

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international



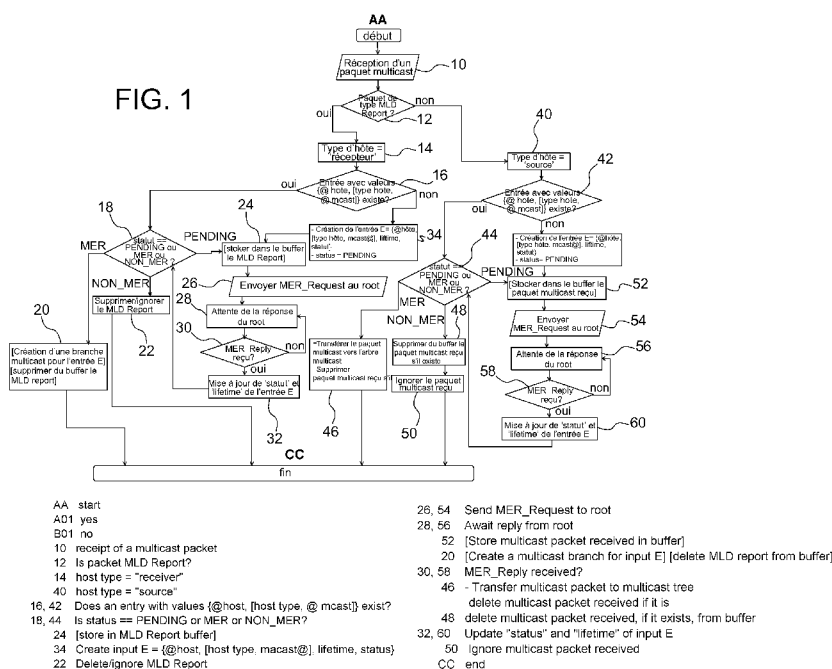
(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2013/131871 A1**

(43) Date de la publication internationale  
12 septembre 2013 (12.09.2013)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
H04L 12/753 (2013.01) H04L 12/18 (2006.01)  
H04L 12/761 (2013.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2013/054321
- (22) Date de dépôt international :  
5 mars 2013 (05.03.2013)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
12 52076 7 mars 2012 (07.03.2012) FR
- (71) Déposant : COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs : JANNETEAU, Christophe; 72 allée des Biches, F-28210 Chaudon (FR). KELLIL, Mounir; 3A rue de la Pérouse, F-91300 Massy Palaiseau (FR). RIOU, Nicolas; 10 rue des Abeilles, F-38240 Meylan (FR).
- (74) Mandataires : ILGART, Jean-Christophe et al.; Brevalex, 95 rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :  
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD, DEVICE AND COMPUTER PROGRAM FOR SELECTING A ROUTER NODE IN AN LLN NETWORK  
(54) Titre : PROCÉDÉ, DISPOSITIF ET PROGRAMME D'ORDINATEUR POUR SÉLECTIONNER UN NOEUD ROUTEUR DANS UN RÉSEAU LLN



(57) Abstract : The invention relates to a method for selecting a router node in an LLN (Lower power and Lossy Network) telecommunication network in which, upon receipt by a router node of a packet of data from a host node or of a request for accession to a multicast group from a host node, said router node transmits a MER Request to a root node for configuration as multicast router node to serve said host node, and, upon receipt of said MER Request, the root node determines, from an associative array, a configuration of the router node and transmits a reply message MER\_Reply to said router node that includes the predetermined configuration.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de sélection d'un nœud routeur dans un réseau de télécommunications de type LLN (Low power and Lossy Network) dans lequel, à la réception par un nœud routeur d'un paquet de données provenant d'un nœud hôte ou d'une requête d'adhésion à un groupe multicast provenant d'un nœud hôte, ledit nœud

[Suite sur la page suivante]

WO 2013/131871 A1

---

routeur transmet à un nœud racine une requête MER\_Request de configuration en tant que nœud routeur multicast pour servir le-  
dit nœud hôte, et, à la réception de la requête MER\_Request, le nœud racine détermine, à partir d'une table d'association, une  
configuration du nœud routeur et transmet audit nœud routeur un message de réponse MER\_Reply comportant la configuration  
déterminée.

**PROCÉDÉ, DISPOSITIF ET PROGRAMME D'ORDINATEUR POUR SÉLECTIONNER UN  
NOEUD  
ROUTEUR DANS UN RÉSEAU LLN**

**DESCRIPTION**

**DOMAINE TECHNIQUE**

L'invention se situe dans le contexte de multidiffusion (*multicast*) dans  
5 des réseaux informatiques à fortes contraintes en termes de ressources disponibles  
(batteries, mémoires, capacités de calcul, liens disponibles, etc.) et concerne plus  
spécifiquement un procédé de sélection d'un nœud routeur dans un réseau de  
télécommunications de type LLN (Low power and Lossy Network) par exemple  
comportant une pluralité de nœuds susceptibles d'agir comme routeurs de paquets de  
10 données en provenance ou à destination d'au moins un nœud hôte appartenant à un  
groupe de nœuds multicast susceptibles d'émettre et/ou de recevoir des paquets de  
données à travers ledit réseau LLN, ce dernier comportant en outre un nœud racine  
comportant une première table destinée à mémoriser des associations entre au moins un  
nœud routeur et au moins un nœud hôte d'un groupe multicast.

15 L'invention concerne également un dispositif et un programme  
d'ordinateur aptes à mettre en œuvre le procédé selon l'invention.

**ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

La duplication des paquets de données échangés lors de  
communications de type multicast dans des réseaux de type LLN (Low power and Lossy  
20 Network) a pour effet d'engendrer un gaspillage des ressources telle que la bande  
passante, la capacité de calcul, l'espace mémoire et la réserve d'énergie qui sont, par  
essence, très limitées dans ce type de réseaux. Ce gaspillage peut provoquer un  
dysfonctionnement important du réseau, son vieillissement prématuré, voire son blocage  
complet.

25 Ce problème survient lorsqu'un paquet multicast est transmis/diffusé  
dans une trame niveau 2 (niveau lien du modèle OSI ; par exemple niveau MAC (pour

Media Access Control)) de type broadcast, ce qui est souvent le cas dans les réseaux informatiques y compris dans les réseaux LLNs.

Dans le contexte d'un réseau RPL (Routing Protocol for Low power and Lossy Networks) par exemple, les paquets dupliqués peuvent provenir d'un nœud qui diffuse des paquets de données multicast sans respecter la logique de transfert d'un nœud RPL, c'est à dire, sans transférer le paquet multicast dans une trame unicast (de niveau 2) vers un, voire plusieurs nœud(s) voisin(s) déterminé(s). Ceci arrive si, par exemple, le nœud en question est à portée radio d'un réseau RPL mais ne fait pas partie à proprement parler de ce réseau RPL. Cette situation correspond au cas où le nœud n'a pas d'information sur les nœuds du réseau RPL, ou n'implémente pas les fonctionnalités RPL. Un tel nœud peut être, par exemple, un nœud sans batterie et récupérant l'énergie nécessaire à la transmission d'un message, par exemple, d'une commande à travers une action physique extérieure subie par le nœud tel un nœud de type ZigBee GreenPower (interrupteur sans-fil et sans batterie).

Dans le cas d'une source multicast, celle-ci peut envoyer un paquet IP multicast sur une trame niveau 2 de type Broadcast qui sera reçue par tous les routeurs RPL en portée radio directe de cette source. S'il s'agit d'un paquet multicast de type multi-sauts, une transmission de proche-en-proche sera effectuée (au niveau 2, cela pourrait se faire en unicast ou en broadcast) jusqu'à ce que le paquet atteigne sa destination finale. Cependant, si le paquet IP multicast émis par la source est reçu par plusieurs routeurs RPL en portée radio directe de ladite source, chacun de ces routeurs transmettra dans le réseau une copie dudit paquet. Cette situation est alors à l'origine de duplications dudit paquet dans le réseau RPL puisque ce même paquet est injecté simultanément et de manière indépendante dans l'arbre de routage RPL par plusieurs nœuds. Ainsi, un nœud sur le trajet des paquets qui peut être soit un routeur intermédiaire soit la destination finale des paquets, risque de recevoir plusieurs copies des mêmes paquets multicast, ce qui peut engendrer nombre de problèmes tels que par exemple la surconsommation de la bande passante du réseau ou encore son vieillissement prématuré.

Le cas d'un nœud destinataire des paquets est assez similaire à celui de la source en termes d'effets sur le réseau, sauf que le but du nœud destinataire est de recevoir des paquets multicast et non pas d'en émettre. Pour ce faire, le nœud destinataire transmet dans une trame broadcast (de niveau 2) sa requête d'adhésion à un

5 groupe multicast IP dans un réseau RPL, par exemple une requête de type MLD report [R. Vida et al. « Multicast Listener Discovery » Version 2 (MLDv2) for IPv6 », RFC 3610, June 2004]]. Même si la requête du nœud destinataire a une portée locale au sens IP (*link\_local scope*), elle peut être prise en compte par plusieurs routeurs RPL en portée radio directe du nœud destinataire. Dans ce cas, tout routeur RPL ayant reçu ladite

10 requête, initiera la construction d'un chemin de routage consistant en une branche d'un arbre multicast allant du réseau RPL vers le nœud destinataire. Par conséquent le nœud destinataire risque de recevoir autant de copies d'un même paquet IP multicast qu'il y a de routeurs RPL à portée directe du nœud destinataire. Là encore cette duplication du trafic dans le réseau RPL peut engendrer nombre de problèmes tels que par exemple la

15 surconsommation de la bande passante du réseau ou son vieillissement prématuré.

