

Groupe de travail Réseau
Request for Comments : 5088
 Catégorie : Sur la voie de la normalisation

JL. Le Roux, éd., France Telecom
 JP. Vasseur, éd., Cisco System Inc.
 Y. Ikejiri, NTT Communications
 R. Zhang, BT
 janvier 2008

Traduction Claude Brière de L'Isle

Extensions du protocole OSPF pour la découverte de l'élément de calcul de chemin (PCE)

Statut du présent mémoire

Le présent document spécifie un protocole Internet sur la voie de la normalisation pour la communauté de l'Internet, et appelle à des discussions et suggestions pour son amélioration. Prière de se référer à l'édition en cours des "Normes officielles des protocoles de l'Internet" (STD 1) pour connaître l'état de la normalisation et le statut de ce protocole. La distribution du présent mémoire n'est soumise à aucune restriction.

Résumé

Il existe des circonstances où il est très souhaitable qu'un client de calcul de chemin (PCC, *Path Computation Client*) soit capable de découvrir de façon dynamique et automatique un ensemble d'éléments de calcul de chemin (PCE, *Path Computation Element*) ainsi que les informations qui peuvent être utilisées par le PCC pour le choix de PCE. Lorsque le PCE est un routeur de commutation d'étiquettes (LSR, *Label Switching Router*) qui participe au protocole de passerelle intérieure (IGP, *Interior Gateway Protocol*) ou même un serveur qui participe passivement à IGP, une façon simple et efficace d'annoncer les PCE consiste à utiliser l'arrosage IGP. À cette fin, le présent document définit des extensions au protocole d'acheminement par ouverture du plus court chemin en premier (OSPF, *Open Shortest Path First*) pour l'annonce des informations de découverte de PCE au sein d'une zone OSPF ou au sein du domaine d'acheminement OSPF entier.

Table des matières

1.	Introduction.....	2
2.	Terminologie.....	2
3.	Généralités.....	3
3.1	Informations de découverte de PCE.....	3
3.2	Portée d'arrosage.....	3
4.	TLV OSPF PCED.....	3
4.1	Sous-TLV PCE-ADDRESS.....	4
4.2	Sous TLV PATH-SCOPE.....	5
4.3	Sous TLV PCE-DOMAIN.....	6
4.4	Sous TLV NEIG-PCE-DOMAIN.....	7
4.5	Sous TLV PCE-CAP-FLAGS.....	7
5.	Éléments de procédure.....	8
6.	Rétro compatibilité.....	8
7.	Considérations relatives à l'IANA.....	9
7.1	TLV OSPF.....	9
7.2	Registre des fanions de capacité de PCE.....	9
8.	Considérations pour la sécurité.....	9
9.	Considérations de gestion.....	9
9.1	Contrôle de politique et de fonctions.....	10
9.2	Modèle d'informations et de données.....	10
9.3	Détection et surveillance de vie.....	10
9.4	Vérification du fonctionnement correct.....	10
9.5	Exigences pour les autres protocoles et composants fonctionnels.....	10
9.6	Impact sur le fonctionnement du réseau.....	10
10.	Remerciements.....	10
11.	Références.....	10
11.1	Références normatives.....	10
11.2	Références pour information.....	11
	Adresse des auteurs.....	11
	Déclaration de droits de reproduction.....	11

1. Introduction

La [RFC4655] décrit les motifs et l'architecture pour un modèle de calcul de chemin fondé sur l'élément de calcul de chemin (PCE, *Path Computation Element*) pour la commutation d'étiquettes multi protocoles (MPLS, *Multi-Protocol Label Switching*) et les chemins à commutation d'étiquettes avec ingénierie du trafic (TE LSP, *Traffic Engineered Label Switched Path*) de MPLS généralisé (GMPLS, *Generalized MPLS*). Le modèle permet la séparation du PCE d'un client de calcul de chemin (PCC, *Path Computation Client*) (aussi appelé un PCE non co-localisé) et permet la coopération entre les PCE (où un PCE agit comme un PCC pour faire des demandes à l'autre PCE). Ceci s'appuie sur un protocole de communication entre un PCC et un PCE, et aussi entre des PCE. Les exigences d'un tel protocole de communication se trouvent dans la [RFC4657], et le protocole de communication est défini dans la [RFC5440].

