

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication :

2 952 776

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national :

09 05518

51) Int Cl⁸ : H 04 L 12/28 (2006.01), H 04 B 7/26

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 17.11.09.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.05.11 Bulletin 11/20.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

72) Inventeur(s) : LEGUAY JEREMIE, CONAN VANIA et WHITBECK JOHN.

73) Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74) Mandataire(s) : MARKS CLERK FRANCE.

54) PROCÉDE ET SYSTÈME POUR DISTRIBUER DU CONTENU AVEC DES GARANTIES DE DELAIS DE LIVRAISON DANS LES RESEAUX RADIO HYBRIDES.

57) Procédé pour disséminer des messages M_i ou le contenu d'informations dans un réseau dit hybride comprenant une ossature de réseau (10) comprenant des entités pilotes, et un réseau mobile (20) composé de N noeuds utilisateur mobiles (101i), lesdits noeuds mobiles communiquant de manière « ad hoc » entre eux lorsqu'ils sont en portée radio, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes:

Au niveau de chacune des entités pilotes de l'ossature du réseau, exécuter un algorithme d'ordonnement des transferts d'au moins un message M_i en exécutant les étapes suivantes:

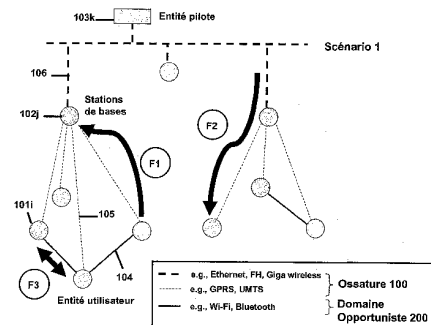
Soit $S_c(t)$ l'ensemble des noeuds mobiles ayant souscrit au contenu de type C.

Soit M_i un message correspondant au contenu de type C,

Pour chaque message M_i contenu dans la base de données (2), si un noeud utilisateur mobile U_i est présent dans le voisinage d'une entité pilote, alors si U_i est abonné au contenu de type M_i , transférer le message M_i à l'utilisateur mobile U_i ,

Soit $I_{M_i}(t)$ le nombre de noeuds ayant reçu un message M_i contenant des informations dans le réseau à l'instant t ,

exécuter une boucle de contrôle pour disséminer les messages à tous les noeuds mobiles ayant souscrit à la réception d'un contenu M_i en fonction de l'avancée de cette dissémination afin de respecter les délais requis pour la distribution dudit message.



FR 2 952 776 - A1



PROCEDE ET SYSTEME POUR DISTRIBUER DU CONTENU AVEC DES GARANTIES DE DELAIS DE LIVRAISON DANS LES RESEAUX RADIO HYBRIDES

5 L'objet de la présente invention concerne la distribution de données ou distribution de contenus en respectant des contraintes de délais dans un réseau de communications radio hybride caractérisé par la présence d'au moins deux canaux de communications radio aux caractéristiques différentes. Typiquement, l'un sera omniprésent, et éventuellement à faible
10 débit, tandis que l'autre sera moins fréquemment disponible, mais offrant des débits plus élevés, la valeur du rapport du faible débit et du débit plus élevé étant par exemple de 10.

Un "faible débit" correspond par exemple à environ 100kB/s et les "débits plus élevés" à environ 1Mbit/s.

15

Le procédé selon l'invention s'applique par exemple:

- Scénario 1 représenté à la figure 1a: Dans un réseau constitué d'appareils mobiles (e.g. des téléphones portables) ou entités utilisateurs 101i pouvant communiquer entre eux directement par le
20 système Bluetooth ou WiFi ad-hoc (liaison 104) représenté par des traits pleins et la flèche F3 et d'antennes relais fixes qui peuvent être des stations de bases (102j) ou d'autres entités mobiles qui communiquent entre elles selon la flèche F3 sur un réseau d'infrastructure de type GSM (Global System Mobile) ou WiFi
25 infrastructure (technologie de réseau informatique sans fil mise en place pour fonctionner en réseau interne). L'ossature 100 du système est composée par exemple d'un réseau Ethernet, FH ou Giga wireless sur laquelle sont reliée des entités pilotes (103k) et des stations de base. La communication entre les entités utilisateurs et les entités pilotes se fait par l'intermédiaire des stations de base 102j selon la
30 flèche F1 ou F2 et par des liaisons UMTS ou GPRS (105). Une

station de base communique avec une entité pilote via des liaisons Ethernet, FH ou encore Giga wireless (106). Le domaine opportuniste 200 est notamment constitué de stations de base et d'entités utilisateurs qui communiquent entre elles via la liaison 104.

- 5 • Scénario 2 représenté sur la figure 1b: Dans un réseau entièrement mobile, dont les nœuds 107i possèdent une radio UHF (abréviation de Ultra High Frequency) courte portée mais haut débit (liaison 108), et/ou une radio VHF (Abréviation de Very High Frequency) longue portée mais à faible débit (liaison 109). Les nœuds mobiles 107i
10 communiquent entre eux (flèche F3) et grâce à la VHF (flèche F1), par la UHF si les nœuds sont en portée radio (flèche F2) ou par une combinaison des deux (flèche F3). Les entités pilotes 111k peuvent se situer sur n'importe quelle entité du réseau. Le domaine opportuniste 200 est constitué dans ce cas des entités utilisateurs mobiles qui
15 communiquent entre elles par exemple via des liaisons UHF.

Le mot « ossature » désigne dans les exemples qui vont être donnés, un réseau d'infrastructure GSM ou 3G ou en un réseau de nœuds mobiles qui sont équipés de radio de type ad hoc utilisant des technologies VHF.

Le mot « opportuniste » désigne l'ensemble des opportunités de
20 communication créées au gré de la mobilité des nœuds mobiles Uj lorsqu'ils sont en portée radio : typiquement Wi-Fi de type ad hoc pour l'exemple de scénario (1) et communication UHF de type ad hoc pour le scénario(2).

25 Dans le reste de la description illustrant l'invention, on fera une distinction entre d'une part l'"ossature" du réseau, constitué d'entités fixes et/ou mobiles offrant un accès réseau omniprésent, plutôt à faible débit et éventuellement connecté à un réseau filaire (e.g. Internet), et d'autre part le domaine "opportuniste" du réseau, fréquemment déconnecté, constitué des entités dont la mobilité génère des opportunités de communications haut-
30 débit.

Ces deux réseaux se superposent géographiquement et les entités "opportuniste" sont capables d'utiliser le réseau omniprésent offert par l'ossature du réseau. Cet accès à l'ossature du réseau se fait ou bien par une communication radio fréquence (e.g. GSM ou WiFi), ou bien directement
5 quand une entité est à la fois opportuniste et intégrée à l'ossature du réseau (e.g. lorsque chaque entité embarque à la fois des radios UHF et VHF).

Parmi les différentes entités du réseau, on qualifiera d'«utilisateurs» les entités qui souscrivent et/ou produisent du contenu, et de « pilotes » celles qui agrègent les abonnements et les offres de contenus
10 dont elles contrôlent la diffusion. Une même entité peut aussi être à la fois "utilisateur" et "pilote".

Les utilisateurs du réseau peuvent être classifiés selon plusieurs axes:

- Rôle: on distingue les "éditeurs", qui publient du contenu, et les
15 "abonnés" qui souscrivent à un contenu. Un même utilisateur peut être à la fois "éditeur" et "abonné".