Le but de l'invention est de pallier les inconvénients de l'art antérieur décrit ci-dessus.

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

Ce but est atteint au moyen d'un procédé de sélection d'un nœud

20 routeur dans un réseau de télécommunications de type LLN (Lower power and Lossy channel Network), par exemple, comportant une pluralité de nœuds routeurs susceptibles d'agir comme routeurs de paquets de données en provenance ou à destination d'au moins un nœud hôte appartenant à un groupe de nœuds multicast susceptibles d'émettre et/ou de recevoir des paquets de données à travers ledit réseau,

25 et un nœud racine comportant une première table destinée à mémoriser des associations entre au moins un nœud routeur et au moins un nœud hôte d'un groupe multicast.

Le procédé selon l'invention comporte les étapes suivantes:

- à la réception par un nœud routeur d'un paquet de données multicast provenant d'un nœud hôte ou d'une requête d'adhésion à un groupe multicast

provenant d'un nœud hôte, ledit nœud routeur transmet au nœud racine une requête MER\_Request (pour Multicast Edge Router Request) de configuration en tant que nœud routeur multicast pour servir ledit nœud hôte, et,

- à la réception de la requête MER\_Request, le nœud racine détermine à partir de ladite première table d'association une configuration du nœud routeur et,
- transmet audit nœud routeur un message de réponse MER\_Reply comportant la configuration déterminée.

La requête MER\_Request est par exemple un message de type DAO (pour Destination Avertissement Object).

Préférentiellement, la requête MER\_Request comporte l'adresse dudit nœud hôte, et le message de réponse MER\_Reply comporte l'adresse dudit nœud hôte, et une durée de la configuration déterminée pour le nœud routeur vis-à-vis du nœud hôte.

Optionnellement, la requête MER\_Request comporte l'adresse du groupe multicast auquel est associé ledit nœud hôte.

Selon l'invention, la configuration du nœud routeur consiste à lui attribuer l'un des statuts suivants:

- PENDING : indiquant que ledit nœud routeur est en attente d'être configuré par le nœud racine,
- MER (Multicast Edge Router): indiquant que ledit nœud routeur est configuré en tant qu'unique routeur multicast pour le nœud hôte,
- NON\_MER: indiquant que le nœud routeur n'est pas configuré en tant que routeur multicast pour le nœud hôte.

Dans un mode préféré de réalisation, le procédé selon la revendication comporte en outre une étape consistant à configurer dans chaque nœud routeur une deuxième table d'association comportant les informations suivantes :

- l'adresse du nœud hôte source du paquet de données multicast ou de la requête d'adhésion à un groupe multicast reçu par le nœud routeur;
- un statut du nœud routeur vis-à-vis dudit nœud hôte parmi l'un des statuts PENDING, MER, ou NON\_MER.

- une durée de vie du statut du nœud routeur vis-à-vis du nœud hôte.

Ladite deuxième table d'association comporte en outre les informations suivantes :

- le type du nœud hôte indiquant si le nœud hôte est source des paquets de données multicast reçus par le nœud routeur ou destinataire des paquets de données multicast reçus par le nœud routeur (c.à.d. source d'une requête d'adhésion au groupe multicast);

- l'adresse du groupe multicast auquel est associé le nœud hôte.

Notons que la fonction du nœud routeur MER vis-à-vis d'un nœud hôte varie selon les informations contenues dans la deuxième table d'association dudit nœud hôte. Plus précisément cette fonction se décline selon quatre variantes possibles qui dépendent de l'utilisation ou non des champs optionnels [type de l'hôte] et [adresse multicast] dans les échanges MER\_Request/Reply et les diagrammes d'état au niveau des nœuds routeurs et du nœud racine.

- Cas 1 : les champs [type de l'hôte] et [adresse multicast] ne sont PAS utilisés : dans ce cas, un nœud routeur avec statut MER vis-à-vis d'un nœud hôte signifie que ce nœud routeur est configuré comme routeur multicast pour ce nœud hôte, pour tout groupe multicast et quel que soit le rôle du nœud hôte dans chacun de ces groupes (source et/ou destination des paquets de données). Ainsi, par exemple, si le statut MER a été configuré suite à une demande d'adhésion à un groupe multicast #1 par le nœud hôte (cas d'un nœud hôte « destinataire ») le même nœud routeur avec statut MER servira aussi (automatiquement) de routeur multicast pour ce nœud hôte s'il est source d'un autre groupe multicast #2...une interaction avec le nœud racine via des messages MER\_Request/Reply n'est alors pas nécessaire pour ce second groupe multicast.

- Cas 2 : les champs [type de l'hôte] et [adresse multicast] sont utilisés tous les deux: dans ce cas, un nœud routeur avec statut MER vis-à-vis d'un nœud hôte signifie que ce nœud routeur est configuré comme routeur multicast pour ce nœud hôte pour le groupe multicast dont l'adresse est contenue dans le champ [adresse multicast] et pour un rôle donné, source ou destination des paquets de données, de ce nœud hôte vis-à-vis de ce groupe multicast. Ainsi, il est potentiellement possible dans ce cas qu'un nœud hôte

soit servi par différents nœuds routeurs MER pour des groupes multicast et/ou des rôles (source/destination) du nœud hôte différents.

- Cas 3 : le champ [type de l'hôte] n'est pas utilisé mais le champ [adresse multicast] est utilisé: dans ce cas, un nœud routeur avec statut MER vis-à-vis d'un nœud hôte signifie que ce nœud routeur est configuré comme routeur multicast pour ce nœud hôte pour le groupe multicast donné dont l'adresse est contenue dans le champ [adresse multicast] et ce quel que soit le rôle (source et/ou destination des paquets de données) du nœud hôte vis-à-vis de ce groupe multicast.

- Cas 4 : le champ [type de l'hôte] est utilisé mais le champ [adresse multicast] n'est pas utilisé : dans ce cas, un nœud routeur avec statut MER vis-à-vis d'un nœud hôte signifie que ce nœud routeur est configuré comme routeur multicast pour ce nœud hôte pour tout groupe multicast mais uniquement pour un rôle donné, source ou destination des paquets de données, du nœud hôte vis-à-vis de ce groupe multicast.

Dans une première variante de mise en œuvre du procédé selon l'invention, lorsque le nœud hôte est source des paquets de données reçus par un nœud routeur ayant un statut MER vis-à-vis dudit nœud hôte, ce nœud routeur intercepte tous les paquets multicast émis par ledit nœud hôte et les re-route dans le réseau, et lorsque le nœud hôte est destinataire des paquets de données reçus par ledit nœud routeur, ce dernier intercepte les requêtes d'adhésion à un groupe multicast émises par ledit nœud hôte et déclenche la création, pour ledit groupe multicast, d'une branche de routage multicast dans ledit réseau.

Le procédé selon l'invention comporte en outre une étape de gestion de ladite deuxième table d'association dans laquelle, à la réception par le nœud routeur d'un paquet de données multicast comportant une adresse d'un nouveau nœud hôte source de paquets de données, ledit nœud routeur :

- enregistre dans ladite deuxième table d'association l'adresse dudit nouveau nœud hôte, une valeur PENDING pour le statut du nœud routeur vis-à-vis de ce nouveau nœud hôte, et une valeur non nulle pour la durée de vie du statut du nœud routeur vis-à-vis du nouveau nœud hôte,

- génère un message MER\_Request comportant l'adresse du nouveau nœud hôte, et optionnellement l'adresse du groupe multicast auquel est associé ce nouveau nœud hôte et le type du nœud hôte vis-à-vis du groupe multicast (dans ce cas de type « source »), et,

5 - transmet le message MER\_Request généré au nœud racine.

Et, à la réception par le nœud routeur d'une requête d'adhésion à un groupe multicast provenant d'un nouveau nœud hôte, ledit nœud routeur :

10 - enregistre dans ladite deuxième table d'association l'adresse du nouveau nœud hôte, une valeur PENDING pour le statut dudit nœud routeur vis-à-vis de ce nouveau nœud hôte et une valeur non nulle pour la durée de vie du statut du nœud routeur vis-à-vis du nouveau nœud hôte,

15 - génère un message MER\_Request comportant l'adresse du nouveau nœud hôte, et optionnellement l'adresse du groupe multicast auquel ce nouveau nœud hôte souhaite s'inscrire et le type du nœud hôte vis-à-vis du groupe multicast (dans ce cas de type « destination »), et,

- transmet le message MER\_Request généré au nœud racine.

Dans les deux cas, le nœud routeur stocke le paquet (données ou requête d'adhésion) reçu en attendant une réponse MER\_Reply du nœud racine si sa mémoire disponible le permet.

