole, les routeurs échangent des informations concernant l'état de lien dans des paquets appelés LSAs (*Link State Advertisment*). Ils établissent des adjacences pour synchroniser cet échange et compléter leurs informations topologiques. Ainsi, chaque routeur construit une vision globale de tout le réseau. Afin de mieux exploiter ce mécanisme, nous introduisons un nouveau concept, le lien de supervision, qui permet de récupérer naturellement sur une machine distante la carte topologique d'un réseau OSPF. La mise en relation de notre solution avec les propositions existantes

met en évidence l'amélioration apportée en terme d'efficacité, de réactivité et de simplicité. Enfin, pour tester la validité de l'approche sur un réseau à grande échelle, un prototype a été mis en œuvre dans le réseau national expérimental VTHD (VTHD, 1999).

2 État de l'art

Dans le domaine de la supervision des réseaux, les solutions peuvent être divisées en deux grandes familles : la première utilise des mécanismes génériques pour inférer l'information topologique (requêtes SNMP, résultats de ping ou de traceroute, ...), la seconde puise ces informations dans les échanges générés par les protocole de routage (IS-IS ou OSPF).
Une solution évidente consiste à superviser les mises à jour des systèmes qui configurent ou servent au dimensionnement du réseau. Cependant les réseaux actuels sont essentiellement distribués et il est donc difficile de suivre les mises à jour de configuration. De plus, un tel système ne peut pas enregistrer les défaillances dans le réseau. Les travaux de (Feldmann & Rexford, 2000) proposent l'utilisation des fichiers de configuration des routeurs pour reconstruire une image de la topologie du réseau. Le résultat est une image statique du réseau qui peut être rendue dynamique en augmentant la fréquence de récupération des fichiers de configuration. Cependant, le coût supplémentaire d'échange de ces informations devient rapidement significatif et limite donc à la fois le passage à l'échelle et l'efficacité de ces méthodes. (R. Siamwalla & Keshav, 1998; Govindan & Tangmunarunkit, 2000) proposent une méthode basée sur l'envoi de paquets ping et traceroute. Une telle méthode permet de récupérer l'état des interfaces et de la connectivité des routeurs. L'inconvénient de cette approche est la difficulté d'inférer la cause de la perte de paquets qui peut être due à une interface déconnectée ou même à une boucle de routage. Ajoutons que les paquets du type ICMP sont généralement filtrés au niveau des routeurs du cœur de réseau pour des raisons de sécurité, ce qui constitue une vraie limitation du domaine d'application de cette méthode.
Des travaux récents (A. Shaikh & Ramakrishnan, 2002) utilisent le protocole OSPF pour concevoir un serveur de topologie. Les auteurs comparent deux approches : une première basée sur le plan de gestion qui consiste à utiliser le protocole SNMP pour récupérer les entrées OSPF de la MIB (*Managment Information Base*) des routeurs. Une deuxième approche basée sur le plan de contrôle : un réflecteur de LSA concentre l'information de routage en établissant des adjacences avec les routeurs dans une aire. Les informations de routage issues de différents réflecteurs sont ensuite envoyées vers un point d'agrégation. Cet article (A. Shaikh & Ramakrishnan, 2002) montre les avantages de la deuxième approche en terme de fiabilité et de réactivité. Cependant, les coûts correspondants à l'ajout de réflecteurs de LSAs et d'équipements d'agrégation de LSAs n'est pas négligeable. De plus, les réflecteurs doivent être dans l'aire supervisée ce qui n'est pas transparent pour le routage OSPF et n'offre pas une flexibilité de mise en œuvre.

3 Construction de la topologie à l'aide d'un lien de supervision

Le serveur de topologie OSPF se base sur le fait que l'information topologique est déjà incluse dans les échanges générés par le protocole de routage, en l'occurrence OSPF. En effet, deux routeurs OSPF qui établissent une adjacence procèdent à une synchronisation de leur base de données d'état de lien. Une fois la synchronisation achevée, les deux routeurs possèdent une vue identique du réseau. L'idée est alors d'établir une adjacence entre la machine de supervision et un routeur dans le réseau pour récupérer à distance les informations topologiques et reconstruire la carte du réseau. Le concept du lien virtuel inhérent à OSPF constitue un point de départ. Cependant, compte tenu du manque de flexibilité de cette notion (cf. 3.1), nous introduisons le concept du lien de supervision, une extension du lien virtuel. Dans cette partie, nous détaillons le principe et la configuration du lien de supervision et nous présentons un exemple pour illustrer le fonctionnement.