L'architecture de PCE exige qu'un PCC ait connaissance de la localisation d'un ou plusieurs PCE dans son domaine, et potentiellement, des PCE dans les autres domaines, par exemple, dans le cas de calcul de LSP TE inter domaines.

Un réseau peut contenir un grand nombre de PCE, chacun avec potentiellement des capacités distinctes. Dans un tel contexte, il est très souhaitable d'avoir un mécanisme pour la découverte automatique et dynamique de PCE qui permette aux PCC de découvrir automatiquement un ensemble de PCE, ainsi que des informations supplémentaires sur chaque PCE qui peuvent être utilisées par un PCC pour effectuer le choix de PCE. De plus, il est précieux pour un PCC de détecter dynamiquement de nouveaux PCE, les PCE défaillants, ou toute modification des informations de PCE. Les exigences détaillées pour un tel mécanisme de découverte de PCE figurent dans la [RFC4674].

Noter que l'algorithme de choix de PCE appliqué par un PCC sort du domaine d'application de ce document.

Quand les PCC sont des LSR qui participent à l'IGP (OSPF ou IS-IS) et que les PCE sont soit des LSR, soit des serveurs participant aussi à l'IGP, un mécanisme efficace pour la découverte de PCE au sein d'un domaine d'acheminement d'IGP consiste à utiliser les annonces IGP.

Le présent document définit des extensions à OSPFv2 [RFC2328] et OSPFv3 [RFC2740] pour permettre à un PCE dans un domaine d'acheminement OSPF d'annoncer sa localisation, ainsi que des informations utiles à un PCC pour le choix de PCE, afin de satisfaire aux exigences de découverte dynamique de PCE établies dans la [RFC4674].

Les mécanismes génériques d'annonce de capacités pour OSPF sont définis dans la [RFC4970]. Ils permettent à un routeur d'annoncer ses capacités au sein d'une zone OSPF ou d'un domaine d'acheminement OSPF entier. Le présent document développe ce mécanisme générique d'annonce de capacités pour satisfaire pleinement les exigences de découverte dynamique de PCE.

Le présent document définit un nouveau TLV (appelé TLV de découverte de PCE (TLV PCED)) pour être porté dans l'annonce d'état de liaison (LSA, *Link State Advertisement*) Informations de routeur OSPF [RFC4970].

Les informations de PCE annoncées sont détaillées à la Section 3. Les extensions et procédures de protocole sont définies aux Sections 4 et 5.

Les extensions à OSPF définies dans le présent document permettent la découverte de PCE au sein d'un domaine d'acheminement OSPF. Les solutions pour la découverte de PCE à travers les frontières de système autonome sortent du domaine d'application du présent document, et sont pour étude ultérieure.

2. Terminologie

ABR (*Area Border Router*) : routeur de bordure de zone OSPF

AS (*Autonomous System*) : système autonome.

IGP (*Interior Gateway Protocol*) : protocole de passerelle intérieure. Un des deux protocoles d'acheminement, plus court chemin ouvert en premier (OSPF, *Open Shortest Path First*) ou de système intermédiaire à système intermédiaire (IS-IS, *Intermediate System to Intermediate System*).

LSP TE intra-zone : LSP TE dont le chemin ne traverse pas de frontière de zone d'IGP.

LSP TE intra-AS : LSP TE dont le chemin ne traverse pas de frontière d'AS.

LSP TE inter-zones : LSP TE dont le chemin transite par une ou plusieurs zones d'IGP. C'est-à-dire, un LSP TE qui traverse au moins une frontière de zone d'IGP.

LSP TE inter-AS : LSP TE dont le chemin transite par deux AS ou sous-AS ou plus (confédérations BGP). C'est-à-dire, un LSP TE qui traverse au moins une frontière d'AS.

LSA (*Link State Advertisement*) : annonce d'état de liaison.

LSR (*Label Switching Router*) : routeur de commutation d'étiquettes.

PCC (*Path Computation Client*) : client de calcul de chemin. Toute application de client qui demande qu'un calcul de chemin soit effectué par un élément de calcul de chemin.

PCE (*Path Computation Element*) : élément de calcul de chemin. Entité (composant, application, ou nœud du réseau) qui est capable de calculer un chemin du réseau sur la base d'un graphe de réseau et d'appliquer des contraintes de calcul.

PCED (*PCE Discovery*) : découverte d'élément de calcul de chemin.