20 Selon une autre caractéristique du procédé de l'invention, dans le cas où le nœud routeur reçoit un message de réponse MER\_Reply comportant un statut NON\_MER, ledit nœud routeur :

- vérifie s'il existe dans la deuxième table d'association un nœud hôte concerné par le message de réponse MER\_Reply reçu;

25 - Si oui, met son statut vis-à-vis du nœud hôte concerné à NON\_MER, et,

- remplace la valeur de la durée de vie du statut du nœud routeur vis-à-vis du nœud hôte concerné par celle indiquée dans le message MER\_Reply reçu.

Par ailleurs, si le nœud hôte concerné par le message MER\_Reply est source du paquet de données reçu par le nœud routeur, ce dernier supprime de sa

mémoire les paquets de données préalablement stockés pendant la phase d'attente de la réponse MER\_Reply, et si ledit nœud hôte est destinataire du paquet de données reçu par le nœud routeur, ce dernier supprime le message reçu du nœud destinataire préalablement stocké (c.à.d. il supprime la requête d'adhésion au groupe multicast).

5 Si le nœud routeur reçoit un message de réponse MER\_Reply comportant un statut MER ledit nœud routeur :

- vérifie s'il existe dans la deuxième table d'association une entrée avec un nœud hôte concerné par le MER\_Reply reçu,

10 - Si oui, ledit nœud routeur met son statut vis-à-vis du nœud hôte concerné à MER, et,

- remplace la durée de vie du statut du nœud routeur vis-à-vis du nœud hôte concerné par celle indiquée dans le message MER\_Reply reçu.

15 Et, si le nœud hôte concerné par le message MER\_Reply est source du paquet de données reçu par le nœud routeur, ce dernier re-route lesdits paquets à travers le réseau, et si ledit nœud hôte est destinataires desdits paquets, (c.à.d. lorsque le nœud routeur reçoit dudit nœud hôte une requête d'adhésion à un groupe multicast, le nœud routeur établit avec le réseau une branche multicast qui véhiculera les paquets multicast à destination dudit nœud hôte.

20 Par contre, si aucun nœud hôte de la deuxième table d'association n'est concerné par le message de réponse MER\_Reply transmis par le nœud racine, ledit nœud routeur ignore le message reçu du nœud racine.

Dans tous les cas, le nœud routeur supprime l'entrée correspondant au message MER\_Reply de la deuxième table d'association lorsque la durée de vie de son statut vis-à-vis d'un nœud hôte expire.

25 Le procédé selon l'invention comporte en outre une étape de gestion de ladite première table d'association dans laquelle, du côté du nœud racine, à la réception par ce nœud racine du message MER\_Request, ledit nœud racine vérifie si le message reçu correspond à une entrée préalablement mémorisée dans la première table

d'association et, si le message provient d'un nœud routeur différent de celui qui est inscrit pour ladite entrée, le nœud racine envoie audit nœud routeur un message MER\_Reply comportant les mêmes informations que celles mentionnées dans le message MER\_Request avec un statut NON\_MER pour ce routeur vis-à-vis du nœud hôte mentionné dans le message reçu, et la durée de vie restante de ladite entrée.

Selon une autre caractéristique du procédé de l'invention, pour la gestion de ladite première table d'association, si le message MER\_Request reçu par le nœud racine ne correspond à aucune entrée préalablement mémorisée dans la première table d'association, ledit nœud racine ajoute une nouvelle entrée dans ladite première table d'association comportant, outre les informations contenues dans le message MER\_Request, une durée de vie non nulle pour l'entrée ajoutée et un statut MER pour le nœud routeur vis-à-vis du nœud hôte mentionné dans le message reçu, ainsi que l'adresse dudit nœud routeur MER..

Le procédé selon l'invention est mis en œuvre par un dispositif de sélection d'un nœud routeur dans un réseau de télécommunications de type LLN (Low power and Lossy Network), par exemple, comportant une pluralité de nœuds routeurs susceptibles d'agir comme routeurs de paquets de données en provenance ou à destination d'au moins un nœud hôte appartenant à un groupe multicast susceptible d'émettre et/ou de recevoir des paquets de données à travers ledit réseau, un nœud racine comportant une première table destinée à mémoriser des associations entre au moins un nœud routeur et au moins un nœud hôte du groupe multicast.

Selon l'invention, chaque nœud routeur de ce dispositif est apte à transmettre au nœud racine une requête MER\_Request (pour Multicast Edge Router Request) de configuration en tant que nœud routeur, et, le nœud racine de ce dispositif est apte à déterminer à partir de ladite première table d'association une configuration du nœud routeur et à transmettre audit nœud routeur un message de réponse MER\_Reply comportant la configuration déterminée.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va suivre, prise à titre d'exemple non limitatif, en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- 5                   – la figure 1 illustre schématiquement les étapes du procédé selon l'invention exécutées au niveau d'un nœud routeur dans un réseau LLN pour configurer ce nœud routeur.
- la figure 2 illustre schématiquement les étapes du procédé selon l'invention exécutées au niveau du nœud racine d'un réseau LLN pour configurer un  
10 nœud routeur dans ce réseau.
- la figure 3 illustre la séquence d'échange de messages entre des nœuds RPL, des nœuds hôtes sources de paquets de données, et le nœud racine pour la sélection d'un routeur dans un réseau RPL selon l'invention ;
- la figure 4 illustre la séquence d'échange de messages entre des  
15 nœuds RPL, des nœuds hôtes destinataires de paquets de données, et le nœud racine pour la sélection d'un routeur dans un réseau RPL selon l'invention.

## EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

L'invention sera décrite lorsqu'elle est appliquée dans un réseau LLN (pour *Low power and Lossy Network*) comportant une pluralité de nœuds RPL (pour  
20 Routing Protocol for LLN) (2, 3) et un nœud racine 4 ayant une vue globale sur ces nœuds RPL. Le nœud racine 4 comporte une première table, dite table d'association, destinée à mémoriser des associations entre chaque nœud RPL et au moins un nœud hôte (6, 8) d'un groupe multicast. Le nœud hôte pouvant être soit la source soit le destinataire des paquets de données échangés à travers le réseau.

25                   Dans la suite de la description, des références identiques désigneront des éléments remplissant des fonctions identiques dans les différentes figures. On désignera un nœud hôte source 6 de paquets de données par le terme «source», et un nœud hôte destinataire 8 de paquets de données par le terme «récepteur».

Pour plus de clarté, le réseau LLN auquel il sera fait référence dans la suite de cette description comporte seulement deux nœuds en portée directe des nœuds hôtes (6, 8). Cependant le procédé selon l'invention s'applique également dans le cas où le réseau comporte plus que deux nœuds RPL.

5                   La configuration d'un nœud RPL (2, 3) est réalisée par échange de messages de configuration MER\_Request/MER\_Reply entre le nœud racine 4 et chaque nœud RPL ayant demandé de servir de routeur RPL multicast pour ledit nœud hôte (6, 8).

Le nœud RPL élu est appelée routeur multicast du bord du réseau ou MER (Multicast Edge Routeur en anglais) pour une source ou un récepteur.

10                   Dans le cas où le nœud hôte est une source, le MER sera en charge d'intercepter des paquets multicast de la source et de les transmettre dans l'arbre de diffusion multicast RPL.

                  Dans le cas où le nœud hôte est un récepteur, le MER sera en charge d'intercepter les requêtes d'adhésion multicast de ce récepteur, telle que par exemple  
15 une requête de type MLD report (pour Multicast Listener Discovery décrite dans [R. Vida et al. « Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6 », RFC 3610, June 2004]) et de déclencher la création d'une branche de routage multicast dans le réseau RPL pour ce groupe.

                  Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, l'échange des  
20 messages MER\_Request/MER\_Reply est implémenté à travers une extension de l'échange DAO/DAO\_ACK du protocole RPL. Le message DAO (*Destination Avertissement Object*) du protocole RPL est traditionnellement utilisé par les nœuds RPL pour ajouter ou supprimer une branche (un chemin IP) du réseau RPL. Le message DAO\_ACK est envoyé du nœud racine 4 vers le nœud RPL 8 en réponse à un message DAO.

25                   Notons que chaque nœud RPL est configuré pour mémoriser un statut qui peut avoir l'une des trois valeurs possibles:

- MER: le nœud RPL est un routeur MER pour une source ou un destinataire donné ;
- NON\_MER : le nœud RPL n'est pas un routeur MER pour une source  
30 ou un destinataire donné;

▪ PENDING: le nœud RPL a envoyé une demande de statut MER au nœud racine 4 (MER\_Request) et est en attente d'une réponse (MER\_Reply) du nœud racine 4.

Le statut d'un nœud RPL 2, 3 vis-à-vis d'un nœud hôte est inscrit dans une entrée d'une deuxième table d'association qui contiendra en outre les champs suivants:

- *Adresse de l'hôte*: adresse IP d'une source ou d'un récepteur multicast ;
- *Type de l'hôte*: champ optionnel spécifiant le type de l'hôte, ou le type peut être « source » ou « récepteur » ;
- *Adresse Multicast*: champ optionnel spécifiant l'adresse du groupe multicast associé à la source ou au récepteur ;
- *Lifetime/durée de vie*: durée de vie de l'entrée associée à l'hôte;
- *Statut*: PENDING, MER, ou NON\_MER,

La figure 1 illustre les étapes de la procédure de sélection d'un MER exécutées au niveau d'un nœud RPL (2, 3) en portée radio directe d'une source 6 ou d'un récepteur 8 dans le réseau LLN recevant un paquet de données multicast émis par la source 6 ou une requête d'adhésion à un groupe multicast provenant du récepteur 8. Dans l'exemple décrit ci-après, les champs optionnels [type de l'hôte] et [adresse multicast] sont utilisés.