3.1 Lien virtuel

Dans le protocole OSPF (Moy, 1998), l'aire 0 ou aire dorsale doit être connexe et toutes les autres aires doivent y être reliées. En effet, l'aire 0 agrège l'information de routage provenant de toutes les autres aires et en diffuse des résumés. Ainsi, la connectivité de l'aire dorsale, indispensable au bon fonctionnement du protocole OSPF, assure le maintien de la cohérence des informations de routage. Par conséquent, le concept

du lien virtuel a été introduit dans OSPF : un lien virtuel sert à rétablir ou maintenir la connectivité de l'aire dorsale (Figure 1)(Toutain, 2003). Les deux extrémités du lien virtuel sont des routeurs de bordure, et l'aire qui les sépare est appelée aire de transit. En particulier, l'adjacence sur un lien virtuel n'est établie que lorsqu'il existe une route OSPF interne entre les deux extrémités annoncée via l'aire de transit. Cette dernière contrainte constitue une limitation pour l'application du serveur de topologie : la machine de supervision doit être connectée au réseau supervisé via une aire de transit OSPF. Dans cet article, nous introduisons le concept du lien de supervision qui permet de dépasser cette limitation et faciliter la mise en œuvre du serveur de topologie.

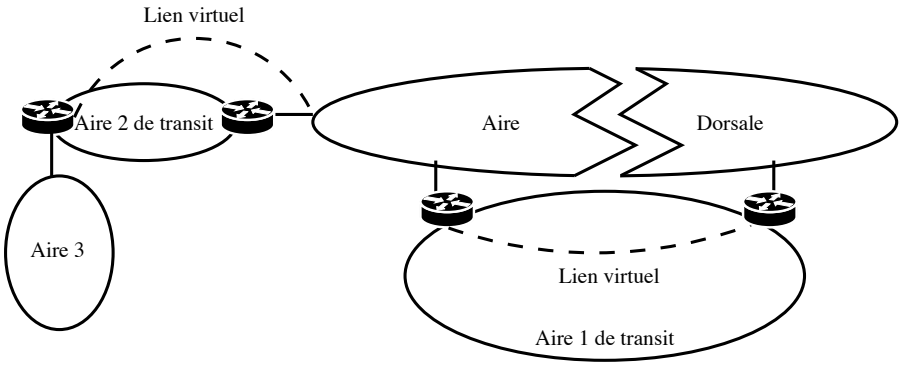


FIG. 1 – Lien virtuel

3.2 Lien de supervision

3.2.1 Principe

Afin de mieux répondre aux besoins des opérateurs en terme de flexibilité de mise en œuvre ou de placement d'un serveur de topologie, le lien de supervision (Figure 2), une extension du lien virtuel, n'impose aucune contrainte sur le routage entre la machine de supervision et le réseau supervisé. L'aire de transit peut utiliser tout mécanisme de routage pour véhiculer les informations du protocole OSPF : la synchronisation OSPF entre les deux extrémités débute à la réception d'une route, via un protocole de routage quelconque, qui permet d'atteindre l'autre extrémité du lien de supervision. De plus, les annonces de routage issues du poste de supervision sont filtrées afin d'empêcher toute interférence dans le déroulement du protocole OSPF. Le lien de supervision est complètement transparent pour le routage interne de l'aire supervisée et n'y injecte pas d'informations supplémentaires.