- Mobilité: Par abus de langage, on distinguera les utilisateurs "mobiles", présents sur le réseau opportuniste et capable de se connecter à l'ossature du réseau, et les utilisateurs "fixes", uniquement présents dans
20 l'ossature.

Par ailleurs, on définit sous le mot "contenu" ou sous l'expression "contenu d'informations" un ensemble de données ou d'informations qui doivent être disponibles pour un utilisateur ayant souscrit à un service.

Les expressions "nœud mobile" ou "entité mobile" désignent un
25 même objet.

Dans un réseau ad hoc, chaque entité ou nœud du réseau va communiquer directement avec ses voisins sans passer par une infrastructure. Si la destination n'est pas en portée radio de la source, cette
30 dernière peut faire passer ses données par une suite d'autres entités qui se

chargeront de les acheminer grâce à un protocole de routage enfoui dans chacune d'elle.

Les réseaux comprenant des entités mobiles communiquant avec des entités fixes situées dans l'infrastructure sont en général plus bas débit
5 que les liaisons ad hoc mais ils bénéficient d'une portée radio plus longue. Les capacités de communication entre l'infrastructure et les entités mobiles sont très souvent des ressources critiques et coûteuses (coûteuse par exemple sur la qualité du service global qui se traduit par un besoin en bande passante). Lorsque l'on désire transférer du contenu vers un grand
10 nombre d'entités mobiles, le réseau risque alors de s'effondrer ou le service proposé de devenir trop onéreux.

Dans le cas de réseaux de télécommunications grand public, les entités mobiles que sont les téléphones portables sont munis d'une connectivité vers un ou plusieurs réseaux d'infrastructure 3G (norme de
15 téléphonie mobile) et/ou Wi-Fi par exemple, et sont également munis de capacités de communication ad hoc vers les autres entités mobiles (Bluetooth et/ou Wi-Fi en mode ad hoc). Les entités fixes, représentant, par exemple des fournisseurs de contenu, peuvent être des serveurs situés dans le cœur de l'Internet. Dans la terminologie utilisée dans la présente invention,
20 les entités mobiles sont des utilisateurs mobiles, tandis que les fournisseurs de contenu sont à la fois des utilisateurs fixes et des pilotes. Les antennes relais et les routeurs du réseau de l'opérateur, constituent l'ossature du réseau.

Dans ces réseaux hybrides, du contenu peut alors être échangé
25 comme il est illustré à la figure 1a ou à la figure 1b des entités pilotes vers les entités utilisateurs ou des utilisateurs vers les entités pilotes, voir la flèches référencées F1 et F2, entre les entités utilisateurs eux-mêmes, selon la flèche référencée F3. Plus précisément :

La flèche F1 correspond à l'envoi d'un contenu par une entité
30 pilote 103k dans Internet, par exemple, vers les entités utilisateur 101i. La

transmission du contenu devant être distribué à un utilisateur qui a souscrit à un service, peut être relayée d'un utilisateur à un autre.

La flèche F2 correspond à l'envoi d'un contenu entité utilisateur mobile 101i vers une entité pilote 103k.

5 La flèche F3 est l'échange (l'envoi ou la réception d'un contenu) entre les utilisateurs mobiles 101i.

De nombreux paradigmes ou modèles de communication peuvent être mis en place pour ces échanges d'information, comme par exemple :

10 le modèle client-serveur dans lequel les utilisateurs fixes hébergent le contenu sur des serveurs auxquels les utilisateurs mobiles peuvent se connecter pour récupérer le contenu qui les intéresse. Les utilisateurs mobiles recherchent parmi la liste des contenus disponibles sur les serveurs ceux qui les intéresse; le modèle publication/souscription connu de l'Homme
15 du métier consiste en une messagerie asynchrone où les émetteurs (éditeurs) de messages n'envoient pas leurs messages vers des récepteurs spécifiques ou abonnés. Au lieu de cela, les messages publiés sont identifiés par des classes. Les abonnés expriment leur intérêt pour les classes de messages qu'ils souhaitent recevoir, sans connaissance, a priori, des
20 classes publiées. Ce découplage entre les éditeurs et les abonnés permet le passage à l'échelle et permet de gérer une forte dynamique de la topologie réseau. L'exemple choisi pour illustrer le procédé selon l'invention sera donné dans le cadre d'un modèle de publication/souscription.

Les utilisateurs ayant « souscrit » à une série de contenus, ou
25 d'informations, à la manière d'une souscription à un flux RSS (RSS désigne une famille de formats XML utilisés pour la syndication de contenu Web) peuvent avoir des contraintes de délais en réception. A titre d'exemple, les personnes ayant souscrit aux versions journalières PDF (Portable Document Format) d'un journal (par exemple, le New York times) dont l'information
30 n'est pertinente que le jour de la publication, désirent recevoir la version journalière avant midi chaque jour. Ces contraintes en délais de réception

peuvent être relaxées pour d'autres types de contenu, comme des titres de musique (par exemple un fichier MP3) d'un artiste donné, ou des reportages documentaires en vidéo (par exemple l'histoire de France ou d'autres sujets).

Les services visés pour lesquels le procédé et le système selon l'invention peuvent être appliqués sont, par exemple, des services de contenus à la demande, en analogie avec la télévision à la demande (VoD abréviation anglo-saxonne de Video on Demand). Ces contenus peuvent être par exemple : des mises à jour logicielles, des vidéos (épisodes d'une série télé, documentaires), un journal en version électronique, des publications d'un blog.

Dans ce contexte, la démultiplication des canaux de communication entre éditeurs et abonnés interdit l'utilisation d'approches comme la diffusion multicast (méthode de diffusion de l'information d'un émetteur (source unique) vers un groupe (plusieurs supports/medias). La distribution massive d'un même contenu en provenance d'un fournisseur/hébergeur de service et à destination d'utilisateurs mobiles s'effectue le plus souvent en diffusant successivement le contenu à chacun des utilisateurs intéressés. Ceci pose notamment des problèmes de charge sur l'ossature du réseau. Le procédé de type multicast, ne permet donc pas de distribuer massivement du contenu à destination d'utilisateurs mobiles tout en garantissant que le contenu d'informations attendu par un utilisateur parvienne dans un délai donné tout en minimisant la charge sur l'ossature du réseau.

Le modèle publication/souscription permet de mettre en relation les producteurs et les consommateurs de données, en minimisant les échanges par des mécanismes d'abonnement et de gestion des flux.

Dans la majeure partie des cas d'utilisations, le modèle publication/souscription est supporté par un intergiciel orienté messages ou MOM (abréviation anglo-saxonne de Message-Oriented Middlewares). Le service de distribution de données pour des systèmes temps-réels ou en langue anglo-saxon « Data Distribution Service for Real-time Systems (DDS)

[DDS] » est, par exemple, une spécification d'un MOM fonctionnant sur le modèle publication/souscription offrant des garanties temps réel sur un réseau local LAN (en anglais, Local Area Network). Ces intergiciels fournissent un canal de communication partagé et omniprésent dans les systèmes d'informations modernes qui permet à de nombreuses applications hétérogènes de s'intégrer et d'échanger des messages.