Domaine de PCE : dans un contexte de PCE, cela se réfère à toute collection d'éléments de réseau au sein d'une sphère commune de gestion d'adresses ou de responsabilité de calcul de chemin (appelée un "domaine" dans la [RFC4655]). Des exemples de domaines de PCE incluent des zones IGP et des AS. Cela devrait être distingué d'un domaine d'acheminement OSPF.

PCEP (*Path Computation Element communication Protocol*) : protocole de communication d'élément de calcul de chemin.

LSP TE (*Traffic Engineered Label Switched Path*) : chemin de commutation d'étiquettes à ingénierie du trafic.

TLV : codage de données de Type-Longueur-Valeur.

Les mots clés "DOIT", "NE DOIT PAS", "EXIGE", "DEVRA", "NE DEVRA PAS", "DEVRAIT", "NE DEVRAIT PAS", "RECOMMANDE", "PEUT", et "FACULTATIF" dans le présent document sont à interpréter comme décrit dans la [RFC2119].

Les extensions IS-IS pour la découverte de PCE sont définies dans la [RFC5089].

3. Généralités

3.1 Informations de découverte de PCE

Les informations de découverte de PCE se composent de :

- la localisation du PCE : une adresse IPv4 et/ou IPv6 qui est utilisée pour joindre le PCE. Il est RECOMMANDÉ d'utiliser une adresse toujours accessible si il y a une connectivité au PCE ;
- la portée de calcul du chemin de PCE (c'est-à-dire, intra-zone, inter-zones, inter-AS, ou inter-couches) ;
- l'ensemble de un ou plusieurs domaines de PCE dans lesquels le PCE a la visibilité et pour lequel le PCE peut calculer des chemins ;
- l'ensemble de zéro, un, ou plusieurs domaines de PCE voisins vers lesquels le PCE peut calculer des chemins ;
- un ensemble de capacités de communication (par exemple, la prise en charge de priorités de demandes) et des capacités spécifiques de calcul de chemin (par exemple, les contraintes acceptées).

Les informations de découverte de PCE sont, par nature, très statiques et ne changent pas pendant l'activité du PCE. Les changements des informations de découverte de PCE peuvent survenir par suite de mises à jour de la configuration du PCE, du déploiement/activation du PCE, de la désactivation/suppression du PCE, ou d'une défaillance du PCE. Donc, ces informations ne sont pas supposées changer fréquemment.

3.2 Portée d'arrosage

La portée d'arrosage pour les informations de PCE annoncées par OSPF peut être limitée à une ou plusieurs zones OSPF auxquelles le PCE appartient, ou peut être étendue sur l'ensemble du domaine d'acheminement OSPF.

Noter que certains PCE peuvent appartenir à plusieurs zones, et dans ce cas la portée d'arrosage peut comprendre ces zones. Ce pourrait être, par exemple, le cas pour un ABR, annonçant ses informations de PCE au sein de la zone de cœur et/ou un sous ensemble de ses zones IGP rattachées.

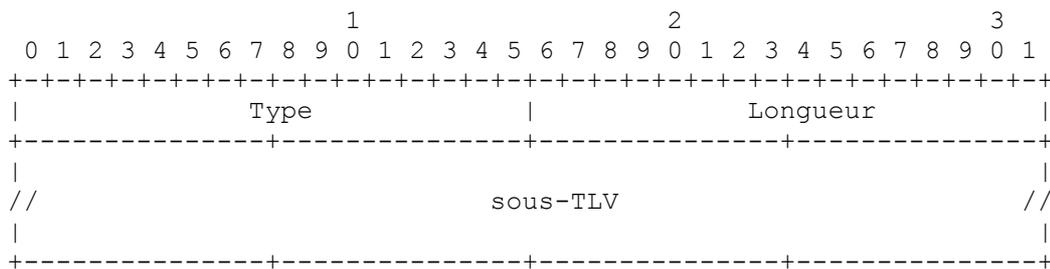
4. TLV OSPF PCED

Le TLV Découverte de PCE OSPF (TLV PCED) contient un ensemble non ordonné de sous TLV.

Le format du TLV PCED OSPF et ses sous TLV est identique au format de TLV utilisé par les extensions d'ingénierie du trafic à OSPF [RFC3630]. C'est-à-dire, le TLV est composé de deux octets pour le type, deux octets spécifiant la longueur du TLV, et un champ Valeur. Le champ Longueur définit la longueur de la portion valeur en octets.