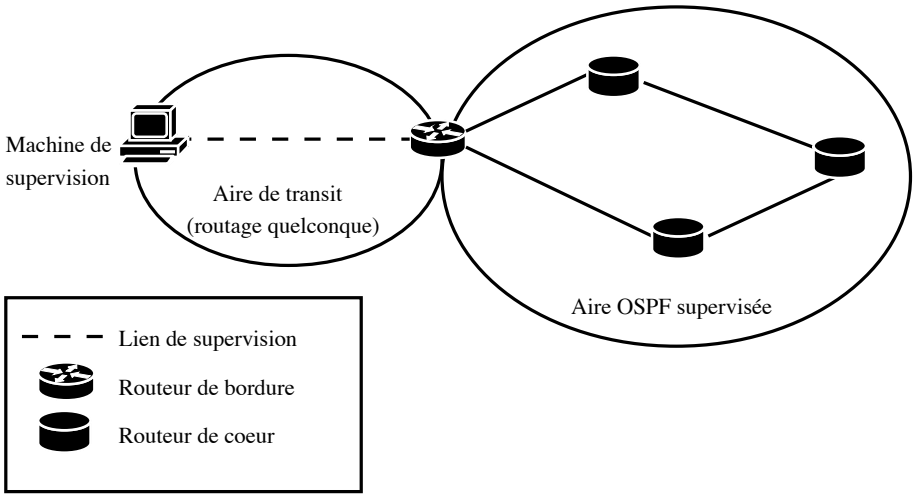


FIG. 2 – Lien de supervision

3.2.2 Mise en œuvre

Le lien de supervision a été mis en œuvre dans la distribution Zebra (ZEBRA, 2003)(version 0.93b). Le modèle de code se base sur celui du lien virtuel. Une configuration (cf. 3.2.3) via *Command Line Interface* (ou via le fichier de configuration) a été conçue pour le lien de supervision. Notons que cette configuration requiert en plus des paramètres typiques d'un lien virtuel (aire de transit et routeur extrémité du lien) l'interface de sortie et le préfixe correspondant. En effet, comme le lien de supervision n'impose aucune contrainte de routage OSPF dans l'aire de transit, il est nécessaire de bien spécifier l'interface de sortie des paquets de signalisation. De plus, le routeur à l'extrémité du lien de supervision pouvant avoir un identificateur différent de l'adresse de son interface active, une fonctionnalité a été ajoutée au démon OSPF pour configurer cet identificateur via la mot-clé ID [1]. Un exemple illustrant une configuration typique est donné en annexe de cet article (cf. 7).

3.2.3 Syntaxe

```
area < A.B.C.D | 0-4294967295 > monitoring-link A.B.C.D ID A.B.C.D
interface A.B.C.D prefix < 0-255 >

area < A.B.C.D | 0-4294967295 >
Identificateur de l'aire OSPF en format d'adresse ou en valeur décimale

monitoring-link A.B.C.D
Adresse de l'interface distante

ID A.B.C.D
Identificateur du routeur distant

interface A.B.C.D prefix < 0-255 >
Adresse de l'interface locale et le préfixe du réseau
```

3.3 Construction de la topologie

L'introduction du lien de supervision a permis d'établir une adjacence OSPF à distance entre une machine de supervision et un routeur du réseau supervisé. Ces deux éléments synchronisent leurs bases de données d'état de lien. Après synchronisation des bases de données, la machine de supervision possède l'information topologique du réseau et est notifiée lors d'un changement. Il faut alors en extraire les informations pertinentes pour reconstituer la topologie du réseau. Le module de construction de la topologie utilise l'extension du démon OSPF de Zebra (Keller, 2002) qui développe une interface logicielle (*Application Program Interface* ou *API*) suivant le modèle client-serveur et permet aux applications externes d'accéder à la base de données OSPF du démon de Zebra. En particulier, selon la description de (Keller, 2002), cette interface logicielle est utilisée pour récupérer une partie ou la totalité de la base de données du démon OSPF. Cela permet aux applications d'acquérir une copie de la base de données incluant des paquets d'annonce d'état de routeur (*router LSA*) ou de réseau (*network LSA*). À l'arrivée d'un nouveau paquet LSA dans le démon OSPF, l'interface logicielle notifie immédiatement l'application. De cette façon, l'application est toujours synchronisée avec la base de données du processus OSPF (Figure 3).
Dans notre cas, ces LSAs sont ceux du réseau supervisé récupérés grâce au lien de supervision. Via une connexion TCP, le serveur notifie le client, qui reste alors toujours synchronisé avec les informations d'état de lien du réseau. Le module de traitement récupère les LSAs au niveau du client pour en extraire les données utiles et les afficher graphiquement. En rassemblant les divers informations contenues dans les LSAs, le module graphique délivre en sortie la carte topologique du réseau qui est mise à jour au rythme des nouvelles annonces OSPF.

