

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
18 janvier 2007 (18.01.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/006979 A2

- (51) Classification internationale des brevets : **Non classée**
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/001707
- (22) Date de dépôt international : 12 juillet 2006 (12.07.2006)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0507543 13 juillet 2005 (13.07.2005) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, Place D'allera, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **MEULLE,**

Mickael [FR/FR]; 8 Avenue René Boylesve, F-75016 Paris (FR). **NGUYEN, Thanh Quang** [FR/FR]; 12 Rue D'estienne D'orves, F-92320 Chatillon (FR).

(74) Mandataires : **HABASQUE, Etienne** etc.; CABINET LAVOIX, 2, Place D'estienne D'orves, F-75441 Paris (FR).

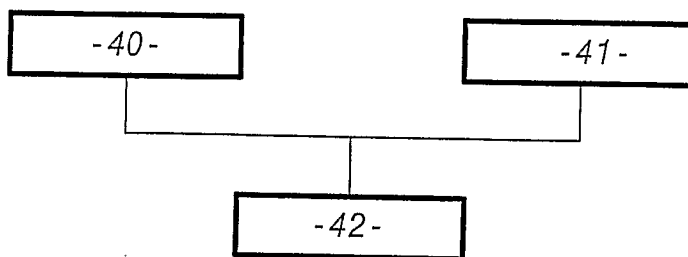
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD, SYSTEM AND COMPUTER PROGRAM FOR DETERMINING THE TYPES OF INTERCONNECTION AGREEMENTS APPLIED TO INTERDOMAIN LINKS OF THE INTERNET NETWORK, AND USE OF AUTOMATIC ROUTER CONFIGURATION IN A METHOD, SYSTEM AND COMPUTER PROGRAM

(54) Titre : PROCÉDE, SYSTEME ET PROGRAMME D'ORDINATEUR DE DETERMINATION DES TYPES D'ACCORDS D'INTERCONNEXION APPLIQUES AUX LIAISONS INTERDOMAINES DU RESEAU INTERNET, UTILISATION DANS UN PROCÉDE, SYSTEME ET PROGRAMME D'ORDINATEUR DE CONFIGURATION AUTOMATIQUE D'UN ROUTEUR



(57) Abstract: The invention relates to a method of determining the types of interconnection agreements applied to links connecting a first Internet domain with a second Internet domain. According to the invention, the set of interdomain routing paths is known and defined by an ordered succession of links and a set of rules is created in order to define compatibility or incompatibility between the agreement types of two consecutive links. The inventive method comprises the following steps consisting in: decomposing (41) all of the routing paths into a complete

constraint set, each constraint comprising two consecutive links of the routing path; and determining (42) the type of interconnection agreement of each interdomain link by applying the set of rules to the constraint set.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons reliant un premier domaine avec un second domaine d'internet, et l'ensemble des chemins de routage interdomaines étant connu et défini par une succession ordonnée de liaisons, et un ensemble de règles étant créé et définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords de deux liaisons consécutives, le procédé comportant les étapes de : décomposition (41) de tous les chemins de routage en un ensemble complet de contraintes, chaque contrainte étant composée de deux liaisons consécutives du chemin de routage ; détermination (42) du type de l'accord d'interconnexion de chaque liaison interdomaine par application de l'ensemble de règles sur l'ensemble des contraintes.

WO 2007/006979 A2



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

Procédé, système et programme d'ordinateur de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau Internet. Utilisation dans un procédé, système et programme d'ordinateur de configuration automatique d'un routeur.

5

La présente invention concerne un procédé de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau internet. Elle concerne également un système et un programme d'ordinateur associés ainsi que l'utilisation de ce procédé dans un procédé de configuration automatique d'un routeur interdomaines et le routeur et programme d'ordinateur associés.

10

Le réseau internet s'est constitué, historiquement, comme un réseau de réseaux. Cette histoire ainsi que la nécessité de diminuer la complexité des routages d'un réseau permettant à des millions d'ordinateurs de se connecter ont amené la création d'un protocole dans lequel le réseau internet est décomposé en environ 18 000 domaines. Ce protocole est connu sous le nom de BGP (Border Gateway Protocol – protocole de passerelle interdomaine).

15

L'utilisation du protocole BGP dans cette description est faite à titre purement illustrative, d'autres versions de ce protocole ou d'autres protocoles de routage interdomaine étant également utilisables.

20

Le protocole BGP, dont la version actuelle est la version 4, est défini, de façon générale, dans les RFC 1771 et RFC 1772.

Dans le protocole BGP, un domaine est appelé un AS (Autonomous System). En règle générale, à un opérateur correspond un ou plusieurs domaines BGP et un domaine BGP appartient à un seul opérateur. Il y a ainsi une relation forte entre un domaine BGP et l'entité économique qui gère ce domaine.

25

Ainsi, actuellement le réseau internet se compose d'environ 18 000 AS qui sont reliés entre eux par environ 50 000 liaisons.

Bien que BGP soit également utilisé à l'intérieur d'un domaine, on ne considérera par la suite que la version de BGP utilisée pour le routage interdomaine ou EBGP (Exterior Border Gateway Protocol).

30

A ce niveau de routage interdomaine, un domaine est vu par le protocole BGP comme une entité définie par des règles, ces règles définissant une politique de routage.