Le TLV est bourré pour un alignement sur une limite de quatre octets ; le bourrage n'est pas inclus dans le champ Longueur (de sorte qu'une valeur de trois octets va avoir une longueur de 3, mais la taille totale du TLV va être 8 octets). Les TLV incorporés sont aussi alignés sur une frontière de quatre octets. Les types non reconnus sont ignorés.

Le TLV PCED OSPF a le format suivant :



Type : 6

Longueur : variable

Valeur : elle se compose d'un ou plusieurs sous TLV.

Cinq sous TLV sont définis :

Type de sous-TLV	Longueur	Nom
1	variable	PCE-ADDRESS
2	4	PATH-SCOPE
3	4	PCE-DOMAIN
4	4	NEIG-PCE-DOMAIN
5	variable	PCE-CAP-FLAGS

Les sous TLV PCE-ADDRESS et PATH-SCOPE DOIVENT toujours être présents dans le TLV PCED.

Les sous TLV PCE-DOMAIN et NEIG-PCE-DOMAIN sont facultatifs. Ils peuvent être présents dans le TLV PCED pour faciliter le choix des PCE inter domaines.

Le sous TLV PCE-CAP-FLAGS est facultatif et peut être présent dans le TLV PCED pour faciliter le processus de choix de PCE.

Les TLV ou sous TLV PCED mal formés non explicitement décrits dans ce document DOIVENT causer le traitement du LSA comme mal formé en accord avec les procédures normales de OSPF.

Tout sous-TLV non reconnu DOIT être ignoré en silence.

Le TLV PCED est porté dans une LSA d'informations de routeur OSPF définie dans la [RFC4970].

Aucun sous TLV supplémentaire ne sera ajouté au TLV PCED à l'avenir. Si une future application exige l'annonce d'informations de PCE supplémentaires dans OSPF, cela ne sera pas porté dans la LSA Informations de routeur.

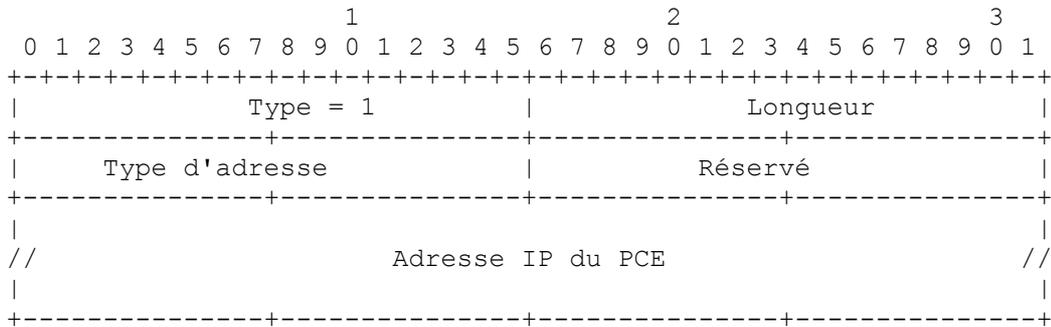
Les paragraphes qui suivent décrivent les sous TLV qui peuvent être portés dans le TLV PCED.

4.1 Sous-TLV PCE-ADDRESS

Le sous-TLV PCE-ADDRESS spécifie une adresse IP qui peut être utilisée pour joindre le PCE. Il est RECOMMANDÉ d'utiliser une adresse qui est toujours accessible, pourvu que le PCE soit actif et accessible.

Le sous-TLV PCE-ADDRESS est obligatoire ; il DOIT être présent dans le TLV PCED. Il peut apparaître deux fois, quand le PCE a une adresse IPv4 et IPv6. Il NE DOIT PAS apparaître plus d'une fois pour le même type d'adresse. Si il apparaît plus d'une fois pour le même type d'adresse, seule la première occurrence est traitée et les autres DOIVENT être ignorées.

Le format du sous-TLV PCE-ADDRESS est le suivant :



Type : 1

Longueur : 8 (IPv4) ou 20 (IPv6)

Type d'adresse :

- 1 IPv4
- 2 IPv6

Réservé : DEVRAIT être réglé à zéro à l'émission et DOIT être ignoré à réception.

Adresse IP de PCE : adresse IP à utiliser pour joindre le PCE.