Dans le domaine du pair à pair (P2P en anglais, peer-to-peer) permettant à plusieurs ordinateurs de communiquer via un réseau, de partager simplement des objets, de nombreuses approches ont été proposées pour distribuer des données en soulageant les serveurs de contenu. Un exemple de protocole connu de l'art antérieur permet à une entité (appelée *seed*, graine en anglais) de partager un contenu avec un grand nombre en réduisant l'impact en termes de bande passante, utilisation processeur sur elle-même. Les utilisateurs désirant récupérer le contenu sont appelés pairs (peer en anglais). Chaque pair ayant récupéré une partie du contenu la met immédiatement à disposition des autres.

Dans le type de réseau considéré dans ce document, la topologie change régulièrement aux grés des rencontres entre les entités mobiles, et/ou entre les entités mobiles et l'ossature du réseau. La difficulté pour les implémentations traditionnelles du modèle publication/souscription est donc de construire et de maintenir les index permettant de mettre en relation éditeurs et abonnés, puis de distribuer le contenu d'un point à un autre en passant les messages d'une entité mobile à une autre au gré de la mobilité.

Pour le routage du contenu dans un réseau constitué uniquement d'entités mobiles, de nombreux travaux ont été conduit dans le domaine des réseaux tolérants aux délais (DTN en anglais, Delay/Disruption Tolerant Networks). Dans les DTNs, les nœuds sont mobiles et se rencontrent de manière opportuniste ou prévisible. Le nombre de nœuds voisins (avec qui un nœud est en contact) à chaque instant est assez faible et le graphe de connectivité est en permanence partitionné. La probabilité d'avoir un chemin de bout en bout entre une paire de nœuds à un instant donné est donc très

faible (voire nulle) lorsqu'ils ne sont pas à portée l'un de l'autre. L'acheminement des paquets de données ne pouvant se faire avec les mécanismes de routage IP classiques (e.g. Internet) dans les réseaux DTN, il peut se baser sur le principe suivant : stockage et transmission (en anglais, « Store and Forward »). Par exemple, les messages peuvent être routés avec un routage épidémique dans lequel les messages se propagent de manière épidémique dans le réseau. Selon un autre type de routage de type "Spray and Wait" le nœud source décide de transmettre le message à N nœuds qu'il rencontre. D'autres méthodes connues de l'art antérieur considèrent l'historique des contacts qui est utilisé afin de déterminer s'il est opportun ou non de retransmettre un message.

Il est aussi connu d'utiliser un algorithme distribué permettant de construire des communautés d'utilisateurs ayant une mobilité similaire. Le nœud le plus central d'une communauté est élu courtier (broker en anglais) afin de supporter des disséminations de données de type publication/souscription au sein de ces communautés.

Dans la publication de Stratis Ioannidis, Augustin Chaintreau et Laurent Massoulié, intitulée « Optimal and Scalable Distribution of Content Updates over a Mobile Social Network », Proc of INFOCOM 2009, Rio de Janeiro, Brésil, les auteurs étudient la dissémination de flots de contenu (e.g., flux RSS) à partir de serveur dans l'infrastructure vers des utilisateurs mobiles dans les réseaux hybrides supportant la dissémination épidémique du contenu en utilisant les capacités de communication ad hoc. Les auteurs proposent une méthode permettant au fournisseur de contenu d'allouer aux utilisateurs mobiles une certaine bande passante sur le réseau d'accès à l'infrastructure telle que la fraîcheur globale du contenu soit maximale, tout en étant équitable vis à vis de la quantité de contenu reçu par les utilisateurs. Dans cette publication, l'allocation des ressources sur le réseau d'infrastructure s'effectue de manière statique et globale en considérant une unique source de contenus. Aucune boucle de contrôle n'est utilisée pour réallouer les ressources en fonction des performances réelles observées.

Malgré tous les avantages qu'elles présentent, les méthodes connues de l'art antérieur ne permettent pas d'ajuster la dissémination des données au cours du temps en fonction de l'avancée de cette dissémination pour respecter les délais requis, délais dans lesquels les informations doivent être délivrées à un utilisateur.

L'objet de la présente invention concerne un procédé pour disséminer des messages M_i ou le contenu d'informations dans un réseau dit hybride comprenant une ossature de réseau comprenant des entités pilotes, une entité pilote comprenant au moins une base de données de contenu ou de messages à disséminer, un module d'ordonnancement des transferts des messages, un module de courtage, un module de mesure de l'état de dissémination des messages M_i et un réseau mobile composé de N nœuds mobiles 101i, lesdits nœuds mobiles communiquant de manière « ad hoc » entre eux lorsqu'ils sont en portée radio, ladite infrastructure communiquant avec les entités mobiles 101i du réseau mobile caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes:

- Au niveau de chacune des entités pilotes de l'ossature du réseau, exécuter un algorithme d'ordonnancement des transferts d'au moins un message M_i en exécutant les étapes suivantes:
- Soit $S_C(t)$ l'ensemble des nœuds mobiles ayant souscrit au contenu de type C .
- Soit M_i un message correspondant au contenu de type C ,
- Pour chaque message M_i contenu dans la base de données, si un nœud mobile 101i est présent dans le voisinage d'une entité pilote, alors si 101i est abonné au contenu de type M_i , transférer le message M_i à l'utilisateur mobile 101i,
- Soit $I_{M_i}(t)$ le nombre de nœuds ayant reçu un message M_i contenant des informations dans le réseau à l'instant t :

- Soit ETAT, l'état général du processus de dissémination du message M_i , ETAT prenant une valeur initiale « ENCOURS ».
- Tant que ETAT = « ENCOURS », exécuter toutes les ΔT secondes les étapes suivantes:
 - 5 ○ Récupérer du module de mesure d'états de la dissémination les états $I_{M_i}(t)$ indiquant à l'instant courant t les nœuds mobiles ou entités du réseau mobile ayant reçu le message M_i .
 - 10 ○ Récupérer du module de courtage l'ensemble $S_C(t)$ des utilisateurs mobiles abonnés au contenu de type Type C.
 - Si cardinal $I_{M_i}(t) = \text{cardinal } S_C(t)$
 - Mettre ETAT = « ARRETER »
 - SINON
 - 15 ▪ Calculer $T_{\text{exp}}(M_i)$, le temps restant avant expiration de M_i
 - Si $T_{\text{exp}}(M_i) > 0$, c'est-à-dire qu'il reste du temps avant que le contenu du message M_i devienne obsolète,
 - 20 • Appeler la fonction « Dissémination(M_i, I_{M_i}, S_C) » qui va permettre de disséminer ou transmettre le message M_i à toutes les entités qui ont souscrit au contenu de type C.
 - Sinon
 - 25 • Retirer M_i de la base de données, le contenu du message M_i (informations) est devenu obsolète.

Le processus gérant les rencontres entre deux nœuds mobiles 101i suit, par exemple, une loi de Poisson d'intensité λ et en ce que la fonction de dissémination comporte au moins les étapes suivantes:

5 la probabilité pour qu'un nœud ou entité mobile 101i n'ayant pas encore reçu le message le reçoive est donnée par :

- $Pr [I(t + dt) - I(t) = 1] = \lambda I(t) [N - I(t)] dt + o(dt)$
- $Pr [I(t + dt) - I(t) > 1] = o(dt)$

- déterminer l'état $I(t)$ de la propagation ou distribution d'un message M_i
- 10 ➤ estimer à cet instant t la probabilité $Pr [I(t + \Delta t) = N | I(t)]$ que tous les nœuds ou entités mobiles 101i ayant souscrit au service de distribution du message M_i aient reçu le message ou contenu d'information, si on attend un temps Δt supplémentaire.