Ainsi une liaison entre deux AS se définit en particulier par le type d'accord d'interconnexions qu'elle utilise. Ce type d'accord d'interconnexion est lié directement au type d'accord commercial entre les opérateurs des AS et se classe en :

5 - accord de « PEERING » : la liaison permet un échange gratuit de trafic entre les clients des deux opérateurs et seulement ceux-ci,

- accord de transit : la liaison fait passer un trafic payant. Cela veut dire que l'un des opérateurs a acheté des capacités de trafic à l'autre opérateur. Suivant le sens de l'accord commercial, on définit alors un type client-fournisseur, ou « C2P », et un type « fournisseur-client », ou « P2C ».

10 - accord de « SIBLING » : la liaison permet un échange gratuit des trafics de toute provenance. En règle générale, le type « SIBLING » est réservé aux liaisons entre deux domaines appartenant au même opérateur.

Ces types d'accords, et en particulier les accords de transit, définissent une structure hiérarchique des domaines dans lesquels la base est composée d'environ 16 000 domaines clients et le sommet de 20 domaines spéciaux dit « Tiers-one ». Les autres domaines, dits domaines de transit, assurent les différentes liaisons intermédiaires.

Ainsi, dans la politique d'établissement des tables de routage des routeurs BGP, il est important de tenir compte de ces différents types afin d'utiliser la route la plus économique.

Or, pour un opérateur donné, celui-ci ne connaît, de façon générale, que les types d'accords d'interconnexion qui régissent les liaisons de son domaine avec les domaines voisins, c'est-à-dire, les liaisons avec les domaines lui appartenant (type « SIBLING »), les domaines de ses clients (type « P2C »), les domaines de ses fournisseurs (type « C2P ») et les domaines de ses confrères avec lesquels il troque de la capacité (type « PEERING »).

Aussi, à défaut de connaître les types des accords d'interconnexion, les tables de routage sont établies sans utiliser cette information et donc sans optimiser l'économie des chemins de routage définis.

Différentes méthodes de découverte des accords d'interconnexion ont été proposées pour résoudre ce problème. Par exemple, L.Gao « On inferring autonomous system relationships in the internet » (Proc. IEEE Global Internet Symposium, November 2000), G. Di Battista et al. "Computing the types of

relationships between autonomous systems" (Technical Report RT-DIA-73-2002) et L. Subramanian et al. "Characterizing the internet hierarchy from multiple vantage points" (UC Berkeley Technical Report CSD-01-1151, August 2001) ont décrit de telles méthodes.

5 Ces méthodes présentent différents inconvénients ne permettant pas de traiter le problème rapidement et de façon automatique. Quelques inconvénients de ces méthodes sont :

- 10 - une inférence incorrecte de la totalité des accords d'interconnexion souvent liée à une volumétrie des chemins interdomaines à traiter trop importante,
- une restriction sur les types d'accords, les types « PEERING » et « SIBLING » n'étant pas traités ;
- une automatisation partielle du flux « collecte de données »-traitement restitution des résultats ;
- 15 - non utilisation des informations préalablement connues ;
- indifférenciation de l'attribution des accords d'interconnexion selon des critères stratégiques tels que la localisation géographique ou la nature des opérateurs.

20 Le but de l'invention est donc d'établir un procédé permettant, à partir des informations limitées disponibles, de déterminer rapidement et de façon automatique les types d'accords d'interconnexion des liaisons interdomaines.

Un autre but de l'invention est d'optimiser les tables de routage des routeurs interdomaines afin qu'ils privilégient les routes ayant le coût le plus faible.

25 Un premier objet est un procédé de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau internet, chaque liaison reliant un premier domaine avec un second domaine, et l'ensemble des chemins de routage interdomaines étant connu, chaque chemin étant défini par une succession ordonnée de liaisons interdomaines, et un ensemble de règles
30 étant créé, chaque règle définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords d'interconnexion de deux liaisons consécutives d'un chemin de routage, ledit procédé comportant les étapes de :

- décomposition de tous les chemins de routage en un ensemble complet de contraintes, chaque contrainte étant composée de deux liaisons

consécutives du chemin de routage, et la décomposition étant telle que, pour un chemin de routage donné, toutes les contraintes possibles sont définies,

- détermination du type de l'accord d'interconnexion de chaque liaison interdomaine par application de l'ensemble de règles sur l'ensemble des contraintes de façon à ce que, pour chaque contrainte, chaque liaison de ladite contrainte reçoit un type qui respecte les règles de compatibilité de l'ensemble de règles vis-à-vis du type de l'autre liaison de ladite contrainte.

D'autres caractéristiques de cet objet sont :

- l'étape de détermination du type de l'accord d'interconnexion se décompose en :
 - classement des liaisons en fonction d'une pondération décroissante, puis,
 - détermination, dans l'ordre de pondération décroissante, du type de l'accord d'interconnexion d'une liaison donnée ;
 - la pondération de chaque liaison est fonction du nombre de contraintes auxquelles elle appartient et/ou du nombre de domaines reliés directement aux deux domaines reliés par ladite liaison ;
 - la pondération de chaque liaison est la somme arithmétique du nombre de contraintes auxquelles elle appartient et du nombre de domaines reliés directement aux deux domaines reliés par ladite liaison ;
 - la sous-étape de détermination consécutive à la sous-étape de classement se décompose en :
 - fixation du type de l'accord d'interconnexion à une valeur donnée, puis
 - balayage de l'ensemble des contraintes contenant cette liaison et
 - si une contrainte est incompatible, alors retour à l'étape précédente en modifiant la valeur du type de l'accord d'interconnexion,
 - sinon confirmation de la fixation du type de l'accord d'interconnexion à ladite valeur et fixation du type de l'accord d'interconnexion de toutes les liaisons non encore typées appartenant à l'ensemble des contraintes balayées, et pour lesquelles l'ensemble des règles définit un type sans ambiguïté ; et

- les types d'accords d'interconnexion étant « SIBLING », « PEERING », « C2P », « P2C », l'ordre de fixation du type est d'abord « PEERING », puis « C2P » ou « P2C » puis « SIBLING ».