[1] Cette fonctionnalité a été aussi intégrée dans la configuration d'un lien virtuel classique

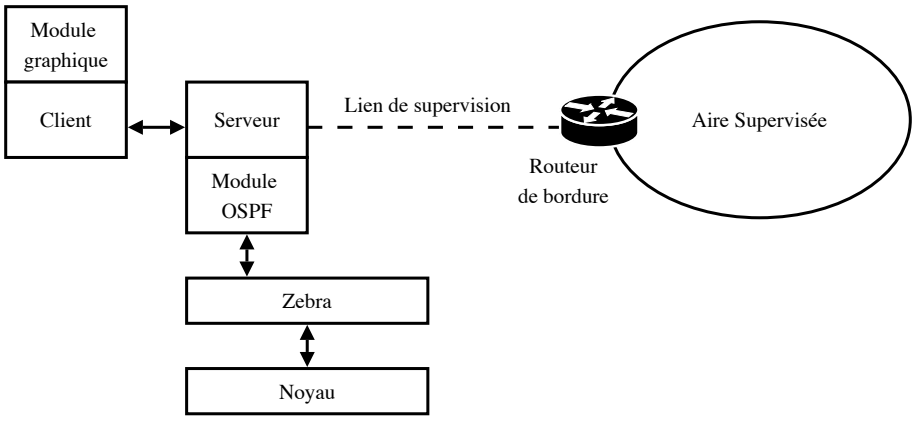


FIG. 3 – Architecture du serveur de topologie

4 Pateforme de test

4.1 Réseau VTHD

Le réseau VTHD (VTHD, 1999) est la plate-forme expérimentale mise en œuvre sous l'égide du Réseau National pour la Recherche en Télécommunications (RNRT). A l'instar d'Abilène ou Canet**3, VTHD constitue la plate-forme de développement et d'étude des protocoles de l'Internet Nouvelle Génération. Il se compose d'un réseau dorsal appartenant à l'infrastructure de transport de France Télécom reliant les partenaires (France Télécom, ENST Bretagne, ENST, Eurecom, INRIA, IMAG) ou les utilisateurs de la plate-forme. Les canaux optiques reliant les routeurs de cœur offrent un débit de 2.5 Gbit/s.

4.2 Construction de la topologie du réseau VTHD

VTHD est un réseau IP/WDM qui utilise IS-IS comme protocole de routage interne. Pour des raisons d'expérimentation, un second plan OSPF (Figure 4) a été ajouté au niveau de tous les routeurs de cœur. Les routeurs OSPF récupèrent les informations d'état de lien et les échangent avec les voisins actifs (comme dans le processus de routage classique). Tous ces routeurs sont configurés dans une aire unique OSPF, en l'occurrence l'aire dorsale. Toutefois, le plan OSPF n'a pas d'influence sur les décisions de relayage. Une technique d'augmentation de métrique assure que les routes OSPF ne sont jamais prises en compte dans la table de relayage. Ainsi, OSPF peut être vu comme un plan de contrôle et non pas comme un vrai plan de routage.
Afin de récupérer la topologie du réseau, une machine du sous-réseau de l'ENST Bretagne établit un lien de supervision avec le routeur de cœur de VTHD à Rennes (cf. 7). Ainsi, le module graphique délivre en sortie une carte dynamique du réseau (Figure 5)(Lahoud, 2003).