En se fixant : une valeur seuil σ , un délai D (égal à $Exp(M_i)$) pour diffuser un message M_i à l'ensemble des nœuds du réseau, exécuter l'algorithme suivant :

- estimer m le plus petit nombre de nœuds mobiles qui doivent initialement recevoir le message M_i de sorte que $Pr (I(D) = N | I(0) = m) \geq \sigma$ et faire

20 à chaque appel de l'algorithme:

- Si $Pr (I(D) = N | I(t) = i) \geq \sigma$ alors ne rien modifier
- Sinon, la probabilité de pouvoir disséminer le message M_i grâce aux m nœuds initiaux est faible, alors chercher le plus petit nombre k de nœuds permettant la diffusion du message M_i vers toutes les entités ayant souscrit au service de transmission de M_i , tant que $Pr (I(D) = N | I(t) = i + k) \geq \sigma$, et ajouter k nœuds

mobiles à l'ensemble, les k nœuds ajoutés étant choisis au hasard.

5 Selon un mode de réalisation, chaque nœud i rencontre un autre nœud j selon un processus de Poisson d'intensité λ_{ij} ,

Soit $p_i(t)$ la probabilité que le nœud i soit infecté à l'instant t , et $I(t) = (p_i(t))_i$, le nombre de nœuds ayant reçu le message M_i

➤ établir la relation suivante:

$$\begin{aligned} p_i(t + dt) &= p_i(t) + (1 - p_i(t)) \left(1 - \prod_{j \neq i} (1 - p_j(t) \lambda_{ij} dt + o(dt)) \right) \\ &= p_i(t) + (1 - p_i(t)) \left(\sum_{j \neq i} p_j(t) \lambda_{ij} dt \right) + o(dt) \end{aligned}$$

10 ➤ connaissant $I_M(t)$ (l'état de la propagation du message M_i à l'instant t), fixer les valeurs de $p_i(t) \in \{0, 1\}$ selon que le nœud $101i$ a reçu le message M_i ou non,

➤ estimer les $p_i(t + \Delta t | I(t))$,

15 ➤ connaissant $I(t)$, calculer la probabilité de succès de la diffusion du message M_i à tous les nœuds mobiles $101i$ à l'instant $t + \Delta t$,

$$Pr_{succ}(t + \Delta t | I(t)) = \prod p_i(t + \Delta t | I(t))$$

Sachant que $Pr_{succ}(D) \geq \sigma$, en permanence, la probabilité qu'un nœud ou entité mobile reçoive le message M_i dans le délai de vie du message soit est à une valeur seuil σ

20 répéter toutes les ΔT secondes:

$I_{M_i,old}(t) = I_M(t)$ correspond à l'ensemble de nœuds qui ont reçu le message M_i .

Tant que $S_C(t) \neq I_{M_i}(t)$ et $Pr_{succ}(D | I_{M_i}(t)) < \sigma$;

- Pour chaque nœud ou entité mobile s appartenant à l'ensemble des nœuds qui a adhéré ou souscrit au contenu C mais qui n'a pas encore reçu le message, recalculer la valeur de la probabilité $Pr_{succ}(D | I_M(t))$ en supposant que s est infecté
- 5
- Soit s_{max} le nœud qui, lorsqu'il a reçu le message M_i , fait le plus augmenter la valeur de la probabilité $Pr_{succ}(D | I_M(t))$,
 - Rajouter s_{max} à l'ensemble des nœuds infectés en faisant $I_{M_i}(t) = I_{M_i}(t) \cup \{s_{max}\}$

Puis diffuser le contenu ou le message M_i vers les nœuds appartenant à l'ensemble $I_M(t) \setminus I_{M_i,old}(t)$, c'est-à-dire le nouvel ensemble excluant l'ancien ensemble.

L'estimation des probabilités $p_i(t + \Delta t | I(t))$ est réalisée, par exemple, en résolvant le système

$$\frac{dp_i(t)}{dt} = (1 - p_i(t)) \left(\sum_{j \neq i} p_j(t) \lambda_{ij} \right) \text{ de manière approchée.}$$

15 L'invention concerne aussi un système permettant de disséminer un contenu d'informations ou message M_i au sein d'un réseau comprenant une ou plusieurs entités pilotes communiquant avec un ou plusieurs nœuds mobiles ou utilisateurs 101i communiquant avec au moins une des entités pilotes caractérisé en ce que :

- 20
- au moins une entité pilote comporte au moins les éléments suivants :
 - une Base de données des messages M_i à distribuer vers les entités mobiles ou nœuds ayant souscrit à ce type de contenu
 - un module de courtage maintenant la liste des entités mobiles étant abonnées à un certain type de contenu,
- 25
- un Module de connaissance et apprentissage de la mobilité des dites entités mobiles,

- un module de mesure de l'état des disséminations des messages Mi référencés dans la base de données,
- un module de routage,
- un module d'ordonnancement des transferts permettant de décider
5 quel(s) sont le ou les message(s) qui doivent être transférés à un instant donné et vers quelle(s) entité(s) mobiles(s) via le réseau d'infrastructure et exécutant les étapes de l'algorithme d'ordonnancement décrit ci-dessus, en utilisant les informations fournies par la base de données, par le module de courtage, par le
10 module de mesure de l'état des disséminations, par le module de routage, et par un module d'apprentissage de la mobilité,
- une entité mobile du réseau mobile comprenant au moins les éléments suivants :
 - une base de données des messages Mi reçus,
 - 15 ○ un module de courtage permettant à une entité mobile de s'enregistrer à un service,
 - un module d'ordonnancement des transferts qui permet de décider quel(s) message(s) doivent être transférés et vers quelle(s) entité(s) mobiles.

20

D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé des figures qui représentent :

- 25 • La figure 1a un premier exemple de réseau hybride dans lequel peut être mis en œuvre le procédé selon l'invention, et la figure 1b un deuxième exemple,
- La figure 2, de manière schématique la boucle de transmission du contenu d'informations selon l'invention,

- La figure 3, les fonctions élémentaires présentes dans un "pilote", et
- La figure 4, la liste des fonctions élémentaires présentes dans un utilisateur mobile du réseau de communication hybride.

5 Afin de mieux faire comprendre l'objet de la présente invention, l'exemple qui va suivre est donné dans le cadre d'un réseau comprenant une infrastructure (avec son réseau d'accès) ainsi que des utilisateurs fixes et mobiles. Les utilisateurs mobiles 101i sont par exemple dans un contexte 3G des téléphones portables. L'infrastructure correspond, par exemple, au
10 réseau d'un opérateur de téléphonie mobile et comprend des éditeurs fixes qui sont par exemple des serveurs de contenu hébergés dans le cœur de l'Internet ou dans un réseau cœur du fournisseur d'accès 3G. Dans cet exemple, on considère que les éditeurs de contenu sont également les "pilotes" de sa diffusion.

15 Sans sortir du cadre de l'invention, il serait possible d'utiliser un utilisateur mobile comme source de contenu et/ou comme "pilote" de sa diffusion.