Avantageusement, le tri des liaisons suivant une pondération permet
5 de traiter prioritairement les liaisons les plus importantes du réseau et donc de résoudre rapidement un grand nombre de contraintes.

Cette importance des liaisons est liée avantageusement à l'utilisation de celles-ci et donc au nombre de chemins de routage qui les utilisent.

L'ordre de fixation du type permet avantageusement de privilégier un
10 type par rapport à un autre.

L'utilisation du type « PEERING » en premier essai a l'avantage de privilégier les liaisons gratuites sur les liaisons payantes.

Un deuxième objet est un procédé de configuration automatique d'un routeur interdomaine du réseau internet comportant les étapes de :

15 - détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines selon l'objet de l'invention précédent ;

- calcul d'une métrique associée à chaque chemin de routage, cette métrique comportant une pondération de chaque liaison utilisée par le chemin de routage, cette pondération étant fonction du type d'accord d'interconnexion de la
20 liaison ;

- création d'une table de routage du routeur dans laquelle les chemins de routage de métrique forte sont privilégiés.

Un troisième objet est un système de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau internet, chaque liaison reliant un premier domaine avec un second domaine, et l'ensemble des chemins de routage interdomaines étant connu, chaque chemin étant défini par une succession ordonnée de liaisons interdomaines, ledit système comportant :

25 - des moyens de création d'un ensemble de règles, dit tableau des relations, chaque règle définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords d'interconnexion de deux liaisons consécutives d'un chemin de routage,

- des moyens de décomposition de tous les chemins de routage en un ensemble complet de structures de données, dites contraintes, chaque contrainte

étant composée de deux liaisons consécutives du chemin de routage, et la décomposition étant telle que, pour un chemin de routage donné, toutes les contraintes possibles sont définies,

- des moyens de détermination du type de l'accord d'interconnexion de chaque liaison interdomaines par application du tableau des relations sur l'ensemble des contraintes de façon à ce que pour chaque contrainte, chaque liaison de ladite contrainte reçoit un type qui respecte les règles de compatibilité du tableau de relations vis-à-vis du type de l'autre liaison de ladite contrainte.

Un quatrième objet est un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code, pour mettre en œuvre les étapes du procédé de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau internet, chaque liaison reliant un premier domaine avec un second domaine, et l'ensemble des chemins de routage interdomaines étant connu, chaque chemin étant défini par une succession ordonnée de liaisons interdomaines, et un ensemble de règles étant créé, chaque règle définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords d'interconnexion de deux liaisons consécutives d'un chemin de routage, lesdites instructions de code mettant en œuvre les étapes de :

- décomposition de tous les chemins de routage en un ensemble complet de contraintes, chaque contrainte étant composée de deux liaisons consécutives du chemin de routage, et la décomposition étant telle que, pour un chemin de routage donné, toutes les contraintes possibles sont définies,

- détermination du type de l'accord d'interconnexion de chaque liaison interdomaine par application de l'ensemble de règles sur l'ensemble des contraintes de façon à ce que, pour chaque contrainte, chaque liaison de ladite contrainte reçoit un type qui respecte les règles de compatibilité de l'ensemble de règles vis-à-vis du type de l'autre liaison de ladite contrainte,

lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur.

Un cinquième objet est un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code, pour mettre en œuvre les étapes du procédé de configuration automatique d'un routeur interdomaine du réseau internet, lesdites instructions de code mettant en œuvre les étapes de :

- détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines

- calcul d'une métrique associée à chaque chemin de routage, cette métrique comportant une pondération de chaque liaison utilisée par le chemin de routage, cette pondération étant fonction du type d'accord d'interconnexion de la liaison,

5 - création d'une table de routage du routeur dans laquelle les chemins de routage de métrique forte sont privilégiés,

lorsque ledit programme fonctionne sur un routeur programmable.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre faite uniquement à titre d'exemple et en relation avec les dessins en
10 annexe dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma simplifié des relations entre quatre domaines et leurs clients ;

- la figure 2 est un ordinogramme d'un mode de réalisation du procédé de détermination des types d'accords d'interconnexion selon l'invention ;

15 - la figure 3 est un ordinogramme d'une étape particulière du procédé de la figure 2 ;

- la figure 4 est un ordinogramme d'un mode de réalisation du procédé de configuration automatique d'un routeur selon l'invention ; et

20 - la figure 5 est un schéma d'un système de détermination des types d'accords d'interconnexion.

Par convention, une liaison entre deux domaines est référencée dans cette description par la référence des deux domaines dont elle assure la connexion.

25 La présente description est faite en référence au protocole BGP. L'homme du métier comprend que l'invention n'est pas limitée à ce protocole mais peut être mis en œuvre avec des versions ultérieures de BGP ou avec des protocoles de routage différents.

Une liaison BGP définit un lien entre deux domaines qui peut correspondre à plusieurs connexions physiques.

30 En référence à la figure 1, trois domaines A, B, C au sens BGP, sont reliés par des liaisons A-B et B-C.

Le domaine A a deux clients A1, A2. De même le domaine B a deux clients B1 et B2 et le domaine C1 est client du domaine C.

Un quatrième domaine D possède trois liaisons D-A, D-B et D-C qui le relie aux domaines A, B et C respectivement.