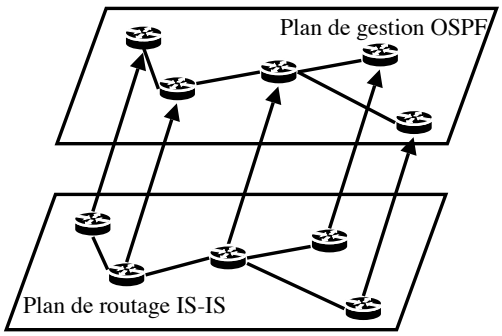


FIG. 4 – Architecture des protocoles de routage dans VTHD

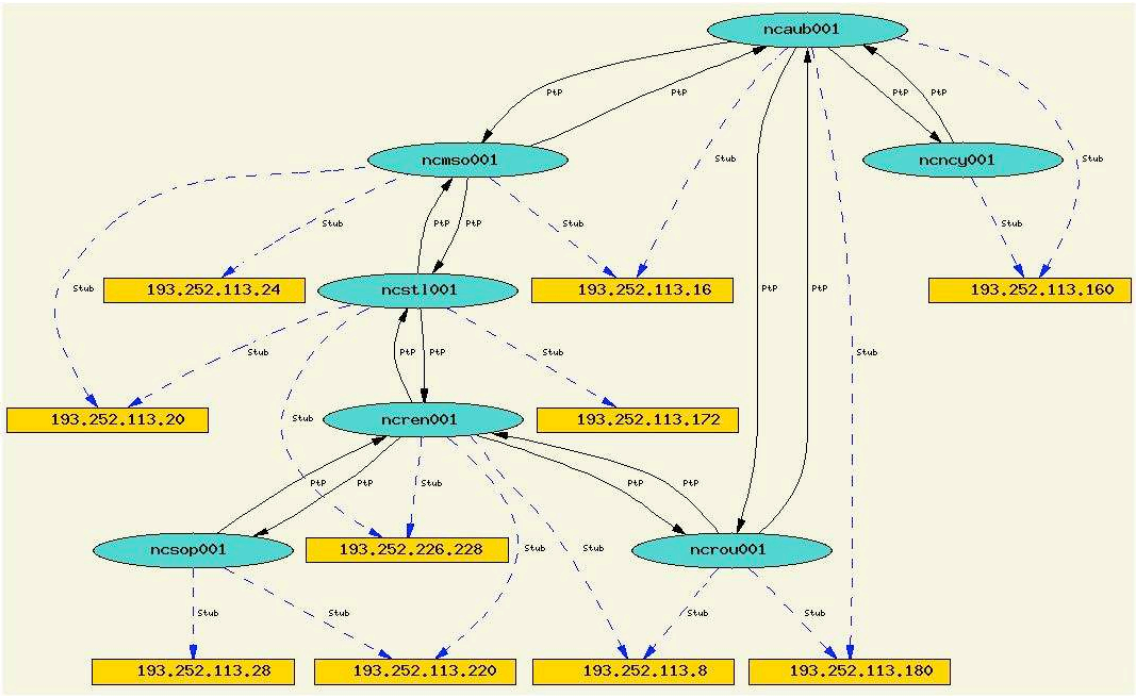


FIG. 5 – Carte topologique du réseau VTHD

5 Avantages et utilisations

Le serveur de topologie OSPF est un outil simple et efficace pour construire la topologie d'un réseau. Le principe se base sur deux idées clées : l'information topologique contenue dans les bases de données d'un protocole de routage à état de lien tel que OSPF et le concept du lien de supervision. L'introduction du lien de supervision offre une flexibilité améliorée de la localisation du poste de supervision, tout en conservant la transparence vis à vis du fonctionnement inhérent du protocole OSPF dans l'aire supervisée.

5.1 Simplicité

Le serveur de topologie OSPF présenté dans cet article est une solution qui permet de reconstruire une image dynamique de l'état du réseau. Sa simplicité réside dans le fait que cette solution nécessite un investissement minimal de développement et des configurations réduites (cf. 3.2.3). D'une part, le serveur de topologie peut être simplement mis en œuvre sur une machine Unix avec un module Zebra/OSPF modifié pour intégrer la fonctionnalité du lien de supervision. D'autre part, la configuration est minimale et proche de celle d'un lien virtuel traditionnel en OSPF. Comparée aux solutions (R. Siamwalla & Keshav, 1998; Govindan & Tangmunarunkit, 2000) qui nécessitent l'utilisation de scripts périodiques de requête d'information (requêtes SNMP, ping ou tarceroute), notre solution exploite les informations d'un protocole déjà déployé dans le cœur réseau. Ainsi, elle est moins intrusive et paraît plus attractive pour une utilisation industrielle.