A l'étape 10, le nœud RPL (2, 3) reçoit le paquet multicast comportant des données utiles ou une requête d'adhésion à un groupe multicast (p.ex. via un message MLD). A l'étape 12, le nœud RPL (2, 3) vérifie si le paquet reçu est une requête d'adhésion à un groupe multicast (p.ex. un message du type MLD (Multicast Listener Discovery) Report ou non).

Dans le cas où le paquet reçu est une requête d'adhésion à un groupe multicast de type MLD Report par exemple), à l'étape 14, le nœud RPL (2, 3) construit un triplé {Adresse de l'hôte, Type de l'hôte, Adresse multicast} comprenant l'adresse du nœud hôte (6) indiquée dans le paquet reçu (c.à.d. l'adresse du nœud hôte source du paquet), en affectant la valeur 'récepteur' au champ 'Type de l'hôte' et en affectant

l'adresse multicast contenue dans la requête d'adhésion au champ 'Adresse multicast'. A l'étape 16 le nœud RPL (2, 3) vérifie si une entrée avec les mêmes valeurs *Adresse de l'hôte, Type de l'hôte, et Adresse Multicast* que celles dérivées à partir du paquet reçu existe déjà dans la deuxième table d'association.

5 Dans l'affirmative, l'étape 18, consiste à déterminer à partir de la deuxième table d'association le statut du nœud RPL vis-à-vis du nœud hôte identifié dans le message (requête d'adhésion MLD) reçu.

Si le nœud RPL (2, 3) a un statut MER, l'étape 20 consiste à créer une branche de routage multicast en direction dudit nœud RPL (2, 3) pour l'entrée trouvée  
10 (c.à.d. pour l'adresse multicast correspondante) si une telle branche n'existe pas déjà et à supprimer le message d'adhésion au groupe multicast (p.ex. MLD Report) reçu de la mémoire du nœud RPL (2, 3).

Si le nœud RPL (2, 3) a un statut NON\_MER, le message d'adhésion au groupe multicast (p.ex. MLD Report) est ignoré, puis supprimé (étape 22) de la mémoire  
15 du nœud RPL (2, 3).

Si le nœud RPL a un statut PENDING, l'étape 24 consiste à stocker le message d'adhésion au groupe multicast (p.ex. MLD Report) reçu dans la mémoire du nœud RPL (2, 3).

A l'étape 26, le nœud RPL (2, 3) transmet un message MER\_Request au  
20 nœud racine 4, et attend la réponse MER\_Reply (étapes 28-30).

Après réception d'un message MER\_Reply du nœud racine 4, le statut du nœud RPL (2, 3) et la durée de vie de ce statut sont mis à jour à l'étape 32.

Si aucune entrée avec les mêmes valeurs *Adresse de l'hôte, Type de l'hôte, et Adresse Multicast* que celles dérivées à partir du paquet reçu n'existe dans la  
25 table d'association, à l'étape 34, une entrée est créé avec l'*Adresse de l'hôte, le Type de l'hôte, et l'Adresse Multicast* dérivés à partir du paquet reçu, un statut PENDING pour le nœud RPL (2, 3) vis-à-vis de l'hôte et une durée de vie de ce statut.

Le procédé se poursuit avec les étapes 24 à 32.

Dans le cas où le paquet multicast reçu n'est pas une requête  
30 d'adhésion à un groupe multicast (par exemple le paquet n'est pas un message du type

MLD Report) mais est un paquet multicast de données, à l'étape 40, le nœud RPL construit un triplet {Adresse de l'hôte, Type de l'hôte, Adresse multicast} comprenant l'adresse du nœud hôte (8) indiquée dans le paquet reçu (c.à.d. l'adresse source du paquet), en affectant la valeur 'source' au champ 'type de l'hôte' et en affectant l'adresse multicast indiquée dans le paquet (c.à.d. l'adresse multicast de destination du paquet) au champ 'Adresse multicast'. A l'étape 42, le nœud RPL (2, 3) vérifie si une entrée avec les mêmes valeurs *Adresse de l'hôte, Type de l'hôte, et Adresse Multicast* que celles dérivées à partir du paquet reçu existe déjà dans la table d'association.

Dans l'affirmative, l'étape 44, consiste à déterminer le statut du nœud RPL vis-à-vis du nœud hôte identifié dans le message reçu à partir de la deuxième table d'association.

Si le nœud RPL a un statut MER, l'étape 46 consiste à transférer le paquet reçu vers l'arbre multicast et à supprimer le paquet multicast reçu de la mémoire du nœud RPL s'il y existe.

Si le nœud RPL a un statut NON\_MER, le paquet multicast est supprimé (étape 48) de la mémoire du nœud RPL s'il y existe.

Si le nœud RPL a un statut PENDING, l'étape 52 consiste à stocker le paquet multicast reçu dans la mémoire du nœud RPL. A l'étape 54, le nœud RPL (2, 3) transmet un message MER\_Request au nœud racine 4, et attend la réponse MER\_Reply (étapes 56-58).

Après réception d'un message MER\_Reply du nœud racine 4, le statut du nœud RPL (2, 3) est mis à jour à l'étape 60.

La figure 2 illustre les étapes de la procédure de sélection d'un MER exécutées au niveau du nœud racine 4 suite à la réception d'un message MER\_Request à partir d'un nœud RPL (2, 3).

A l'étape 70, le nœud racine 4 reçoit un message MER\_Request à partir d'un nœud RPL (2, 3).

A l'étape 72, le nœud racine 4 consulte la première table d'association pour vérifier si une entrée pour le même message MER\_Request existe déjà dans cette table. La vérification se base sur la comparaison des champs (adresse de l'hôte, type de

l'hôte, adresse multicast) de la première table d'association avec ceux mentionnés dans le message MER\_Request reçu. Si une entrée existe déjà dans la première table, le nœud racine 4 génère (étape 74) un message MER\_Reply en y incluant l'adresse de l'hôte @hôte, le type de l'hôte « type\_hôte », l'adresse multicast « mcast@ », et une durée de vie égale à la durée de vie restante de l'entrée trouvée. Le nœud racine 4 inclus également dans le message MER\_Reply un statut qui est fonction de l'adresse de l'initiateur du message MER\_Request et de l'adresse du routeur MER indiquée dans l'entrée trouvée. Si l'initiateur du message MER\_Request n'est pas celui enregistré dans l'entrée trouvée, le nœud racine 4 indique un champ statut mis à NON\_MER dans le message MER\_Reply. Si l'initiateur du message MER\_Request est le même que celui enregistré dans l'entrée trouvée, le nœud racine 4 indique un champ statut mis à MER dans le message MER\_Reply. A l'étape 76, le message MER\_Reply est ensuite envoyé au nœud RPL (2, 3).

Si le message MER\_Request reçu par le nœud racine 4 est nouveau, c'est à dire, si les champs dudit message n'ont pas encore été enregistrés dans la première table d'association, le nœud racine 4 ajoute une nouvelle entrée (étape 78) dans ladite première table d'association comprenant les valeurs indiquées pour les champs du message MER\_Request, c'est-dire, l'adresse de l'hôte et optionnellement le type de l'hôte et l'adresse multicast. Le nœud racine 4 fixe aussi la durée de vie de l'entrée ajoutée à une valeur non nulle et indique dans cette entrée l'adresse du routeur RPL (2, 3) ayant envoyé le message MER\_Request comme étant l'adresse du routeur multicast sélectionné par le nœud racine 4 (c'est-à-dire le Multicast Edge Router / MER) pour ledit nœud hôte (6, 8).

A l'étape 80 le nœud racine 4 génère ensuite un message MER\_Reply (par exemple un message DAO ACK si le nœud RPL a envoyé un MER\_Request sous la forme d'un message DAO) et envoie ce message au nœud RPL source du MER\_Request (étape 76). Le message MER\_Reply contient les mêmes informations que celles mentionnées dans le message MER\_Request reçu avec en plus un champ statut mis à MER et un champ durée de vie égale à la durée de vie restante de l'entrée créée.

Par ailleurs, si une durée de vie d'une entrée dans la table d'association arrive à expiration, le nœud racine 4 supprime l'entrée concernée de la première table d'association.

La figure 3 illustre la séquence d'échange de messages entre deux nœuds RPL, 2 et 3, et le nœud racine 4 pour configurer un nœud RPL pour la source 6.

A l'étape 90, la source 6 diffuse un paquet de données multicast comportant, outre les données utiles, un entête indiquant l'adresse de la source @S et l'adresse multicast mcast@ du groupe auquel appartient le(s) nœud(s) destinataire(s) du paquet de données.

A la réception du paquet diffusé, chacun des nœuds RPL 2 et 3 enregistre dans sa deuxième table d'association une entrée contenant l'adresse de la source 6 (@S) et optionnellement le type de l'hôte ('source') et l'adresse du groupe multicast (mcast@) si une telle entrée n'existe pas déjà, et met son statut à PENDING ainsi qu'une durée de vie non nulle de cette entrée dans ladite table.