Par hypothèse, le domaine D est de niveau supérieur, et donc les liaisons A-D et D-C sont de type « transit » : la liaison A-D est de type « C2P » et la liaison D-C de type « P2C ».

Dans le cadre du routage BGP, un chemin de routage entre deux réseaux se définit principalement par une succession ordonnée de liaisons interdomaines ou, ce qui est équivalent, par une suite ordonnée des domaines par lesquels le flux transite.

Par exemple, un chemin de routage entre le client A1 et le client C1 se définit comme la suite de domaines

A1 A B C C1

ou la suite de liaisons

C1-A A-B B-C C-C1

Comme il est bien connu de l'homme du métier, le chemin de routage comporte également, dans le protocole BGP, d'autres informations telles que l'adresse du routeur de bordure assurant la première liaison. Dans un souci de clarté, ces informations ne seront pas décrites en détail.

Si les liaisons A-B et B-C sont de type « PEERING », un chemin de routage entre les domaines A1 et B1 peut s'établir par l'intermédiaire des domaines A et B. Il en est de même pour un chemin de routage entre les domaines B2 et C1 par l'intermédiaire des domaines B et C.

Par contre un chemin de routage entre A2 et C1 passant par les domaines A, B et C est moins intéressant en terme économique car, pour ce chemin, le domaine 2 se comporte comme un domaine de transit en transportant "gratuitement" un trafic qui ne lui appartient pas, ni à ces clients B1, B2.

Ainsi, un chemin de routage qui utilise deux liaisons consécutives ayant un type « PEERING » est moins intéressante en terme économique. On dit qu'il y a incompatibilité des types entre ces deux liaisons consécutives.

Par contre un chemin de routage A2 A D C C1 est possible puisque les types des liaisons sont, dans le même ordre, « C2P », « C2P », « P2C », « P2C ».

Les routeurs BGP d'un opérateur sont donc paramétrés pour empêcher la création de chemins de routage qui violent les types d'accords d'interconnexion définis par cet opérateur.

Un tableau de relations contenant l'ensemble des règles définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords d'interconnexion de deux liaisons consécutives d'un chemin de routage se définit, par exemple, comme

	C2P	PEERING	P2C
C2P	1	1	1
PEERING	1	∅	∅
P2C	∅	∅	1

dans lequel la première colonne définit le type de la première liaison et la première ligne définit le type de la seconde liaison. Le signe « 1 » indique que les types des deux liaisons sont compatibles et « ∅ » que les types des deux liaisons sont incompatibles. Ainsi, le signe ∅ à l'intersection de la ligne « PEERING » et de la colonne « PEERING » symbolise que, comme montré ci-dessus, deux liaisons consécutives ne peuvent pas être du type « PEERING » toutes les deux.

Il est remarquable de noter que le type « SIBLING » n'est pas inclus dans ce tableau. Ce type, permettant un échange gratuit de trafics de toute provenance, est compatible avec tous les autres. En conséquence, une ligne ou une colonne, pour le type « SIBLING » a tous ses éléments à 1.

Il est à noter que ce type de tableau de relations est connu de l'homme du métier.

Les règles de routage, pour ce qui concerne les types des accords d'interconnexion, sont donc fixées par le tableau de relations. La conséquence de l'application de ces règles sur les chemins de routage est connue puisque l'ensemble des chemins de routage du réseau Internet est une information publique qu'un opérateur obtient soit par l'intermédiaire de ses routeurs BGP, soit sur des sites spécialisés comme www.routeviews.org.

Le fonctionnement du procédé de détermination des types d'accords va maintenant être explicité en relation avec la figure 2.

A l'étape 40, une table de relations est créée selon les règles explicitées ci-dessus.

En parallèle, l'ensemble des chemins de routage BGP est décomposé en 41 en un ensemble de structures de données dites contraintes. Cette décomposition consiste à extraire, pour chaque chemin de routage, l'ensemble des paires de données de liaisons consécutives contenues dans ce chemin.

5 Ainsi, dans l'exemple illustré figure 1 et commenté ci-dessus, le chemin de routage entre les clients A1 et C1 définit la liste de contraintes

(A1-A ; A-B)

(A-B ; B-C)

(B-C ; C-C1)

10 Ces couples de liaison sont appelés « contraintes » car les types des deux liaisons doivent obligatoirement être compatibles, puisque ces couples sont utilisés dans au moins un chemin de routage défini dans les tables de routage BGP.

Le type d'accord d'interconnexion de chaque liaison est déterminé en 15 42 par application du tableau de relations sur l'ensemble des contraintes de façon à ce que, pour chaque contrainte, chaque liaison de cette contrainte reçoive un type qui respecte les règles de compatibilité du tableau de relations vis-à-vis du type de l'autre liaison de la contrainte.

Cette détermination constitue, en terme de mathématique appliquée, 20 un problème inverse dans le sens où l'obtention de grandeurs cachées, ici les types d'accords, à partir d'observables, les chemins de routage, demande de résoudre les équations d'un problème dans le sens inverse de celui habituellement maîtrisé et pratiqué.

L'étape 42 de détermination va être explicitée en référence à la figure 25 3.

Elle comporte une sous-étape 421 de classement des liaisons en fonction d'une pondération décroissante.

Cette pondération est de façon préférentielle une fonction qui privilégie les liaisons très utilisées.