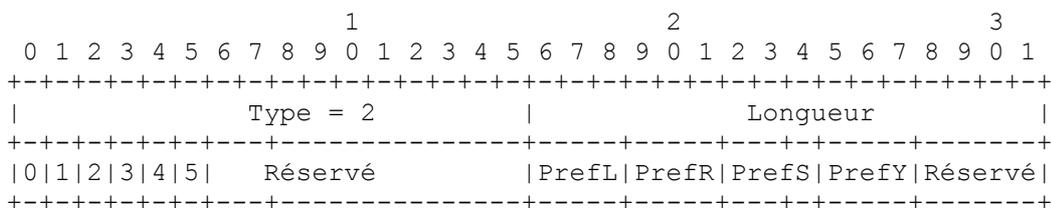
4.2 Sous TLV PATH-SCOPE

Le sous-TLV PATH-SCOPE indique la portée du calcul de chemin du PCE, qui se réfère à la capacité du PCE à calculer ou prendre part au calcul des chemins pour les LSP TE intra zone, inter zones, inter AS, ou inter couches.

Le sous-TLV PATH-SCOPE est obligatoire ; il DOIT être présent dans le TLV PCED. Il DOIT y avoir exactement une instance du sous-TLV PATH-SCOPE dans chaque TLV PCED. Si il apparaît plus d'une fois, seule la première occurrence est traitée et toutes les autres DOIVENT être ignorées.

Le sous-TLV PATH-SCOPE contient un ensemble de bits fanions indiquant les portées de chemin prises en charge, et quatre champs indiquant les préférences de PCE.

Le sous-TLV PATH-SCOPE a le format suivant :

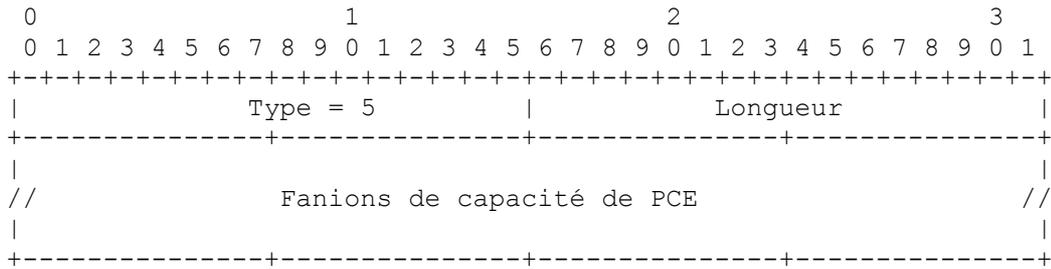


Type : 2

Longueur : 4

Valeur : cela comprend un champ de fanions de deux octets où chaque bit représente une portée de chemin prise en charge, ainsi que quatre champs de préférence utilisés pour spécifier les préférences de PCE.

Les bits suivants sont définis :



Type : 5

Longueur : multiple de 4 octets

Fanions de capacité de PCE : cela contient un ensemble d'unités de fanions de 32 bits numérotés à partir du bit de poids fort comme étant zéro, où chaque bit représente une capacité de PCE.

L'IANA gèrera l'espace de fanions de capacité de PCE.

Les bits suivants ont été alloués par l'IANA :

Bit	Capacités
0	Calcul de chemin avec contraintes de liaison GMPLS
1	Calcul de chemin bidirectionnel
2	Calcul de chemins divers
3	Calcul de chemins à équilibrage de charge
4	Calcul de chemins synchronisés
5	Prise en charge de fonctions à objectifs multiples
6	Prise en charge de contraintes de chemin supplémentaires (compte maximum de bonds, etc.)
7	Prise en charge de la priorité de demande
8	Prise en charge de plusieurs demandes par message
9-31	Réservé pour de futures allocations par l'IANA.

Ces capacités sont définies dans la [RFC4657].

Les bits réservés DEVRAIENT être réglés à zéro à l'émission et DOIVENT être ignorés à réception.

5. Éléments de procédure

Le TLV PCED est annoncé au sein des LSA Informations de routeur OSPFv2 (type opaque de 4 et identifiant opaque de 0) ou des LSA Informations de routeur OSPFv3 (code de fonction de 12) qui sont définies dans la [RFC4970]. À ce titre, les éléments de procédure sont hérités de ceux définis dans la [RFC4970].