Chacun des nœuds RPL 2, 3 génère ensuite un message MER\_Request, par exemple un message DAO, comportant un champ dédié à l'adresse de la source @S, un champ optionnel dédié au type de l'hôte [type d'hôte = source] et un dernier champ optionnel dédié à l'adresse multicast du groupe mcast@ et envoie (étapes 92 et 94) le message MER\_Request au nœud racine 4.

Dans ce cas, chaque nœud RPL 2, 3 peut, si sa mémoire disponible le lui permet, stocker le paquet multicast reçu de la source 6 en attendant la réponse MER\_Reply du nœud racine 4.

A l'étape 98, le nœud racine 4 envoie au nœud RPL 2 un message MER\_Reply comportant les mêmes informations que celles mentionnées dans le message MER\_Request reçu de ce nœud RPL 2 avec en plus un champ statut mis à MER et un champ lifetime indiquant la durée de vie de ce nœud RPL 2 dans ce statut.

A la réception du message MER\_Reply, le nœud RPL 2 met son statut à MER dans sa deuxième table d'association, transfère le paquet de données vers l'arbre multicast, et vide sa mémoire.

Parallèlement, à l'étape 100, le nœud racine 4 envoie au nœud RPL 3 un message MER\_Reply comportant les mêmes informations que celles mentionnées dans le message MER\_Request reçu de ce nœud RPL 3 avec en plus un champ statut mis à NON\_MER et un champ lifetime indiquant la durée de vie de ce nœud RPL3 dans ce statut.

A la réception du message MER\_Reply, le nœud RPL 3 met son statut à NON\_MER dans sa deuxième table d'association.

Lorsque le nœud RPL 2 reçoit ultérieurement un nouveau paquet multicast de la source 4 (étape 102), il re-route (étape 102) automatiquement le paquet de données reçu vers l'arbre multicast.

Et lorsque le nœud RPL 3 reçoit ultérieurement un nouveau paquet de la source 4 (étape 104), il ignore ce paquet et vide sa mémoire.

La figure 4 illustre la séquence d'échange de messages entre les deux nœuds RPL, 2 et 3, et le nœud racine 4 pour la sélection d'un nœud RPL routeur pour le récepteur 8.

A l'étape 106, le récepteur 8 diffuse une requête d'adhésion à un groupe multicast (p.ex. un message de type MLD report (Multicast Listener Discovery)) comportant, un entête indiquant l'adresse du récepteur @R (c.à.d. l'adresse source de la requête d'adhésion) et l'adresse multicast mcast@ du groupe auquel souhaite adhérer ledit récepteur 8.

A la réception de la requête d'adhésion au groupe multicast, chacun des nœuds RPL 2 et 3 enregistre dans sa deuxième table d'association l'adresse de l'hôte 8 et optionnellement le type de l'hôte (récepteur) ainsi que l'adresse multicast que l'hôte souhaite joindre, met le champ statut à PENDING dans ladite deuxième table d'association et configure le champ lifetime avec une durée de vie non nulle. Chaque nœud RPL 2, 3 mémorise la requête d'adhésion (p.ex. le message MLD Report) reçu si sa mémoire disponible le lui permet.

Chacun des nœuds RPL 2, 3 génère ensuite un message MER\_Request (par exemple un message DAO) contenant un champ dédié à l'adresse de l'hôte, un champ optionnel dédié au type de l'hôte (type d'hôte = récepteur) et un dernier champ

optionnel dédié à l'adresse multicast mcast@ du groupe, et envoie (étapes 108 et 110) le message MER\_Request au nœud racine 4.

A l'étape 112, le nœud racine 4 envoie au nœud RPL 2 un message MER\_Reply comportant les mêmes informations que celles mentionnées dans le message MER\_Request reçu de ce nœud RPL 2 avec en plus un champ statut mis à MER et un champ lifetime indiquant la durée de vie de ce statut pour le nœud RPL2.

A la réception du message MER\_Reply, le nœud RPL 2 met son statut à MER dans sa deuxième table d'association, déclenche la création de la branche de l'arbre multicast, et supprime le message MLD de sa mémoire.

Parallèlement, à l'étape 114, le nœud racine 4 envoie au nœud RPL 3 un message MER\_Reply comportant les mêmes informations que celles mentionnées dans le message MER\_Request reçu de ce nœud RPL 3 avec en plus un champ statut mis à NON\_MER et un champ lifetime indiquant la durée de vie de ce statut pour le nœud RPL3.

A la réception du message MER\_Reply, le nœud RPL 3 met son statut à NON\_MER dans sa deuxième table d'association et supprime le message MLD de sa mémoire.

Le procédé selon l'invention s'applique à la fois dans le contexte des réseaux informatiques/télécom à faible ressources (*Low power and Lossy Networks* : LLNs), par exemple les réseaux de capteurs sans fils (*Wireless Sensor Networks*), ainsi que dans les réseaux de télécommunications IP multicast grâce à :

- la définition d'un mécanisme d'échange de messages dans le réseau (p.ex. dans un réseau RPL) entre un ensemble de routeurs multicast et un nœud racine ; l'échange permettant au nœud racine de désigner un routeur multicast pour servir une source multicast ou un récepteur multicast (c.à.d. accepter/transférer un paquet multicast venant d'une source multicast ou envoyer un paquet multicast vers un récepteur multicast);

- La définition d'une première table d'association dans le nœud racine et d'une deuxième table d'association dans chaque nœud routeur (p.ex. routeur RPL) qui associent un routeur multicast sélectionné (MER) avec un ou plusieurs groupes multicast ainsi qu'un ou plusieurs sources et/ou récepteurs, et

- La définition de fonctionnalités de gestion desdites tables d'association (ajout/suppression d'entrées dans la table d'association) au niveau du nœud racine et des nœuds routeurs.

- La définition des fonctionnalités spécifiant les conditions de sélection d'un routeur multicast (MER) au niveau du nœud racine;

- La définition des fonctionnalités spécifiant les conditions de sélection d'un routeur multicast (MER) au niveau des routeurs multicast.

Il est important de noter que la présente invention s'applique quel que soit le mode de routage du trafic multicast utilisé dans le réseau RPL ; qu'il s'agisse en particulier du mode dit « multicast storing » tel que défini par la spécification RPL ou encore du mode dit « multicast non-storing » défini dans [C.Janneteau, M. Kellil, BD12830 « Procédé de routage d'un flux en mode non-stockage », demande de brevet français déposée le 11 juillet 2011 sous le n° 11 56273].

## REVENDICATIONS

1. Procédé de sélection d'un nœud routeur dans un réseau de télécommunications de type LLN (pour Low power and Lossy Networks) comportant :

- une pluralité de nœuds (2,3) susceptibles d'agir comme routeurs de paquets de données en provenance ou à destination d'au moins un nœud hôte (6, 8) appartenant à un groupe de nœuds multicast susceptibles d'émettre et/ou de recevoir des paquets de données à travers ledit réseau,

- un nœud racine (4) comportant une première table destinée à mémoriser des associations entre au moins un nœud routeur (2,3) et au moins un nœud hôte (6,8),

procédé caractérisé par les étapes suivantes:

- à la réception par un nœud routeur (2,3) d'un paquet de données multicast provenant d'un nœud hôte (6) ou d'une requête d'adhésion à un groupe multicast provenant d'un nœud hôte (8), ledit nœud routeur (2,3) transmet au nœud racine (4) une requête MER\_Request (pour Multicast Edge Router Request) de configuration en tant que nœud routeur multicast pour servir ledit nœud hôte, et,

- à la réception de la requête MER\_Request, le nœud racine (4) détermine à partir de ladite première table d'association une configuration du nœud routeur (2,3) et,

- transmet audit nœud routeur (2,3) un message de réponse MER\_Reply comportant la configuration déterminée.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la requête MER\_Request comporte l'adresse dudit nœud hôte (6,8), et le message de réponse MER\_Reply comporte l'adresse dudit nœud hôte (6, 8), et une durée de la configuration déterminée pour le nœud routeur (2,3) vis-à-vis du nœud hôte source (6, 8), et Optionnellement, l'adresse du groupe multicast auquel est associé ledit nœud hôte.

3. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la configuration du nœud routeur (2,3) consiste à lui attribuer l'un des statuts suivants:

- MER (Multicast Edge Router): indiquant que le nœud routeur (2,3) est configuré en tant qu'unique routeur multicast pour le nœud hôte (4),

5                   • NON\_MER: indiquant que le nœud routeur (2,3) n'est pas configuré en tant que routeur multicast pour le nœud hôte (4).

4. Procédé selon la revendication 3 comportant en outre une étape consistant à configurer dans chaque nœud routeur (2,3) une deuxième table d'association  
10 comportant les informations suivantes :

- l'adresse du nœud hôte source (6) du paquet de données ou du nœud hôte source (8) d'une requête d'adhésion à un groupe multicast reçu par le nœud routeur (2,3);

15                   ▪ un statut du nœud routeur (2,3) vis-à-vis dudit nœud hôte (6, 8) parmi l'un des statuts PENDING, MER, ou NON\_MER.

- une durée de vie du statut du nœud routeur (2,3) vis-à-vis du nœud hôte (6, 8).

5. Procédé selon la revendication 4 dans lequel la deuxième table d'association comporte en outre le type du nœud hôte (6, 8) indiquant si ledit nœud hôte  
20 (6, 8) est source (6) ou destinataire (8) des paquets de données reçus par le nœud routeur (2,3).