30 Dans un mode préférentiel de réalisation, cette pondération s'exprime sous la forme :

$$P_{i-j} = a \sum C_{i-j} + b \sum L_i + c \sum L_j$$

où P_{i-j} est la pondération de la liaison i-j, donc de la liaison entre le domaine i et le domaine j, a, b et c sont des coefficients prédéterminés positifs,

$\sum C_{i-j}$ est le nombre de contraintes contenant la liaison i-j et $\sum L_i$, respectivement $\sum L_j$, est le nombre de relations directes entre le domaine i, respectivement le domaine j, et les autres domaines.

5 Dans un mode de réalisation, les constantes a, b et c sont égales à 1 et la pondération d'une liaison est alors la somme arithmétique du nombre de contraintes auxquelles elle appartient et du nombre de domaines reliés directement aux deux domaines d'extrémités de cette liaison.

10 Suite à la sous-étape 421 de classement, une sous-étape 422 de détermination est exécutée pour chaque liaison ne possédant pas encore de type, en commençant donc par la liaison ayant la plus grande pondération.

Cette sous-étape 422 est exécutée jusqu'à ce que toutes les liaisons aient un type. Cette fin de boucle est symbolisée par la sous-étape 423 de choix sur la figure 3.

15 La sous-étape 422 se décompose, dans cet exemple de réalisation, en une fixation du type de la liaison à une valeur donnée en 4221 puis en une vérification en 4222 que ce type choisi est compatible avec les contraintes contenant cette liaison.

20 Si une des contraintes révèle une incompatibilité de type, alors le type choisi n'est pas correct et un autre type est choisi, cette boucle étant exécutée jusqu'à ce qu'aucune incompatibilité ne soit détectée.

25 Une fois le type de la liaison fixé et validé, un balayage des contraintes contenant cette liaison est effectué en 4223. Pour les liaisons non encore typées appartenant à l'une de ces contraintes et pour lesquelles le tableau de relations définit un type sans ambiguïté, le type de liaison est fixé selon la règle non ambiguë du tableau de relations. Par exemple, en se référant au tableau de relations présenté ci-dessus, une première liaison de type « P2C » implique obligatoirement que la seconde liaison est de type « P2C » également.

30 L'ordre dans lequel est effectué la fixation du type de la liaison est d'abord « PEERING », puis « C2P » ou « P2C », puis si aucun des types précédents ne convient, « SIBLING ».

Ainsi, les liaisons gratuites, ou de troc, sont privilégiées par rapport aux liaisons payantes. Le type « SIBLING » est choisi comme type par défaut car il est compatible avec tous les autres types d'accords d'interconnexions.

Le procédé ainsi décrit permet avantageusement de déterminer le type d'accords d'interconnexion de toutes les liaisons interdomaines.

Ce procédé permet donc avantageusement d'intégrer le type d'accords comme paramètre de sélection des chemins de routage.

5 Un routeur interdomaines reçoit régulièrement de nouveaux chemins de routage en provenance d'autres routeurs. Classiquement, le routeur exécute une première étape de filtrage et de marquage de tous les chemins de routage reçus.

10 Puis la nouvelle route est intégrée dans la base d'informations des chemins de routage (« Routing Information Base ») qui comporte jusqu'à plusieurs millions de chemins de routage par routeur.

Le nouveau chemin de routage est comparé aux chemins de routage existants et si il est meilleur au sens de critères prédéfinis par l'opérateur, il est intégré dans la table de routage (« Forwarding Table »).

15 Le choix des critères est donc fondamental pour une utilisation efficace des chemins de routage définis.

Classiquement, le choix des critères repose sur les attributs BGP de chaque chemin de routage et en particulier sur les champs normalisés « Local Pref » et « AS Path », ce dernier définissant la longueur du chemin en nombre de domaines, les AS de la norme BGP.

20 La norme BGP définit que, parmi deux chemins de routage, le chemin privilégié est celui qui a le plus grand « Local Pref », puis, en cas d'égalité, le plus court « AS Path ».

25 « Local Pref » est un poids attribué arbitrairement par l'opérateur à un chemin de routage.

Connaissant les types d'accords d'interconnexion de chaque liaison, il est avantageux de définir une métrique associée à chaque chemin de routage grâce au paramètre « Local Pref ». Cette métrique comporte ainsi une pondération qui est fonction des types des accords d'interconnexion des liaisons utilisées par le chemin de routage. Les chemins de routage privilégiés sont ceux

30 ayant une métrique forte.

Par exemple, l'opérateur définit qu'une liaison provenant d'un de ses clients a une valeur de 300, qu'une liaison de type « PEERING » a une valeur de 200 et que les autres liaisons de type « P2C » ou « C2P » ont une valeur de 100.

La valeur « Local Pref » du chemin de routage est alors la moyenne arithmétique de ces valeurs pour les liaisons utilisées par ce chemin de routage.

Ainsi, le procédé de configuration d'un routeur comporte, figure 4, les étapes de :

- 5 - détermination 40, 41, 42 des types d'accords d'interconnexion tels que décrits ci-dessus,
- le calcul 45 d'une métrique associée à chaque chemin de routage comme décrit précédemment ;
- la création 46 d'une table de routage dans laquelle les chemins de
10 routage ayant une métrique forte sont privilégiés.

Un système 50, figure 5, de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau internet comporte :

- des moyens 51 de création d'un ensemble 52 de règles, dit tableau
15 des relations, chaque règle définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords d'interconnexion de deux liaisons consécutives d'un chemin de routage,
- des moyens 53 de décomposition de tous les chemins de routage en un ensemble 54 complet de structures de données, dites contraintes, chaque
20 contrainte étant composée de deux liaisons consécutives du chemin de routage, et la décomposition étant telle que, pour un chemin de routage donné, toutes les contraintes possibles sont définies,
- des moyens 55 de détermination du type de l'accord d'interconnexion de chaque liaison interdomaines par application du tableau des relations sur
25 l'ensemble des contraintes de façon à ce que, pour chaque contrainte, chaque liaison de ladite contrainte reçoit un type qui respecte les règles de compatibilité du tableau de relations vis-à-vis du type de l'autre liaison de ladite contrainte.