 Le procédé utilise notamment une boucle de contrôle, schématisée par exemple à la figure 2, pour disséminer de façon massive le
20 contenu de données ou d'informations à partir d'éditeurs fixes dans l'ossature du réseau vers les utilisateurs mobiles qui ont souscrit audit contenu, en respectant les délais maximaux de livraison associés.

 Sur la figure 2 est représentée une boucle comprenant une consigne C ordonnant la livraison d'un contenu de données M_i à un groupe
25 G d'utilisateurs mobiles 101i dans un délai maximal D correspondant à un délai fixé en fonction des informations à transmettre. De manière itérative, en fonction de l'observation de la distribution ou des livraisons du contenu déjà effectuées au niveau des utilisateurs mobiles, ce qui correspond à la mesure Y sur la figure 2, le procédé selon l'invention détermine l'erreur E relative à la
30 consigne C, afin de décider quel sous-ensemble d'abonnés mobiles qui n'ont pas encore reçu les informations et qui devraient les recevoir, doit recevoir le

contenu d'informations via l'ossature du réseau pour respecter la contrainte de délai associée à Mi (contenu d'informations). Dans l'exemple précédent, le contenu à transmettre était le contenu du journal New York Times, avec un délai d'un jour, par exemple, les informations journalières pouvant être
5 considérées comme périmées le jour suivant.

La figure 3 illustre les différents éléments et modules (référencés 10 sur la figure) devant être présents dans chacune des entités "pilotes" qui contrôlent la diffusion des contenus.

1. API de publication : Cette interface est utilisée par les fournisseurs de
10 contenu pour publier un contenu. Cette interface permet de spécifier les paramètres de qualité de service (QoS en anglais, Quality of Service) associés à la dissémination (e.g, le message Mi n'est plus pertinent après l'instant T). Afin de caractériser le contenu publié, de nombreuses techniques peuvent être utilisées, comme par exemple l'utilisation de métadonnées ou
15 de topics (par exemple /news/ basket-ball/europe/championship pour les informations concernant les résultats du championnat européen de basket). Cette API permet de passer le message (e.g., intégralité ou sous-partie d'un contenu) à la base de données 2 des messages Mi.

2. Base de données des messages : Les entités "pilotes" du réseau utilisant
20 le procédé sont munies d'une mémoire ou une base de données leur permettant de stocker les messages Mi à distribuer vers les utilisateurs ayant souscrit à un service donné leur permettant d'obtenir dans un délai donné le contenu des messages Mi. Les messages Mi ayant expiré sont automatiquement effacés de cette base de données, c'est-à-dire que les
25 messages ont une durée de vie ou délai d'expiration, délai à partir duquel, l'information n'a plus de valeur instantanée pour un utilisateur. Ils seront donc éliminés de cette base de données dès que la valeur de l'instant auquel l'utilisateur les reçoit est supérieure au délai d'expiration.

3. Module de courtage : Ce module permet de maintenir la liste des
30 utilisateurs abonnés à un certain contenu, caractérisé comme indiqué

précédemment (e.g, en utilisant par exemple des métadonnées ou des topics).

5 4. Module de connaissance et apprentissage de la mobilité : Ce module connaît a priori, ou recueille des informations concernant la mobilité (passée ou future) des nœuds mobiles (ces informations peuvent être recueillies en utilisant une cellule GSM Global system Mobile, ou encore des données GPS Global Positioning system) ou concernant leurs interactions (e.g, fréquence des contacts entre deux entités mobiles données, planification de la mobilité d'un utilisateur). Ces informations permettent au module 7 d'ordonnancement des transferts d'optimiser globalement la distribution du contenu de l'information (messages Mi à distribuer dans un délai donné à un utilisateur ayant souscrit).

15 5. Module de mesure de l'état des disséminations : Ce module mesure l'état de la dissémination des messages Mi référencés dans la base de données 2 des messages en recevant principalement des notifications de livraison de la part des utilisateurs via l'ossature du réseau. Il récolte les informations sur la livraison ou non du contenu d'informations attendu par un client. Ces informations qui remontent des entités mobiles vers la source du contenu permettent la mise en œuvre du canal de retour proposé dans ce procédé.

20 Le module peut également demander si besoin ces informations directement aux utilisateurs.

25 6. Module de routage : Ce module permet de connaître la meilleure route ou les différentes routes possibles pour joindre un utilisateur donné. C'est cette route ou chemin par lequel les messages Mi seront transmis. Les utilisateurs peuvent être joignables de manière synchrone via l'ossature du réseau, par exemple un chemin IP (Internet Protocol existe), cette information est alors donnée par un protocole de routage IP et des mécanismes de résolution d'adresse (e.g, DNS, méthode ou protocole qui offre la capacité à un dispositif du réseau tel qu'un routeur d'utiliser le protocole « Internet Protocol

30 Suite ». Les utilisateurs peuvent être également joignables de manière

asynchrone en utilisant un acheminement opportuniste, cette information est alors donnée par un protocole de routage DTN connu de l'Homme du métier et ayant notamment pour fonction de changer en temps réel des configurations de noms de domaines, d'adresses ou encore d'autres informations.

7. Ordonnancement des transferts : Ce module permet de décider quel(s) sont le ou les message(s) qui doivent être transférés à un instant donné et vers quelle(s) entité(s) mobiles(s) via l'ossature du réseau. Cette décision est prise en utilisant les informations fournies par la base de données 2 des messages M_i , par le module de courtage 3, par le module de l'état des disséminations 5, par le module de routage 6, ainsi que par le module d'apprentissage de la mobilité 4. L'algorithme d'ordonnancement utilisé par le procédé selon l'invention est explicité dans la suite du document.

8. Gestion des émissions : Ce module effectue l'émission des messages en provenance du module d'ordonnancement 7 des transferts vers les utilisateurs mobiles 101i ayant souscrit à un service.

L'algorithme d'ordonnancement peut être implémenté sous une forme logicielle dans une pile de routage applicatif ou de surcouche ou "overlay".

La figure 4 illustre quant à elle les différents modules et éléments (référence 11) présents chez un utilisateur mobile 101i du réseau mobile.

12. Base de données des messages : Les utilisateurs mobiles du réseau sont munis d'une mémoire leur permettant de stocker les messages M_i qu'elles ont reçus en transit à redistribuer. Les messages dont le délai de livraison se trouve dans le passé sont automatiquement effacés de cette base de données. On dira de tels messages, qu'ils ont expiré.

13. Module de courtage : Ce module permet à l'utilisateur mobile de s'enregistrer via l'API de souscription 19 comme souscripteur pour un certain contenu de données caractérisé comme indiqué précédemment (en utilisant par exemple des méta données ou des topics). Ce module garde une

connaissance locale des souscriptions du nœud. Les mises à jour sont transmises aux "pilotes" des contenus via l'ossature du réseau.

5 14. Module de routage : Ce module permet de connaître la route pour joindre des entités via l'ossature mais surtout de découvrir les nœuds à proximité d'un autre nœud en utilisant les capacités de communication ad hoc du réseau mobile par exemple.

10 15. Ordonnancement des transferts : Ce module permet de décider quel(s) message(s) doivent être transférés et vers quelle(s) entité(s). Cette décision est prise en utilisant les informations fournies par la base de données 12 des messages, par le module de courtage 13, et par le module de routage 16. L'algorithme utilisé est décrit dans la suite du document.