Dans OSPFv2, la portée d'arrosage est contrôlée par le type de LSA opaque (comme défini dans la [RFC2370]) et dans OSPFv3, par les bits S1/S2 (comme défini dans la [RFC2740]). Si la portée d'arrosage est de zone locale, alors le TLV PCED DOIT être porté dans une LSA Informations de routeur OSPFv2 de type 10 ou dans une LSA Informations de routeur OSPFv3 avec le bit S1 établi et le bit S2 à zéro. Si la portée d'arrosage est le domaine IGP entier, alors le TLV PCED DOIT être porté dans une LSA Informations de routeur OSPFv2 de type 11 ou une LSA Informations de routeur OSPFv3 avec le bit S1 bit à zéro et le bit S2 établi. Quand seul le bit L du sous-TLV PATH-SCOPE est établi, la portée d'arrosage DOIT être de zone locale.

Quand la fonction de PCE est désactivée, le locuteur OSPF qui annonce ce PCE DOIT générer une nouvelle LSA Informations de routeur qui n'inclut plus le TLV PCED correspondant, pourvu qu'il y aient d'autres TLV dans la LSA. Si il n'y a pas d'autres TLV dans la LSA, il DOIT soit envoyer une LSA Informations de routeur vide, soit la purger en la périssant prématurément.

L'adresse de PCE (c'est-à-dire, l'adresse indiquée dans le sous-TLV PCE-ADDRESS) DEVRAIT être accessible via des préfixes annoncés par OSPF.

Les informations de TLV PCED concernant un PCE spécifique ne sont considérées comme courantes et utilisables que quand le routeur qui annonce ces informations est lui-même accessible via des chemins calculés par OSPF dans le même zone que le LSA dans lequel le TLV PCED apparaît.

Un changement de l'état d'un PCE (activation, désactivation, changement de paramètre) DOIT résulter en un changement correspondant des informations du TLV PCED annoncées par un routeur OSPF (inséré, supprimé, mis à jour) sans sa LSA. La façon dont les PCE déterminent les informations qu'ils annoncent, et comment ces informations sont rendues disponibles à OSPF, sort du domaine d'application de ce document. Certaines informations peuvent être configurées (par exemple, adresse, préférences, portée) et d'autres informations peuvent être automatiquement déterminées par le PCE (par exemple, zones de visibilité).

Un changement dans les informations du TLV PCED NE DOIT PAS déclencher de calcul de SPF au routeur receveur.

6. Rétro compatibilité

Le TLV PCED défini dans ce document n'introduit aucun problème d'interopérabilité.

Un routeur qui ne prend pas en charge le TLV PCED va juste ignorer en silence le TLV, comme spécifié dans la [RFC4970].

7. Considérations relatives à l'IANA

7.1 TLV OSPF

L'IANA a défini un registre pour les TLV portés dans la LSA Informations de routeur définie dans la [RFC4970]. L'IANA a alloué un nouveau codet de TLV pour le TLV PCED porté dans la LSA Informations de routeur.

Valeur	Nom du TLV	Référence
6	PCED	(RFC 5080)

7.2 Registre des fanions de capacité de PCE

Le présent document fournit de nouveaux fanions de bit de capacité, qui sont présents dans le TLV PCE-CAP-FLAGS référencé au paragraphe 4.1.5.

L'IANA a créé un nouveau registre OSPF de niveau supérieur, le registre "Fanions de capacité de PCE", et va gérer l'espace de fanions de bits de capacité de PCE en les numérotant dans la notation usuelle de l'IETF en commençant à zéro et en continuant au moins jusqu'à 31, avec le bit de poids fort comme bit zéro.

Les nouveaux numéros de bit peuvent être alloués seulement par une action de consensus de l'IETF.

Chaque bit devrait être tracé avec les qualités suivantes :

- numéro de bit
- description de capacité
- RFC de définition

Plusieurs bits sont définis dans ce document. Les valeurs suivantes ont été allouées :

Bit	Description de capacité
0	Calcul de chemin avec contraintes de liaison GMPLS
1	Calcul de chemin bidirectionnel
2	Calcul de chemins divers
3	Calcul de chemins à équilibrage de charge
4	Calcul de chemins synchronisés
5	Prise en charge de fonctions à objectifs multiples
6	Prise en charge de contraintes de chemin supplémentaires (compte maximum de bonds, etc.)
7	Prise en charge de la priorité de demande
8	Prise en charge de plusieurs demandes par message

8. Considérations pour la sécurité

Le présent document définit des extensions à OSPF pour la découverte de PCE au sein d'un domaine administratif. Donc, la sécurité de la découverte de PCE repose sur la sécurité d'OSPF.