5.2 Réactivité

La carte du réseau reconstruite au niveau du serveur de topologie est dynamique. Tout changement de topologie dans l'aire supervisée est signalé via de nouveaux LSAs qui sont reçus par le serveur de topologie. Cependant, les compteurs inhérents au protocole OSPF qui temporisent l'inondation de LSAs mais qui assurent en même temps la stabilité du protocole limitent la réactivité. Les simulations conduites dans (A. Shaikh & Ramakrishnan, 2002) permettent de mettre en évidence les bonnes performances des solutions basées sur les protocoles de routage, dont notre approche fait partie, comparées à celles utilisant le plan de gestion.

5.3 Extensibilité

Dans sa version actuelle, le serveur de topologie traite le cas de la supervision d'une aire OSPF unique. Son évolution vers la considération des réseaux OSPF multi-aires est résolue par l'établissement d'un lien de supervision avec un routeur de bordure dans chaque aire et l'agrégatoin de l'information au niveau du serveur de topologie.
En outre, l'extensibilité du développement modulaire de l'application a été exploitée dans le cadre du projet de recherche AGAVE (AGAVE, 2003). Une déclinaison de l'interface graphique du serveur de topologie a été mise en œuvre pour permettre l'établissement dynamique de chemins MPLS. Cette extension illustre l'intérêt d'utilisation pour des applications de conception de topologies virtuelles dans les architectures multi-couches.

5.4 Facteur d'échelle

Le prototype mis en œuvre dans le réseau à grande échelle VTHD montre que la solution proposée supporte le facteur d'échelle. Le serveur de topologie étant impliqué dans le routage OSPF, il hérite de ses propriétés de robustesse et de convergence. Ces propriétés restent valides dans le cas d'un réseau multi-aire : l'agrégation d'information et la temporisation des annonces permettent au serveur de topologie OSPF d'avoir une réactivité satisfaisante tout en évitant les problèmes de facteur d'échelle. En revanche, les solutions utilisant l'envoi de ping, de traceroute ou la récupération des fichiers de configuration conduisent à une explosion du trafic de signalisation lors de l'acroissement de la taille du réseau.

5.5 Flexibilité et sécurité

Contrairement à la solution proposée dans (A. Shaikh & Ramakrishnan, 2002) qui exige le placement de réflecteurs dans chaque aire OSPF, limitant son champ d'application, l'approche présentée dans cet article assure une véritable flexibilité dans la localisation du serveur de topologie répondant mieux aux contraintes des opérateurs. Grâce au lien de supervision, le serveur de topologie peut être placé dans un endroit quelconque du réseau à condition d'avoir une connectivité, non nécessairement OSPF, avec le réseau supervisé. De plus, le lien de supervision assure de ne pas perturber le routage dans l'aire supervisée. En effet, toute annonce issue de la machine de supervision est filtrée afin de garder la transparence vis à vis du routage classique (cf. 3.2.1).

6 Conclusion

Les outils de dimensionnement et d'optimisation des réseaux ainsi que les outils de supervision, qui permettent de stocker les changements topologiques, se basent sur un module qui récupère la carte du réseau à l'instar d'un serveur de topologie. Par conséquent, le serveur de topologie est devenu un composant essentiel dans plusieurs outils utilisés par les opérateurs de réseaux. Dans cet article, nous présentons une solution qui se base sur les informations échangées par le protocole OSPF pour reconstruire la carte du réseau. Cette solution fait preuve de transparence vis à vis du fonctionnement du protocole OSPF et de simplicité de mise en œuvre. De plus, cette approche conserve une réactivité et un support du facteur d'échelle qui sont mis en évidence par le prototype testé sur le réseau VTHD. Le lien de supervision introduit dans cet article constitue un élément clé dans la conception du serveur de topologie et plus généralement une fonctionnalité supplémentaire d'OSPF. Son principal rôle étant de récupérer les informations topologiques à distance, il peut se généraliser pour couvrir un large domaine d'application. Par exemple, un lien de supervision peut servir à établir des adjacences entre des équipements optiques dans un réseau GMPLS. Les développements futurs du serveur de topologie ont pour but d'obtenir un outil complet de supervision du réseau avec un historique consultable des divers évènements tels que les pannes ou les reconfigurations. Enfin, l'application du serveur de topologie pour l'ingénierie de trafic mérite une étude plus approfondie, en particulier la possibilité d'inclure des mécanismes de protection et de restauration dynamiques dans la conception de la topologie virtuelle.