16. Gestion des émissions : Ce module effectue les transferts des messages Mi en provenance du module d'ordonnancement des transferts 15 vers les entités mobiles 101i en portée radio.

15 17. Module de réception : Ce module réceptionne les messages en provenance des autres entités puis les stocke dans la base de données des messages 12 si ceux-ci n'ont pas expiré, c'est-à-dire que le message ayant une durée de vie donnée, cette dernière n'est pas périmée. Ce module décide de transférer chaque message Mi reçu vers l'API de notification 10 si
20 l'entité hébergeant le module est abonnée de ce type de messages, cette information est donnée par le module de courtage 13.

18. API de notification : Cette interface notifie les applications locales ayant souscrit à un contenu de l'arrivée d'un message Mi correspondant à ce type de contenu.

25 19. API de souscription : Cette interface permet aux applications locales de souscrire à un certain type de contenu.

20. Module (Optionnel) d'apprentissage de la mobilité : Ce module recueille des informations concernant la mobilité (passées ou futures) du nœud mobiles (e.g, cellule GSM, données GPS) ou concernant ses interactions

avec les autres (e.g, fréquence des contacts entre deux entités mobiles données). Ces informations sont transmises périodiquement aux entités "pilotes" via l'ossature du réseau.

Algorithme du module d'ordonnement 7 des transferts

5 L'algorithme peut être implémenté sous une forme logicielle dans une pile de "routage" applicatif située dans le module 7 d'une entité de l'ossature.

On considère un réseau de nœuds ou entités mobiles.

Soit $S_C(t)$ l'ensemble des nœuds ayant souscrit au contenu C.

10 Soit M_i un message correspondant au contenu C.

Soit $I_{M_i}(t)$ le nombre de nœuds infectés, c'est-à-dire ayant reçu le message M_i à l'instant t . $I_{M_i}(t)$ est inclus dans $S_C(t)$.

L'algorithme suivant permet au module d'ordonnement 7 des transferts résidant sur les entités de l'ossature de procéder à la dissémination d'un

15 message M_i appartenant au contenu C:

- Soit ETAT, l'état général du processus de dissémination du message M_i . ETAT prenant, par exemple, pour valeur initiale « ENCOURS ».
- Tant que ETAT = « ENCOURS », exécuter toutes les ΔT

20 secondes les étapes suivantes:

- Récupérer du module de mesure d'états de la dissémination 5 les états $I_{M_i}(t)$ indiquant à l'instant courant t les nœuds mobiles ou entités du réseau mobile ayant reçu le message M_i .

25 ○ Récupérer du module de courtage 3 l'ensemble $S_C(t)$ des utilisateurs mobiles abonnés au contenu de type Type C.

- Si cardinal $I_{M_i}(t) = \text{cardinal } S_C(t)$

- Mettre ETAT = « ARRETER »
- SINON
 - Calculer $Texp(Mi)$, le temps restant avant expiration de Mi
 - 5 ▪ Si $Texp(Mi) > 0$, c'est-à-dire qu'il reste du temps avant que le contenu du message Mi devienne obsolète,
 - Appeler une fonction dénommée « Dissémination(Mi, I_{Mi}, S_C) » qui va permettre de disséminer ou transmettre le message Mi à toutes les entités qui ont souscrit au contenu C .
 - 10
 - Sinon
 - Retirer Mi de la base de données 2, le contenu du message Mi (informations) est devenu obsolète.
 - 15

La valeur de ΔT est choisie inférieure au temps d'expiration initial du contenu. Plus elle est petite, plus il est possible de contrôler la dissémination du contenu et la précision de cette dissémination. Si elle est trop petite, le système risque de mal réagir en présence d'erreurs de prédiction sur la mobilité des nœuds.

20

L'algorithme suivant permet au module d'ordonnancement des transferts 7 résidant sur les utilisateurs mobiles de fonctionner:

- Pour chaque message Mi présent dans la base de données 2,
 - Si un utilisateur mobile $101i$ est présent dans le voisinage,
 - Si $101i$ est abonné au contenu de type(Mi),
 - 25

- Transférer le message M_i à l'utilisateur mobile $101i$

Fonction « Dissémination (M_i, I_{M_i}, S_c) »

On cherche à assurer la diffusion du message M_i à l'ensemble S_c des souscripteurs du contenu C dans le délai imparti, sachant que les nœuds dans I_{M_i} ont déjà le message.

On considère le réseau constitué des N nœuds ayant souscrit au contenu C à l'instant t . $N = \text{cardinal}(S_c(t))$

Deux manières de mettre en œuvre l'algorithme vont être explicitées.

10 Cas homogène

Le premier cas suppose qu'un nœud ou entité mobile rencontre un autre nœud selon un même processus d'inter-arrivée des contacts suivant une loi de Poisson d'intensité λ .

Comme tous les nœuds sont interchangeables, il suffit dans ce premier exemple de mise en œuvre de connaître le nombre de nœuds infectés $i(t) = \text{cardinal}(I_{M_i}(t))$, pour caractériser l'état de la propagation de l'épidémie ou dissémination du contenu ou d'un message. $i(t)$ est à valeurs dans $\{1, 2, \dots, N\}$.

$i(t)$ évolue selon un processus de poisson non homogène. En effet, lorsque $i(t)$ nœuds sont infectés, c'est-à-dire qu'ils ont reçu le message M_i , et $N - i(t)$ sont sains, ce qui correspond à des entités mobiles qui n'ont pas encore reçue le message M_i , il y a un nombre égal à $i(t)[N - i(t)]$ possibilités de rencontres entre les nœuds mobiles $101i$ qui peuvent ajouter un nœud à l'ensemble $I_{M_i}(t)$ des nœuds ayant reçu le message M_i .

Ce qui conduit à la probabilité pour qu'un nœud ou entité mobile n'ayant pas encore reçu le message le reçoive :

- $Pr [i(t + dt) - i(t) = 1] = \lambda i(t) [N - i(t)] dt + o(dt)$
- $Pr [i(t + dt) - i(t) > 1] = o(dt)$

$o(t)$ est une notation classique mathématique dans le cadre d'un développement limité. Ces expressions mathématiques permettent d'expliquer les éléments théoriques sous jacent à l'implémentation du procédé décrit dans le paragraphe relatif à l'algorithme de dissémination avec rétroaction..

La succession des états d'infection (un état indique à un instant courant t le nombre de nœuds mobiles ayant un message M_i) forme une chaîne de Markov à temps continu. L'intensité de transition entre l'état $i(t) = k$ état pour lequel k nœuds mobiles ont reçu le message M_i et $i(t + dt) = k + 1$, état pour lequel $(k+1)$ nœuds ont reçu le message M_i est: $\lambda_k = \lambda k(N - k)$. Ce qui correspond à la matrice de transition suivante:

$$Q = \begin{bmatrix} -\lambda_1 & \lambda_1 & & & 0 \\ & -\lambda_2 & \lambda_2 & & \\ & & \ddots & \ddots & \\ & & & -\lambda_{N-1} & \lambda_{N-1} \\ 0 & & & & 1 \end{bmatrix}$$

Soit $\pi(t)$ le vecteur d'état de cette chaîne de Markov:

$$\pi(t + dt) = \pi(t) (\mathbf{I}_N + \mathbf{Q}dt + o(dt))$$

Ce qui donne le vecteur $\pi(t + \Delta t) = \pi(t)e^{\mathbf{Q}\Delta t}$.