Le procédé de détermination du type d'accord d'interconnexion décrit est mis en œuvre sous forme d'un programme d'ordinateur s'exécutant sur un
30 ordinateur classique.

Plus particulièrement, le procédé de configuration d'un routeur est avantageusement mis en œuvre sous la forme d'un programme d'ordinateur s'exécutant sur ce routeur ou sur un routeur dédié.

Dans un mode particulier de réalisation, le procédé de détermination des types des accords d'interconnexion comporte une étape d'initialisation exécutée avant l'étape de détermination de type.

5 Durant cette étape d'initialisation, une recherche est effectuée dans les bases de données WHOIS pour déterminer les domaines appartenant à un même opérateur. Les liaisons décrites entre deux domaines appartenant à un même opérateur sont considérées alors comme ayant un type « SIBLING ».

10 Dans une variante, le tableau de relations contient, au lieu de « 0 » et de « 1 », le type résultant de la combinaison des types des deux liaisons. Par exemple, une liaison composite comportant deux liaisons du type « C2P » est également de type « C2P ». Ce type de labellisation a l'avantage de permettre une récursivité de détermination des types sur des liaisons composites, voire sur des chemins de routage complets.

15 La présente description a été faite en référence au protocole BGP. L'homme du métier comprend que l'invention n'est pas limitée à ce protocole mais peut être mise en œuvre avec des versions ultérieures de BGP ou avec des protocoles de routage différents.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau internet, chaque liaison reliant un premier domaine avec un second domaine, et l'ensemble des chemins de routage interdomaines étant connu, chaque chemin étant défini par une succession ordonnée de liaisons interdomaines, et un ensemble de règles étant créé, chaque règle définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords d'interconnexion de deux liaisons consécutives d'un chemin de routage, ledit procédé comportant les étapes de :
- 10 - décomposition (41) de tous les chemins de routage en un ensemble complet de contraintes, chaque contrainte étant composée de deux liaisons consécutives du chemin de routage, et la décomposition étant telle que, pour un chemin de routage donné, toutes les contraintes possibles sont définies,
 - 15 - détermination (42) du type de l'accord d'interconnexion de chaque liaison interdomaine par application de l'ensemble de règles sur l'ensemble des contraintes de façon à ce que, pour chaque contrainte, chaque liaison de ladite contrainte reçoit un type qui respecte les règles de compatibilité de l'ensemble de règles vis-à-vis du type de l'autre liaison de ladite contrainte.
2. Procédé de détermination selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de détermination du type de l'accord d'interconnexion se décompose en
- 20 - classement (421) des liaisons en fonction d'une pondération décroissante, puis,
 - 25 - détermination (422), dans l'ordre de pondération décroissante, du type de l'accord d'interconnexion d'une liaison donnée.
3. Procédé de détermination selon la revendication 2, caractérisé en ce que la pondération de chaque liaison est fonction du nombre de contraintes auxquelles elle appartient et/ou du nombre de domaines reliés directement aux deux domaines reliés par ladite liaison.
- 30 4. Procédé de détermination selon la revendication 3, caractérisé en ce que la pondération de chaque liaison est la somme arithmétique du nombre de contraintes auxquelles elle appartient et du nombre de domaines reliés directement aux deux domaines reliés par ladite liaison.

5. Procédé de détermination selon la revendication 2, 3 ou 4, caractérisé en ce que la sous-étape de détermination (422) consécutive à la sous-étape de classement se décompose en :

- 5 - fixation (4221) du type de l'accord d'interconnexion à une valeur donnée, puis
- balayage (4223) de l'ensemble des contraintes contenant cette liaison et
 - si une contrainte est incompatible, alors retour à l'étape précédente en modifiant la valeur du type de l'accord d'interconnexion,
 - 10 - sinon confirmation de la fixation du type de l'accord d'interconnexion à ladite valeur et fixation (4223) du type de l'accord d'interconnexion de toutes les liaisons non encore typées appartenant à l'ensemble des contraintes balayées, et pour lesquelles l'ensemble des règles définit un type sans ambiguïté.

15 6. Procédé de détermination selon la revendication 5, caractérisé en ce que les types d'accords d'interconnexion étant « SIBLING », « PEERING », « C2P », « P2C », l'ordre de fixation du type est d'abord « PEERING », puis « C2P » ou « P2C » puis « SIBLING ».

20 7. Procédé de configuration automatique d'un routeur interdomaine du réseau internet comportant les étapes de :

- détermination (40, 41, 42) des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines selon l'une des revendications 1 à 6,
- calcul (45) d'une métrique associée à chaque chemin de routage, cette métrique comportant une pondération de chaque liaison utilisée par le chemin de routage, cette pondération étant fonction du type d'accord d'interconnexion de la liaison,
- 25 - création (46) d'une table de routage du routeur dans laquelle les chemins de routage de métrique forte sont privilégiés.