6. Procédé selon la revendication 4 dans lequel la deuxième table d'association comporte en outre l'adresse du groupe multicast auquel est associé le  
25 nœud hôte (6, 8);

7. Procédé selon la revendication 5 dans lequel, lorsque le nœud hôte (6) est source des paquets de données reçus par le nœud routeur (2,3) ayant un statut  
30 MER vis-à-vis dudit nœud hôte (6), le nœud routeur (2, 3) intercepte tous les paquets

multicast émis par ledit nœud hôte (6) et les re-route dans le réseau, et lorsque le nœud hôte (8) est destinataire des paquets de données reçus par le nœud routeur (2,3), ce dernier intercepte la requête d'adhésion à un groupe multicast émises par ledit nœud hôte (8) et déclenche la création d'une branche de routage multicast dans ledit réseau pour ledit groupe multicast.

8. Procédé selon la revendication 4 comportant en outre une étape de gestion de ladite deuxième table d'association dans laquelle, à la réception par le nœud routeur (2,3) d'un paquet de données comportant une adresse d'un nouveau nœud hôte source (6) de paquets de données, ledit nœud routeur (2,3) :

- enregistre dans ladite deuxième table d'association l'adresse dudit nouveau nœud hôte source (6), une valeur PENDING pour le statut du nœud routeur (2,3) vis-à-vis de ce nouveau nœud hôte source (6), et une valeur non nulle pour la durée de vie du statut du nœud routeur vis-à-vis du nouveau nœud hôte source (6),
- génère un message MER\_Request comportant l'adresse du nouveau nœud hôte source (6), et optionnellement l'adresse du groupe multicast auquel est associé ce nouveau nœud hôte source (6),
- transmet le message MER\_Request généré au nœud racine (4).

9. Procédé selon la revendication 4 comportant en outre une étape de gestion de ladite deuxième table d'association dans laquelle, à la réception par le nœud routeur (2,3) d'une requête d'adhésion à un groupe multicast émise par un nouveau nœud hôte (8), ledit nœud routeur (2,3) :

- enregistre dans ladite deuxième table d'association l'adresse du nouveau nœud hôte destinataire (8), une valeur PENDING pour le statut dudit nœud routeur (2,3) vis-à-vis dudit nouveau nœud hôte destinataire (8) et une valeur non nulle pour la durée de vie du statut du nœud routeur (2,3) vis-à-vis du nouveau nœud hôte destinataire (8),

- génère un message MER\_Request comportant l'adresse du nouveau nœud hôte destinataire (8) et optionnellement l'adresse du groupe multicast auquel ce nouveau nœud hôte destinataire (8) souhaite s'inscrire,

- transmet le message MER\_Request généré au nœud racine (4).

5

10. Procédé selon la revendication 8 ou la revendication 9 dans lequel le nœud routeur (2,3) stocke le paquet de données reçu ou la requête d'adhésion reçue en attendant une réponse MER\_Reply du nœud racine (4).

10

11. Procédé selon la revendication 10 dans lequel, à la réception par le nœud routeur (2,3) d'un message de réponse MER\_Reply comportant un statut NON\_MER, ledit nœud routeur (2,3):

- vérifie s'il existe dans la deuxième table d'association un nœud hôte (6,8) concerné par le message de réponse MER\_Reply reçu;

15

- Si oui, met son statut vis-à-vis du nœud hôte concerné à NON\_MER, et,

- remplace la valeur de la durée de vie de son statut vis-à-vis du nœud hôte (6,8) concerné par celle indiquée dans le message MER\_Reply reçu.

20

12. Procédé selon la revendication 11 dans lequel, si le nœud hôte (6) concerné par le message MER\_Reply est source du paquet de données reçu par le nœud routeur (2,3), ce dernier supprime de sa mémoire les paquets de données préalablement stockés pendant la phase d'attente de la réponse MER\_Reply, et si ledit nœud hôte (8) est destinataire du paquet de données reçu par le nœud routeur (2,3), ce dernier supprime le message reçu du nœud destinataire préalablement stocké.

25

13. Procédé selon la revendication 10 dans lequel, à la réception par le nœud routeur (2,3) d'un message de réponse MER\_Reply comportant un statut MER ledit nœud routeur :

- vérifie s'il existe dans la deuxième table d'association un nœud hôte (6,8) concerné par le MER\_Reply reçu,

- Si oui, ledit nœud routeur (2,3) met son statut vis-à-vis du nœud hôte concerné à MER, et,

5 - remplace la durée de vie de son statut vis-à-vis du nœud hôte (6,8) concerné par celle indiquée dans le message MER\_Reply reçu.

14. Procédé selon la revendication 13 dans lequel, si le nœud hôte (6) concerné par le message MER\_Reply est source du paquet de données reçu par le nœud  
10 routeur (2,3), ce dernier re-route lesdits paquets à travers le réseau, et si ledit nœud hôte est destinataire (8) desdits paquets, le nœud routeur (2,3) établit une branche multicast dans le réseau allant vers ledit nœud hôte (8).

15 15. Procédé selon la revendication 10 dans lequel, si aucun nœud hôtes (6,8) de la deuxième table d'association n'est concerné par le message de réponse MER\_Reply transmis par le nœud racine (4), ledit nœud routeur (2,3) ignore le message reçu du nœud racine (4).

16. Procédé selon l'une des revendications 11 ou 13 dans lequel le nœud routeur (2,3) supprime de la deuxième table d'association son statut vis-à-vis d'un  
20 nœud hôte (6,8) lorsque la durée de vie de ce statut expire.

17. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9 comportant une étape de gestion de ladite première table d'association dans laquelle, à la réception par le nœud racine (4) du message MER\_Request, ledit nœud racine (4) vérifie si le message reçu  
25 correspond à une entrée préalablement mémorisée dans la première table d'association et, si le message provient d'un nœud routeur (2,3) différent de celui qui est inscrit pour ladite entrée, le nœud racine (4) envoie audit nœud routeur (2,3) un message MER\_Reply comportant les mêmes informations que celles mentionnées dans le message

MER\_Request reçu avec un statut NON\_MER pour ce routeur (2,3) vis-à-vis du nœud hôte (6, 8) mentionné dans le message reçu, et la durée de vie restante de ladite entrée.

5 18. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9 comportant une étape de gestion de ladite première table d'association dans laquelle, à la réception par le nœud racine (4) du message MER\_Request, ledit nœud racine (4) vérifie si le message reçu correspond à une entrée préalablement mémorisée dans la première table d'association, et si aucune entrée dans ladite première table d'association ne correspond aux informations mentionnées dans le message MER\_Request reçu par le nœud racine (4) ,  
10 ledit nœud racine (4) ajoute une nouvelle entrée dans ladite première table d'association comportant outre les informations contenues dans le message MER\_Request, une durée de vie non nulle pour l'entrée ajoutée, et un statut MER du nœud routeur (2,3) vis-à-vis du nœud hôte (4) mentionné dans le message reçu.

15 19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 18 dans lequel ledit réseau de télécommunication est du type LLN (Low power and Lossy Network).

20 20. Dispositif de sélection d'un nœud routeur dans un réseau de télécommunications de type LLN (pour Low power and Lossy Networks) comportant:

- une pluralité de nœuds routeurs (2,3) susceptibles d'agir comme routeurs de paquets de données en provenance ou à destination d'au moins un nœud hôte (6,8) appartenant à un groupe multicast susceptible d'émettre et/ou de recevoir des paquets de données à travers ledit réseau,

25 - un nœud racine (4) comportant une première table d'association destinée à mémoriser des associations entre au moins un nœud routeur (2,3) et au moins un nœud hôte (6, 8) du groupe multicast, dispositif caractérisé en ce que :

- chaque nœud routeur (2,3) est apte à transmettre au nœud racine (4) une requête MER\_Request (pour Multicast Edge Router Request) de configuration en tant  
30 que nœud routeur, et, en ce que,

- le nœud racine (4) est apte à déterminer à partir de ladite première table d'association une configuration du nœud routeur (2, 3), et à transmettre audit nœud routeur (2, 3) un message de réponse MER\_Reply comportant la configuration déterminée.