Au bout d'un temps Δt , il y aura en moyenne $E(i(t + \Delta t)) = [1 \ 2 \ \dots \ N] \cdot \pi(t + \Delta t)$ nœuds infectés, c'est-à-dire qui auront reçu un message M_i .

Algorithme de diffusion avec rétroaction

Une mesure de l'état de la propagation ou distribution d'un message fournit l'état $I_{M_i}(t)$ (et donc la valeur de $i(t)$ et du vecteur $\pi(t)$ avec des 0 partout sauf pour l'état courant qui vaut 1. Il est alors possible d'estimer à cet instant la probabilité $Pr[i(t + \Delta t) = N | i(t)]$ que tous les nœuds ou entités mobiles ayant souscrit au service de distribution du message M_i aient reçu le message ou contenu d'information, si on attend un temps Δt supplémentaire.

En se fixant :

- un seuil σ (par ex 95%)
 - un délai D (égal à $Exp(M_i)$) pour diffuser un message M_i à l'ensemble des nœuds du réseau
- 5 Au premier appel de l'algorithme de diffusion avec rétroaction le plus petit nombre m de nœuds mobiles qui doivent initialement recevoir le message M_i de sorte que $Pr(i(D) = N | i(t) = m) \geq \sigma$ est estimé (probabilité que le seuil de propagation soit suffisant/totalité de la période, D est la valeur de la deadline) ; m correspond au nombre de nœuds mobiles ayant initialement
- 10 reçu le message M_i .

A chaque appel de l'algorithme:

- Si $Pr(i(D) = N | i(t) = n) \geq \sigma$ alors on ne fait rien, la probabilité de disséminer le message M_i à l'aide des n nœuds infectés à l'instant t est satisfaisante.
- 15
- Sinon, la probabilité de pouvoir disséminer le message M_i grâce aux n nœuds actuellement infectés est trop faible. On cherche alors le plus petit nombre k de nœuds supplémentaires permettant la diffusion du message M_i vers toutes les entités ayant souscrit au contenu C avec une probabilité satisfaisante.
- 20 On cherche donc le plus petit k tel que : $Pr(i(D) = N | i(t) = n + k) \geq \sigma$. Finalement on choisit au hasard k nœuds non infectés auxquels on distribue chacun une copie du message M_i en passant par l'infrastructure.

Cas non homogène

25 Estimation de la probabilité de succès de la diffusion

Chaque nœud i rencontre un autre nœud j selon un processus de Poisson d'intensité λ_{ij} , ce qui conduit à $\lambda_{ij} = \lambda_{ji}$ et $\lambda_{ii} = 0$.

Soit $p_i(t)$ la probabilité que le nœud i soit infecté à l'instant t , et la suite $(p_i(t))_i$, caractérise notre connaissance de la propagation de l'épidémie. La relation suivante est établie:

$$\begin{aligned} p_i(t + dt) &= p_i(t) + (1 - p_i(t)) \left(1 - \prod_{j \neq i} (1 - p_j(t) \lambda_{ij} dt) + o(dt) \right) \\ &= p_i(t) + (1 - p_i(t)) \left(\sum_{j \neq i} p_j(t) \lambda_{ij} dt \right) + o(dt) \end{aligned}$$

5 Ce qui donne le système d'équations différentielles suivant:

$$\frac{dp_i(t)}{dt} = (1 - p_i(t)) \left(\sum_{j \neq i} p_j(t) \lambda_{ij} \right)$$

Connaissant $I_{Mi}(t)$, on fixe les valeurs de $p_i(t) \in \{0, 1\}$ selon que le nœud mobile $101i$ est infecté ou non. On peut alors estimer les $p_i(t + \Delta t | I_{Mi}(t))$ en résolvant le système de façon approchée (en utilisant, par exemple, la
10 méthode RK4 de Runge–Kutta [RK4]).

Finalement, connaissant $I(t)$, il est possible de calculer la probabilité de succès de la diffusion d'un message M_i à tous les nœuds à l'instant $t + \Delta t$.

$$Pr_{succ}(t + \Delta t | I_{Mi}(t)) = \prod p_i(t + \Delta t | I_{Mi}(t))$$

ce qui correspond à la probabilité que des nœuds reçoivent le
15 message M_i à diffuser. La notation $\Delta t | I_{Mi}(t)$ correspond à la Probabilité qu'à $t + \Delta t$ sachant que $I_{Mi}(t)$ sont déjà infecté, tous les nœuds soient infectés.

Algorithme rétroactif glouton pour contrôler la diffusion dans le cas non homogène

Initialement, l'ensemble des nœuds mobiles ayant reçu le message M_i ,
20 $I_{Mi}(t=0)$, est l'ensemble vide.

Comme dans le modèle simplifié, on se fixe par exemple:

- un seuil σ (par ex 95%)

- un délai D (égal à $Exp(Mi)$) pour diffuser un message à l'ensemble des nœuds du réseau

On veut en permanence assurer que $Pr_{succ}(D) \geq \sigma$. C'est-à-dire qu'en permanence, on veut que la probabilité qu'un nœud ou entité mobile reçoive le message Mi dans le délai de vie du message soit supérieur à une valeur seuil. Cette valeur seuil est choisie en fonction de l'information contenue dans le message Mi . C'est une donnée d'entrée au processus de dissémination ; c'est la tolérance au fait qu'un certain nombre de nœuds ne soient pas infectés à la fin.

10 Pour cela, on va utiliser l'algorithme glouton suivant (répété toutes les ΔT secondes):

$I_{Mi_old}(t) = I_{Mi}(t)$ correspond à l'ensemble de nœuds qui ont reçu le message Mi .

15 Tant que $S_C(t) \neq I_{Mi}(t)$ et $Pr_{succ}(D | I_{Mi}(t)) < \sigma$; tant que tous les utilisateurs n'ont pas reçu le message Mi et que la probabilité qu'un nœud ou entité mobile reçoive le message Mi dans le délai de vie du message est inférieur à une valeur seuil σ

- Pour chaque nœud ou entité mobile s appartenant à l'ensemble des nœuds qui a adhéré ou souscrit au contenu C mais qui n'a pas encore reçu le message, recalculer la valeur de la probabilité $Pr_{succ}(D | I_{Mi}(t))$ en supposant que s est infecté
 - Soit s_{max} le nœud qui, lorsqu'il a reçu le message Mi , fait le plus augmenter la valeur de la probabilité $Pr_{succ}(D | I_{Mi}(t))$,
 - Rajouter s_{max} à l'ensemble des nœuds infectés en faisant
- 25 $I_{Mi}(t) = I_{Mi}(t) \cup \{s_{max}\}$

Puis diffuser le contenu ou le message M_i vers les nœuds appartenant à l'ensemble $I_{M_i}(t) \setminus I_{M_i_{old}}(t)$, c'est-à-dire le nouvel ensemble excluant l'ancien ensemble.

- 5 Le procédé utilise des informations concernant les interactions entre les nœuds (par exemple la mobilité des nœuds, la fréquence de leurs rencontres) afin de minimiser le nombre de nœuds mobiles qui reçoivent le contenu de la part du service de distribution du contenu via l'ossature du réseau (3G ou VHF par exemple) tout en garantissant un délai maximal de
10 livraison.