Les mécanismes définis pour assurer l'authenticité et l'intégrité des LSA OSPF [RFC2154], et de leurs TLV, peuvent être utilisés pour sécuriser aussi les informations de découverte de PCE.

OSPF ne fournit pas de mécanisme de chiffrement pour protéger la confidentialité des LSA et, en particulier, la confidentialité des informations de découverte de PCE.

9. Considérations de gestion

Les considérations de gestion pour la découverte de PCE sont traitées au paragraphe 4.10 de la [RFC4674].

9.1 Contrôle de politique et de fonctions

Les exigences de configuration des paramètres de découverte de PCE sur les PCC et les PCE sont discutées au paragraphe 4.10.1 de la [RFC4674].

En particulier, une mise en œuvre de PCE DEVRAIT permettre que les paramètres suivants soient configurés sur le PCE :

- les adresses IPv4/IPv6 de PCE) (voir le paragraphe 4.1).
- la portée de PCE, incluant les fonctions inter-domaines (inter-zone, inter-AS, inter-couches) les préférences, et si le PCE peut agir comme PCE par défaut (voir le paragraphe 4.2).
- les domaines de PCE (voir le paragraphe 4.3).
- les domaines PCE voisins (voir le paragraphe 4.4).
- les capacités de PCE (voir le paragraphe 4.5).

9.2 Modèle d'informations et de données

Un module de MIB pour la découverte de PCE est défini dans [PCED-MIB].

9.3 Détection et surveillance de vie

Le présent document spécifie l'utilisation d'OSPF comme protocole de découverte de PCE. Les exigences spécifiées dans la [RFC4674] incluent la capacité de déterminer l'activité du protocole de découverte de PCE. Le fonctionnement normal du protocole OSPF satisfait ces exigences.

9.4 Vérification du fonctionnement correct

La corrélation des informations annoncées par rapport aux informations reçues peut se faire en comparant les informations du TLV PCED reçues par le PCC avec celles mémorisées dans le PCE en utilisant la MIB PCED [PCED-MIB]. Le nombre d'éléments d'information abandonnés, corrompus, et rejetés est disponible par l'intermédiaire de la MIB PCED.

9.5 Exigences pour les autres protocoles et composants fonctionnels

Les extensions OSPF définies dans le présent document n'impliquent aucune exigence sur d'autres protocoles.

9.6 Impact sur le fonctionnement du réseau

Des changements fréquents des informations de PCE annoncées dans le TLV PCED peuvent avoir un impact significatif sur OSPF et peuvent déstabiliser le fonctionnement du réseau en causant des échanges de PCC entre les PCE.

Comme exposé au paragraphe 4.10.4 de la [RFC4674], il DOIT être possible d'appliquer au moins les commandes suivantes :

- une limite configurable du taux d'annonces des changements de paramètres à un PCE ;
- le contrôle de l'impact sur les PCC, comme par la limitation du taux de traitement des TLV PCED ;

- le contrôle configurable des déclencheurs qui causent le passage d'un PCC sur un autre PCE.

10. Remerciements

Nous tenons à remercier Lucy Wong, Adrian Farrel, Les Ginsberg, Mike Shand, et Lou Berger de leurs commentaires et suggestions utiles

Nous tenons aussi à remercier Dave Ward, Lars Eggert, Sam Hartman, Tim Polk, et Lisa Dusseault de leurs commentaires durant les phases finales de publication.

11. Références

11.1 Références normatives

- [RFC2119] S. Bradner, "[Mots clés à utiliser](#) dans les RFC pour indiquer les niveaux d'exigence", BCP 14, mars 1997.
- [RFC2154] S. Murphy, M. Badger et B. Wellington, "OSPF avec des signatures numériques", juin 1997.
- [RFC2328] J. Moy, "[OSPF version 2](#)", STD 54, avril 1998. (*MàJ par la [RFC6549](#)*)
- [RFC2370] R. Coltun, "Option OSPF LSA opaque", juillet 1998. (*Obsolète, voir [RFC5250](#)*) (P.S.)
- [RFC2740] R. Coltun, D. Ferguson, J. Moy, "OSPF pour IPv6", décembre 1999. (*Obsolète, voir [RFC5340](#)*) (P.S.)
- [RFC3630] D. Katz, K. Kompella et D. Yeung, "[Extensions d'ingénierie de trafic](#) à OSPF version 2", septembre 2003.
- [RFC4970] A. Lindem et autres, "Extensions à OSPF pour l'[annonce des capacités facultatives de routeur](#)", juillet 2007. (P.S.)