30 8. Système de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau internet, chaque liaison reliant un premier domaine avec un second domaine, et l'ensemble des chemins de routage interdomaines étant connu, chaque chemin étant défini par une succession ordonnée de liaisons interdomaines, ledit système comportant :

- des moyens (51) de création d'un ensemble (52) de règles, chaque règle définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords d'interconnexion de deux liaisons consécutives d'un chemin de routage,

5 - des moyens (53) de décomposition de tous les chemins de routage en un ensemble (54) complet de contraintes, chaque contrainte étant composée de deux liaisons consécutives du chemin de routage, et la décomposition étant telle que, pour un chemin de routage donné, toutes les contraintes possibles sont définies,

10 - des moyens (55) de détermination du type de l'accord d'interconnexion de chaque liaison interdomaines par application de l'ensemble des règles sur l'ensemble des contraintes de façon à ce que pour chaque contrainte, chaque liaison de ladite contrainte reçoit un type qui respecte les règles de compatibilité de l'ensemble des règles vis-à-vis du type de l'autre liaison de ladite contrainte.

15 9. Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code, pour mettre en œuvre les étapes du procédé de détermination des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines du réseau internet, chaque liaison reliant un premier domaine avec un second domaine, et l'ensemble des chemins de routage interdomaines étant connu, chaque chemin étant défini par
20 une succession ordonnée de liaisons interdomaines, et un ensemble de règles étant créé, chaque règle définissant la compatibilité ou l'incompatibilité entre les types d'accords d'interconnexion de deux liaisons consécutives d'un chemin de routage, lesdites instructions de code mettant en oeuvre les étapes de :

25 - décomposition (41) de tous les chemins de routage en un ensemble complet de contraintes, chaque contrainte étant composée de deux liaisons consécutives du chemin de routage, et la décomposition étant telle que, pour un chemin de routage donné, toutes les contraintes possibles sont définies,

30 - détermination (42) du type de l'accord d'interconnexion de chaque liaison interdomaine par application de l'ensemble de règles sur l'ensemble des contraintes de façon à ce que, pour chaque contrainte, chaque liaison de ladite contrainte reçoit un type qui respecte les règles de compatibilité de l'ensemble de règles vis-à-vis du type de l'autre liaison de ladite contrainte,

lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur.

10. Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code, pour mettre en œuvre les étapes du procédé de configuration automatique d'un routeur interdomaine du réseau internet, lesdites instructions de code mettant en oeuvre les étapes de :

- 5 - détermination (40, 41, 42) des types d'accords d'interconnexion appliqués aux liaisons interdomaines selon l'une des revendications 1 à 6,
- calcul (45) d'une métrique associée à chaque chemin de routage, cette métrique comportant une pondération de chaque liaison utilisée par le chemin de routage, cette pondération étant fonction du type d'accord
- 10 d'interconnexion de la liaison,
- création (46) d'une table de routage du routeur dans laquelle les chemins de routage de métrique forte sont privilégiés,
- lorsque ledit programme fonctionne sur un routeur programmable.