5

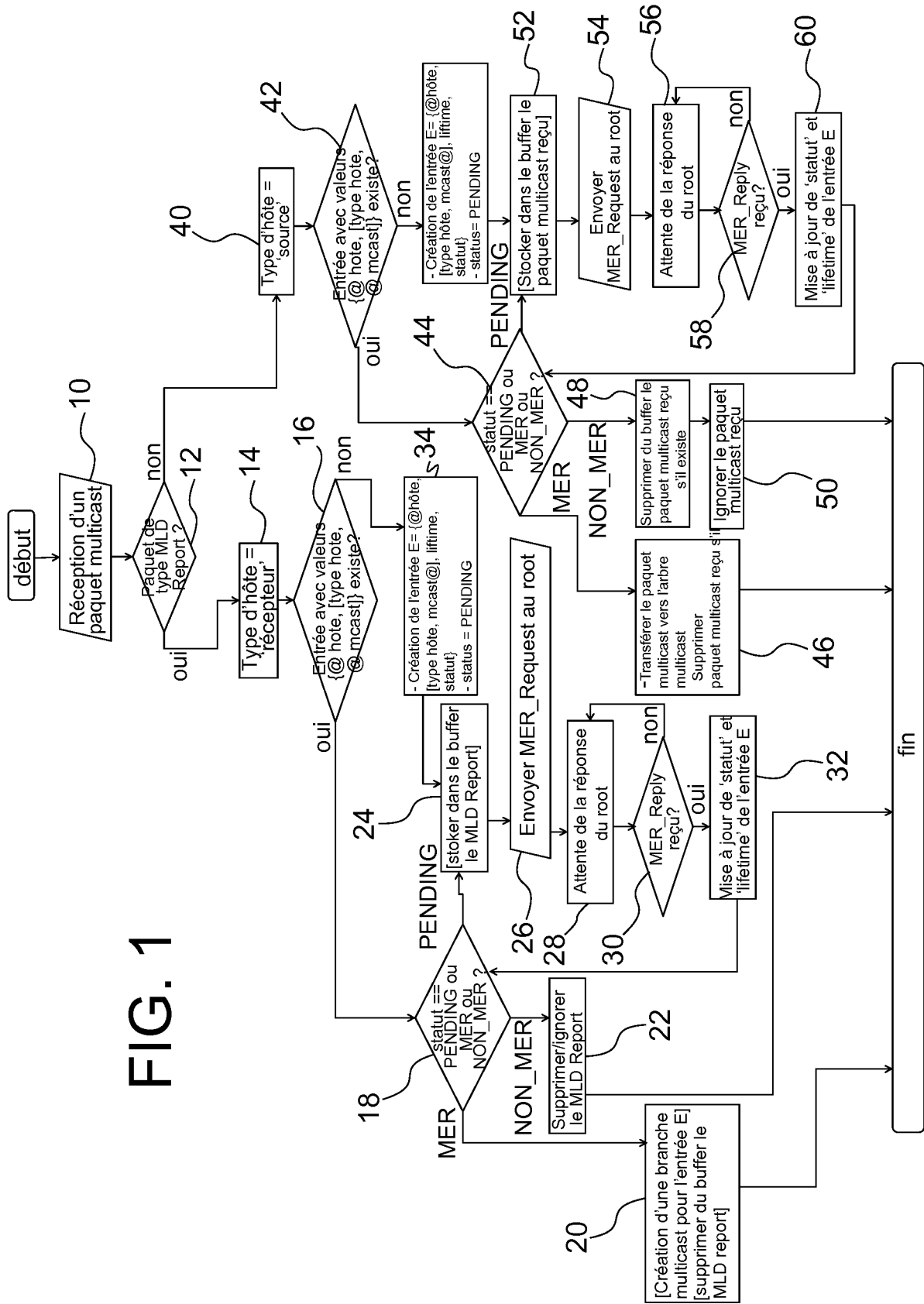
21. Dispositif selon la revendication 20 dans lequel ledit réseau de télécommunication est du type LLN (Low power and Lossy Network).

22. Programme d'ordinateur mémorisé sur un support d'enregistrement et comportant des instructions pour réaliser les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 19 lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