11.2 Références pour information

- [PCED-MIB] Stephan, E., "Definitions of Managed Objects for Path Computation Element Discovery", Travail en cours, mars 2007.
- [RFC4655] A. Farrel, J.-P. Vasseur et J. Ash, "Architecture fondée sur l'élément de calcul de chemin (PCE)", août 2006.
- [RFC4657] J. Ash. et J.L. Le Roux, éditeurs, "Exigences génériques du protocole de communication par élément de calcul de chemin (PCE)", septembre 2006.
- [RFC4674] J. Ash. et J.L. Le Roux, éditeurs, "Exigences pour la [découverte d'élément de calcul de chemin](#) (PCE)", octobre 2006. (*Info.*)
- [RFC5089] J.L. Le Roux et autres, "Extensions au protocole IS-IS pour la découverte d'élément de calcul de chemin (PCE)", janvier 2008. (P.S.)
- [RFC5440] JP. Vasseur et autres, "Protocole de communication d'élément de calcul de chemin PCEP)", mars 2009. (P. S.)

Adresse des auteurs

Jean-Louis Le Roux (Editor)
France Telecom
2, avenue Pierre-Marzin
22307 Lannion Cedex
FRANCE
mél : jeanlouis.leroux@orange-ftgroup.com

Jean-Philippe Vasseur (Editor)
Cisco Systems, Inc.
1414 Massachusetts Avenue
Boxborough, MA 01719
USA
mél : jpv@cisco.com

Yuichi Ikejiri
NTT Communications Corporation

Raymond Zhang
BT

1-1-6, Uchisaiwai-cho, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8019
JAPAN
mél : y.ikejiri@ntt.com

2160 E. Grand Ave.
El Segundo, CA 90025
USA
mél : raymond.zhang@bt.com

Déclaration de droits de reproduction

Copyright (C) The IETF Trust (2008).

Le présent document est soumis aux droits, licences et restrictions contenus dans le BCP 78, et à www.rfc-editor.org, et sauf pour ce qui est mentionné ci-après, les auteurs conservent tous leurs droits.

Le présent document et les informations contenues sont fournis sur une base "EN L'ÉTAT" et le contributeur, l'organisation qu'il ou elle représente ou qui le/la finance (s'il en est), la INTERNET SOCIETY et la INTERNET ENGINEERING TASK FORCE déclinent toutes garanties, exprimées ou implicites, y compris mais non limitées à toute garantie que l'utilisation des informations encloses ne violent aucun droit ou aucune garantie implicite de commercialisation ou d'aptitude à un objet particulier.

Propriété intellectuelle

L'IETF ne prend pas position sur la validité et la portée de tout droit de propriété intellectuelle ou autres droits qui pourraient être revendiqués au titre de la mise en œuvre ou l'utilisation de la technologie décrite dans le présent document ou sur la mesure dans laquelle toute licence sur de tels droits pourrait être ou n'être pas disponible ; pas plus qu'elle ne prétend avoir accompli aucun effort pour identifier de tels droits. Les informations sur les procédures de l'ISOC au sujet des droits dans les documents de l'ISOC figurent dans les BCP 78 et BCP 79.

Des copies des dépôts d'IPR faites au secrétariat de l'IETF et toutes assurances de disponibilité de licences, ou le résultat de tentatives faites pour obtenir une licence ou permission générale d'utilisation de tels droits de propriété par ceux qui mettent en œuvre ou utilisent la présente spécification peuvent être obtenues sur le répertoire en ligne des IPR de l'IETF à <http://www.ietf.org/ipr> .

L'IETF invite toute partie intéressée à porter son attention sur tous droits de reproduction, licences ou applications de licence, ou autres droits de propriété qui pourraient couvrir les technologies qui peuvent être nécessaires pour mettre en œuvre la présente norme. Prière d'adresser les informations à l'IETF à ietf-ipr@ietf.org .

Remerciement

Le financement de la fonction d'édition des RFC est actuellement fourni par la Internet Society.