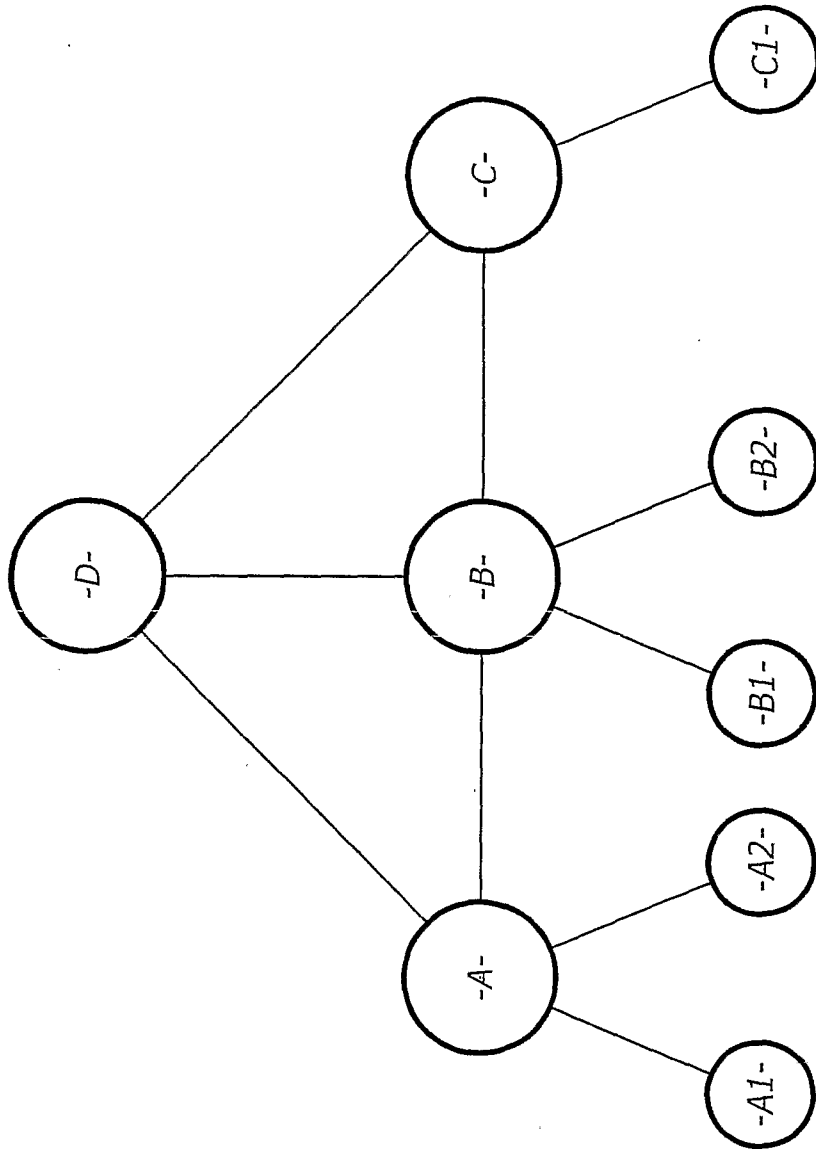


FIG.1

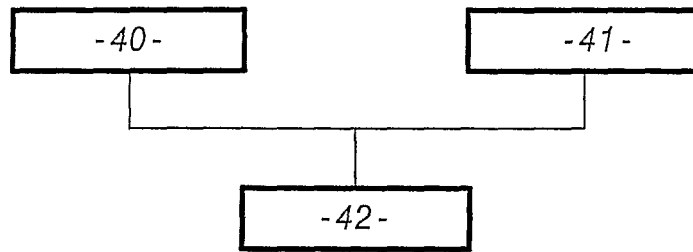


FIG.2

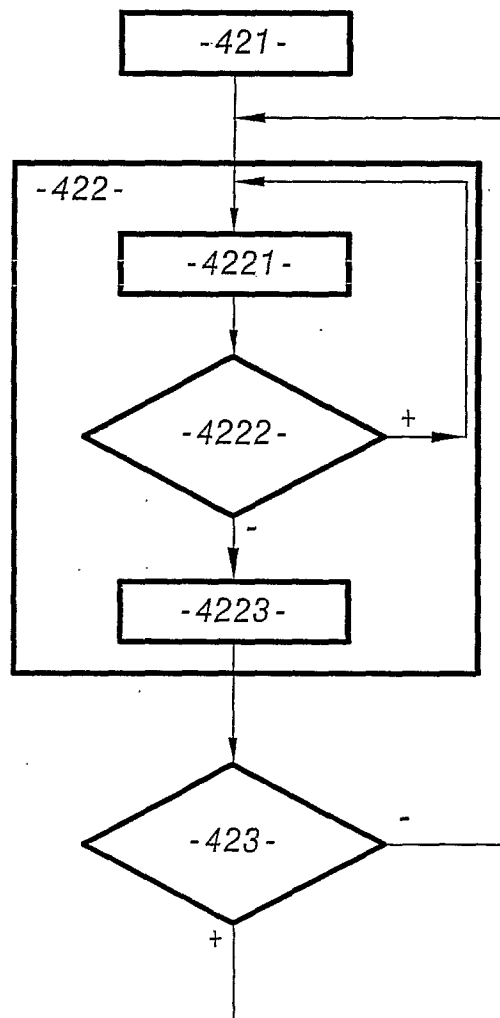


FIG.3

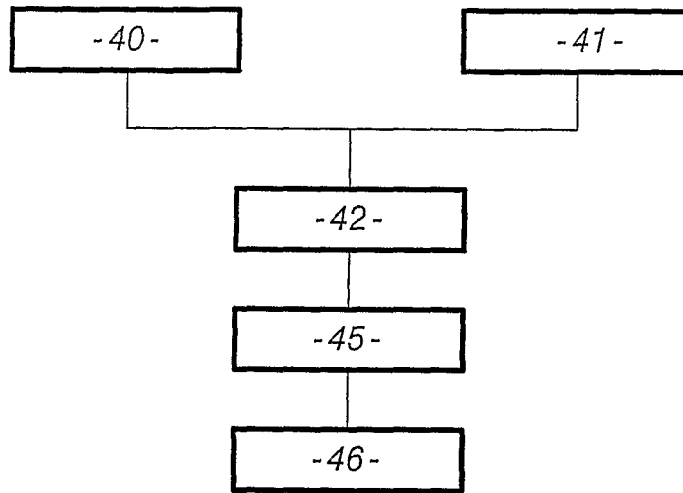


FIG.4

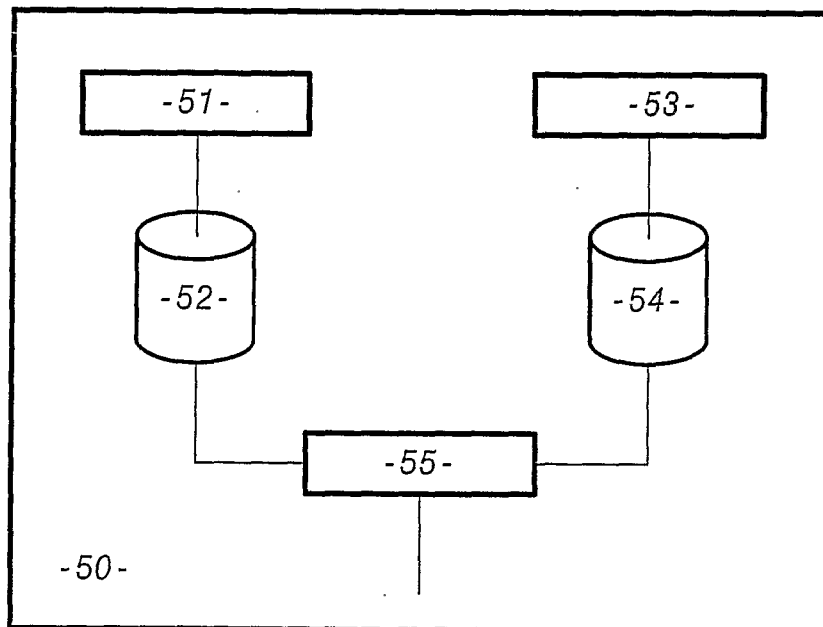


FIG.5