15

20

25



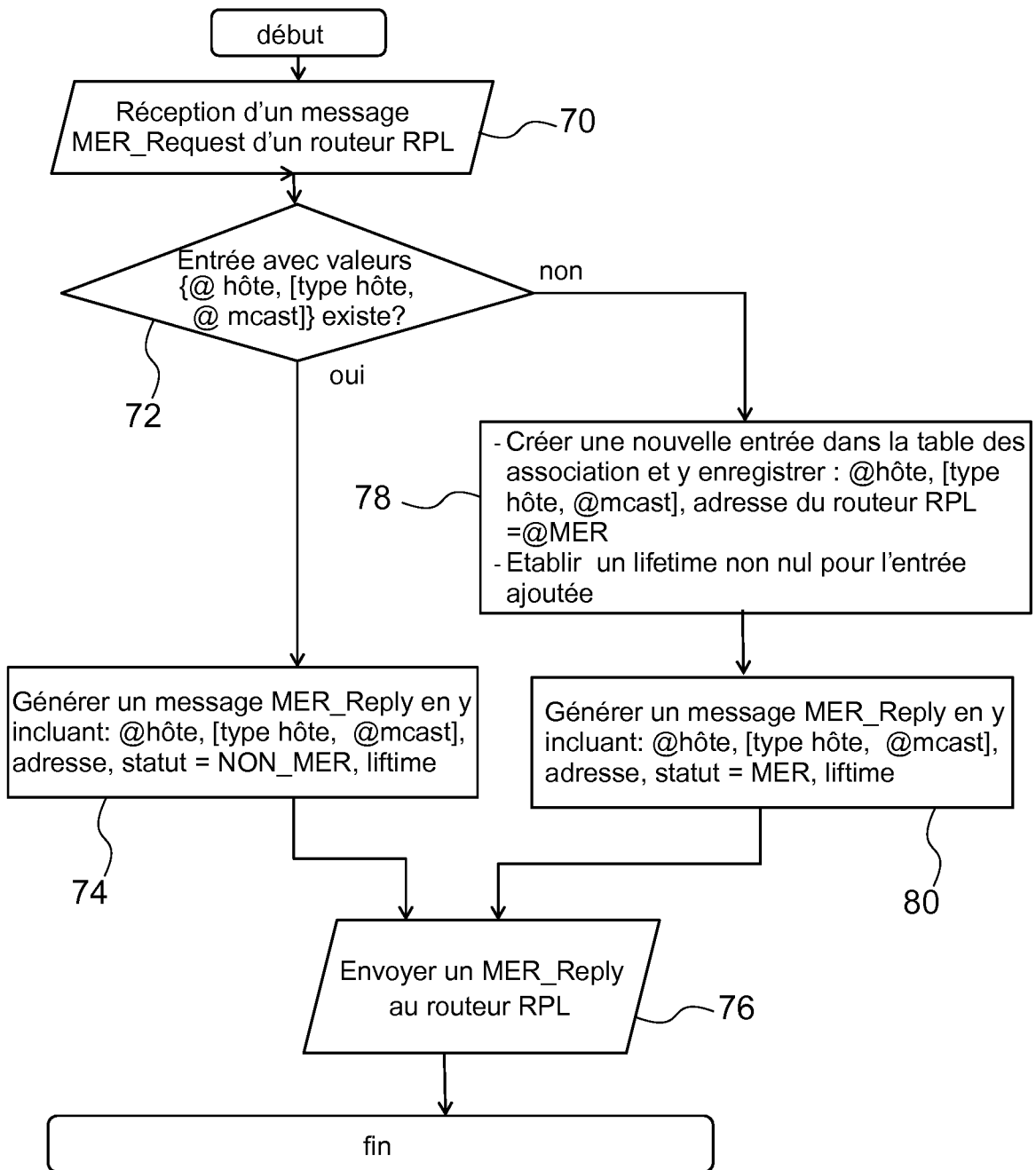


FIG. 2

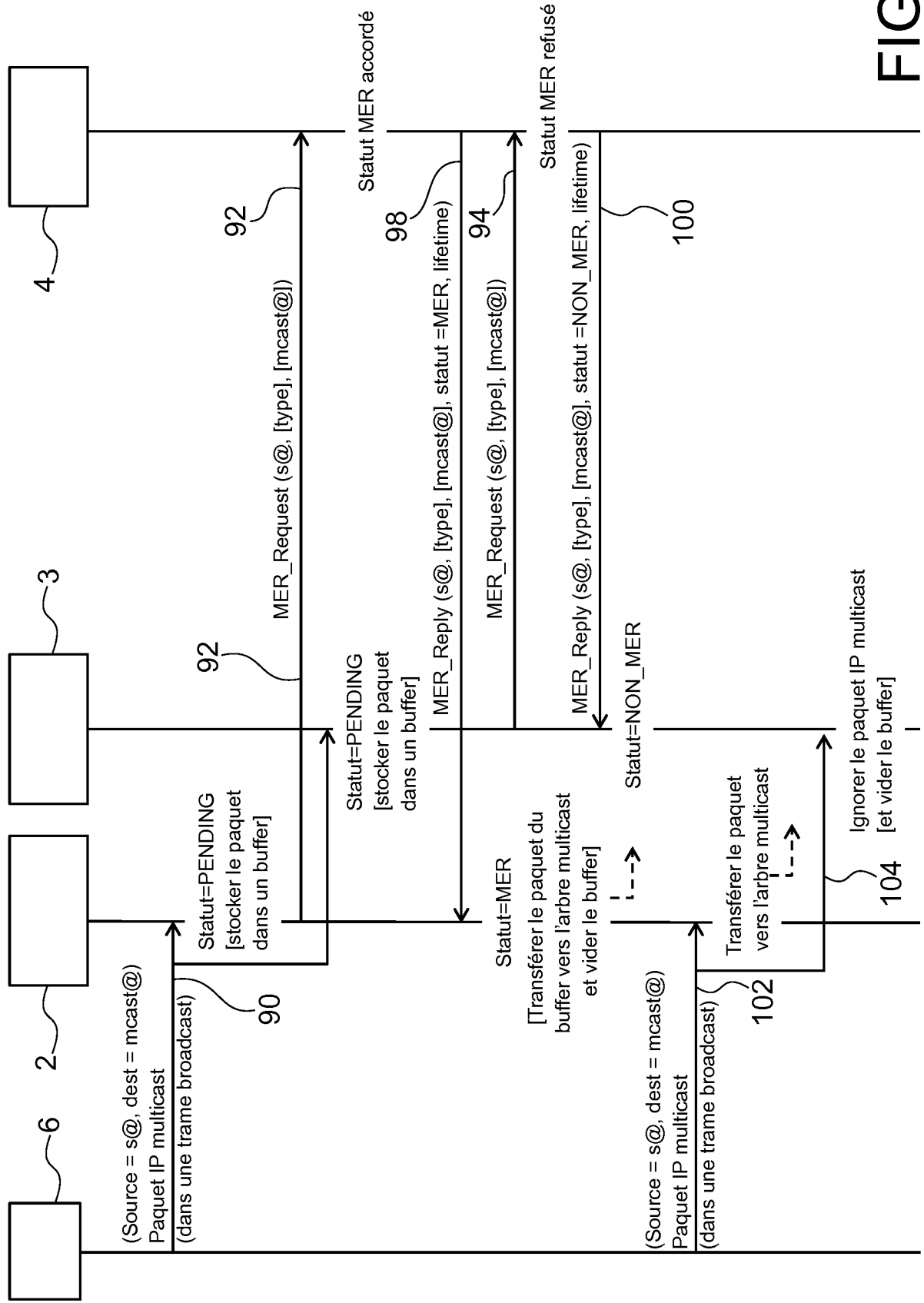


FIG. 3

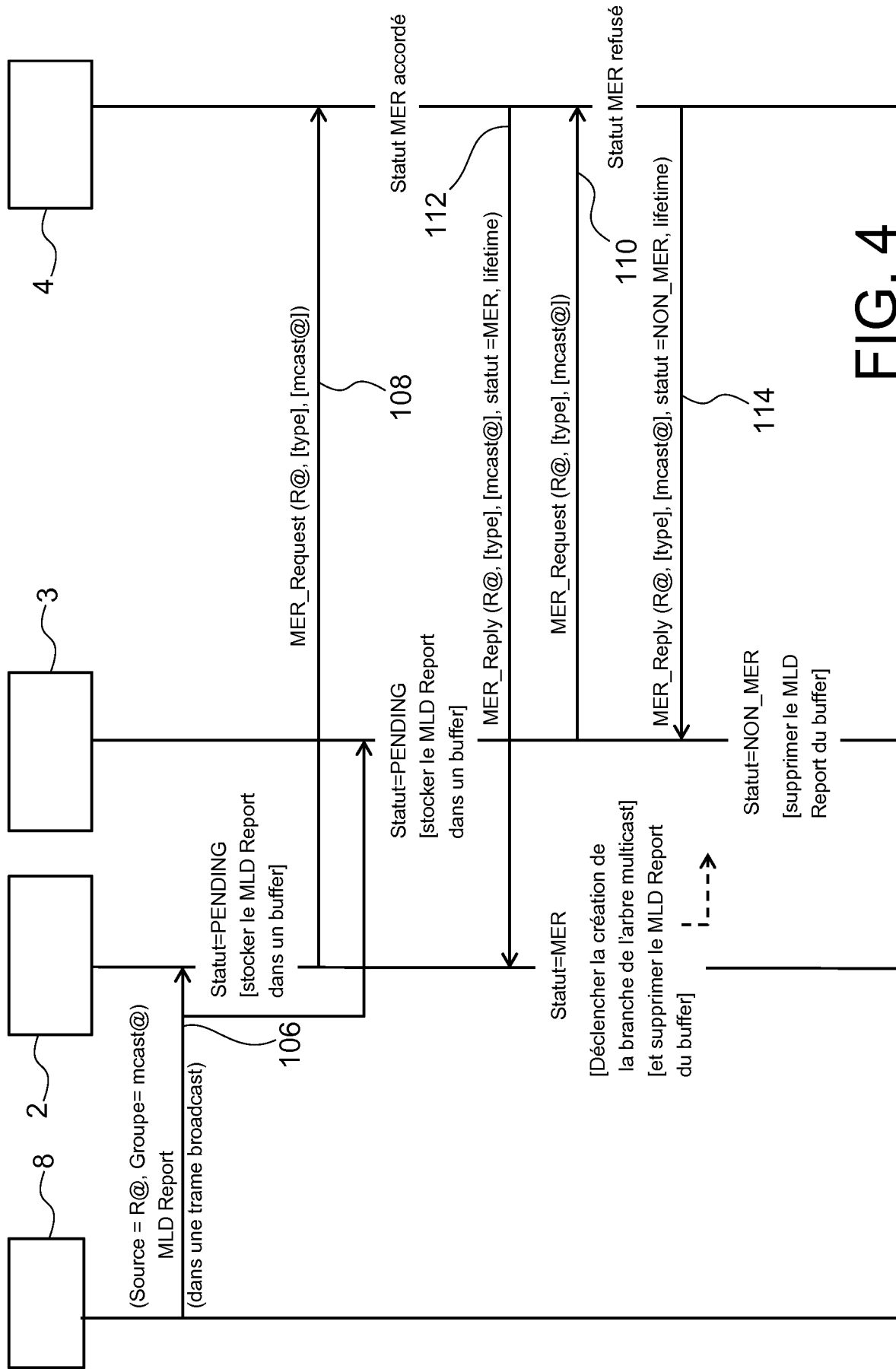


FIG. 4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2013/054321

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H04L12/753 H04L12/761 H04L12/18  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H04L  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/232031 A1 (VASSEUR JEAN-PHILIPPE [US] ET AL) 17 September 2009 (2009-09-17)	1-3,20, 22
Y	figures 1,5,6 paragraph [0022] - paragraph [0028] ----- -/--	1-22

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search <b>19 June 2013</b>	Date of mailing of the international search report <b>27/06/2013</b>
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>Clemente Lafuente, G</b>
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/054321

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WINTER T ET AL: "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low power and Lossy Networks; draft-ietf-roll-rpl-19.txt", RPL: IPV6 ROUTING PROTOCOL FOR LOW POWER AND LOSSY NETWORKS; DRAFT-IETF-ROLL-RPL-19.TXT, INTERNET ENGINEERING TASK FORCE, IETF; STANDARDWORKINGDRAFT, INTERNET SOCIETY (ISOC) 4, RUE DES FALAISES CH- 1205 GENEVA, SWITZERLAND, no. 19, 14 March 2011 (2011-03-14), pages 1-163, XP015074831,	1-3,20, 22
Y	abstract Sections 1, 2, 9.10, 12, -----	1-22
A	VAN DER STOK P ET AL: "Multicast requirements for control over LLN; draft-vanderstok-roll-mcreq-00.txt", MULTICAST REQUIREMENTS FOR CONTROL OVER LLN; DRAFT-VANDERSTOK-ROLL-MCREQ-00.TXT, INTERNET ENGINEERING TASK FORCE, IETF; STANDARDWORKINGDRAFT, INTERNET SOCIETY (ISOC) 4, RUE DES FALAISES CH- 1205 GENEVA, SWITZERLAND, 27 February 2012 (2012-02-27), pages 1-10, XP015080840, abstract Sections 3-5 -----	1-22

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/054321

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009232031	A1	NONE	17-09-2009

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/054321

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H04L12/753 H04L12/761 H04L12/18 ADD.				
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE				
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H04L				
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche				
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
X Y	US 2009/232031 A1 (VASSEUR JEAN-PHILIPPE [US] ET AL) 17 septembre 2009 (2009-09-17) figures 1,5,6 alinéa [0022] - alinéa [0028] ----- -/--	1-3,20, 22 1-22		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe                 </td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités:				
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  19 juin 2013	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  27/06/2013			
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé  Clemente Lafuente, G			

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>WINTER T ET AL: "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low power and Lossy Networks; draft-ietf-roll-rpl-19.txt",                      RPL: IPV6 ROUTING PROTOCOL FOR LOW POWER AND LOSSY NETWORKS;                      DRAFT-IETF-ROLL-RPL-19.TXT, INTERNET ENGINEERING TASK FORCE, IETF;                      STANDARDWORKINGDRAFT, INTERNET SOCIETY (ISOC) 4, RUE DES FALAISES CH- 1205 GENEVA, SWITZERLAND,                      no. 19, 14 mars 2011 (2011-03-14), pages 1-163, XP015074831,                      abrégé</p>	1-3,20, 22
Y	<p>Sections 1, 2, 9.10, 12,                      -----</p>	1-22
A	<p>VAN DER STOK P ET AL: "Multicast requirements for control over LLN; draft-vanderstok-roll-mcreq-00.txt",                      MULTICAST REQUIREMENTS FOR CONTROL OVER LLN; DRAFT-VANDERSTOK-ROLL-MCREQ-00.TXT, INTERNET ENGINEERING TASK FORCE, IETF;                      STANDARDWORKINGDRAFT, INTERNET SOCIETY (ISOC) 4, RUE DES FALAISES CH- 1205 GENEVA, SWITZERLAND,                      27 février 2012 (2012-02-27), pages 1-10, XP015080840,                      abrégé                      Sections 3-5                      -----</p>	1-22

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/054321

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009232031	A1	17-09-2009	AUCUN