7 Annexe

Exemple de configuration d'un lien de supervision

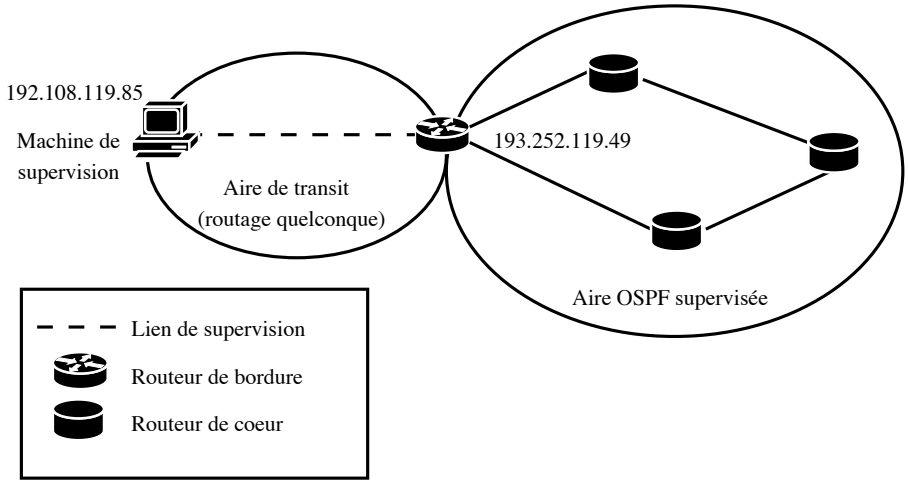


FIG. 6 – Exemple de lien de supervision

```
Machine de supervision - ospfd.conf

router ospf
  ospf router-id 192.108.119.85
  network 192.108.119.64/27 area 1
  area 1 export-list filtre
  area 1 monitoring-link 193.252.113.49 ID 193.252.113.7
         interface 192.108.119.85 prefix 27
access-list filtre deny any

Routeur de bordure - ospfd.conf

router ospf
  ospf router-id 193.252.113.7
  network 10.10.11.0/24 area 0
  network 193.252.113.48/28 area 1
  area 1 monitoring-link 192.108.119.85 ID 192.108.119.85
         interface 193.252.119.49 prefix 28
```

Références

A. SHAIKH, M. GOYAL A. G. R. R. & RAMAKRISHNAN K. (2002). An OPSF topology server : design and evaluation. *IEEE J. Selected Areas in Communications*, **20**(4).

AGAVE (2003). Projet GET à crédit incitatif : Architecture GMPLS : Analyse, Validation, Expérimentation. *www.infres.enst.fr/~casellas/agave/*.

FELDMANN A. & REXFORD J. (2000). *IP network configuration for traffic engineering*. Rapport interne 000526-02, AT&T Labs - Research.

GOVINDAN R. & TANGMUNARUNKIT H. (2000). Heuristics for internet map discovery. In *IEEE INFOCOM*.

KELLER R. (2002). An extended Quagga/Zebra OSPF daemon. *www.tik.ee.ethz.ch/~keller/ospfapi/*.

LAHOUD S. (2003). VTHD Topology. *http://rhea.ipv6.rennes.enst-bretagne.fr/cgi-bin/VTHDtopo.cgi*.

MOY J. (1998). OSPF version 2, Request for Comments 2328. `www.ietf.org`.

R. SIAMWALLA R. S. & KESHAV S. (1998). Discovering internet topology. In *IEEE INFOCOM*.

TOUTAIN L. (2003). *Réseaux locaux et internet*. Hermès, ISBN : 2-7462-0670-6. 844 p, 3ème edition.

VTHD (1999). Projet RNRT : Vraiment Très Haut Débit . `www.vthd.org`.

ZEBRA (2003). GNU Zebra. `www.zebra.org`.