Ce procédé permet notamment de réduire les communications radio en minimisant les informations échangées entre l'ossature du réseau et les nœuds mobiles. Ceci présente notamment des intérêts en termes de discrétion, d'augmentation de la durée de vie du réseau, de réduction des
15 coûts, de gain en capacité globale du réseau.

Le procédé selon l'invention est robuste aux erreurs de prédiction liées au fait que la mobilité des nœuds n'est le plus souvent pas déterministe. La boucle fermée de contrôle permet un réajustement régulier du processus afin qu'il satisfasse le résultat attendu dans tous les cas.

REVENDEICATIONS

1 – Procédé pour disséminer des messages M_i ou le contenu d'informations dans un réseau dit hybride comprenant une ou plusieurs entités pilotes (103k, 111k), une entité pilote comprenant au moins une base de données (2) de messages à disséminer, un module d'ordonnancement (7) des transferts des messages, un module de courtage (3), un module de mesure (5) de l'état de dissémination des messages M_i et un réseau mobile (200) composé de N nœuds utilisateur mobiles (101i, 107j) ou U_i , lesdits nœuds mobiles communiquant entre eux lorsqu'ils sont en portée radio, lesdites entités pilotes (103k, 111k) communiquant avec les entités utilisateur mobiles (101i) du réseau mobile caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes:

- Au niveau de chacune des entités pilotes (103k, 111k) du réseau, exécuter un algorithme d'ordonnancement des transferts d'au moins un message M_i en exécutant les étapes suivantes:
- Soit $S_C(t)$ l'ensemble des nœuds mobiles ayant souscrit au contenu de type C.
- Soit M_i un message correspondant au contenu de type C,
- Pour chaque message M_i contenu dans la base de données (2), si un nœud utilisateur mobile (101i) est présent dans le voisinage d'une entité pilote, alors si l'entité utilisateur mobile (101i) est abonnée au contenu de type M_i , transférer le message M_i audit utilisateur mobile (101i),
- Soit $I_{M_i}(t)$ le nombre de nœuds ayant reçu un message M_i contenant des informations dans le réseau à l'instant t :
 - Soit ETAT, l'état général du processus de dissémination du message M_i , ETAT prenant une valeur initiale « ENCOURS »,
 - Tant que ETAT = « ENCOURS », exécuter toutes les ΔT secondes les étapes suivantes:

- Récupérer du module de mesure d'états de la dissémination (5) les états $I_{Mi}(t)$ indiquant à l'instant courant t les nœuds mobiles ou entités du réseau mobile ayant reçu le message Mi .
- 5 ○ Récupérer du module de courtage (3) l'ensemble $S_C(t)$ des utilisateurs mobiles abonnés au contenu de type Type C.
- Si cardinal $I_{Mi}(t) = \text{cardinal } S_C(t)$
 - Mettre ETAT = « ARRETER »
- 10 ○ SINON
 - Calculer $\text{Texp}(Mi)$, le temps restant avant expiration de Mi
 - Si $\text{Texp}(Mi) > 0$, c'est-à-dire qu'il reste du temps avant que le contenu du message Mi devienne obsolète,
 - 15 • Appeler une fonction « Dissémination(Mi, I_{Mi}, S_C) » qui va permettre de disséminer ou transmettre le message Mi à toutes les entités qui ont souscrit au contenu de type C.
 - 20 ▪ Sinon
 - Retirer Mi de la base de données (2), le contenu du message Mi (informations) est devenu obsolète.
- 25

2 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que le processus gérant les rencontres entre deux nœuds utilisateur mobiles (101i)

suit une loi de Poisson d'intensité et en ce que la fonction de dissémination comporte au moins les étapes suivantes:

la probabilité pour qu'un nœud ou entité utilisateur mobile (101i) n'ayant pas encore reçu le message le reçoive est donnée par :

- 5
- $Pr [I(t + dt) - I(t) = 1] = \lambda I(t) [N - I(t)] dt + o(dt)$
 - $Pr [I(t + dt) - I(t) > 1] = o(dt)$
- déterminer l'état $I(t)$ de la propagation ou distribution d'un message M_i
- estimer à cet instant t la probabilité $Pr [I(t + \Delta t) = N | I(t)]$ que tous les nœuds ou entités utilisateur mobiles (101i) ayant souscrit au service de distribution du message M_i aient reçu le message ou
- 10 contenu d'information, si on attend un temps Δt supplémentaire.

En se fixant : une valeur seuil σ , un délai D (égal à $Exp(M_i)$) pour diffuser un message M_i à l'ensemble des nœuds du réseau, exécuter l'algorithme suivant :

- 15
- estimer m le plus petit nombre de nœuds mobiles qui doivent initialement recevoir le message M_i de sorte que $Pr (I(D) = N | I(0) = m) \geq \sigma$ et faire

à chaque appel de l'algorithme:

- Si $Pr (I(D) = N | I(t) = i) \geq \sigma$ alors ne rien modifier
- 20
- Sinon, la probabilité de pouvoir disséminer le message M_i grâce aux m nœuds initiaux est faible, alors chercher le plus petit nombre k de nœuds permettant la diffusion du message M_i vers toutes les entités ayant souscrit au service de transmission de M_i , tant que $Pr (I(D) = N | I(t) = i + k) \geq \sigma$, et ajouter k nœuds

25 mobiles à l'ensemble, les k nœuds ajoutés étant choisis au hasard.

3 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que pour un réseau où chaque nœud i rencontre un autre nœud j selon un processus de Poisson d'intensité λ_{ij} ,

Soit $p_i(t)$ la probabilité que le nœud i soit infecté à l'instant t , et $I(t) = (p_i(t))_i$, le
5 nombre de nœuds ayant reçu le message M_i

➤ établir la relation suivante:

$$\begin{aligned} p_i(t + dt) &= p_i(t) + (1 - p_i(t)) \left(1 - \prod_{j \neq i} (1 - p_j(t) \lambda_{ij} dt + o(dt)) \right) \\ &= p_i(t) + (1 - p_i(t)) \left(\sum_{j \neq i} p_j(t) \lambda_{ij} dt \right) + o(dt) \end{aligned}$$

connaissant $I_{M_i}(t)$ (l'état de la propagation du message M_i à l'instant t), fixer les valeurs de $p_i(t) \in \{0, 1\}$ selon que le nœud (101i) a reçu le message M_i ou
10 non,

➤ estimer les $p_i(t + \Delta t | I(t))$,

connaissant $I(t)$, calculer la probabilité de succès de la diffusion du message M_i à tous les nœuds utilisateur mobiles (101i) à l'instant $t + \Delta t$,

$$Pr_{succ}(t + \Delta t | I(t)) = \prod p_i(t + \Delta t | I(t))$$

15 Sachant que $Pr_{succ}(D) \geq \sigma$, en permanence, la probabilité qu'un nœud ou entité mobile reçoive le message M_i dans le délai de vie du message soit est à une valeur seuil σ

➤ répéter toutes les ΔT secondes:

$I_{M_i,old}(t) = I_{M_i}(t)$ correspond à l'ensemble de nœuds qui ont reçu le
20 message M_i .

Tant que $S_C(t) \neq I_{M_i}(t)$ et $Pr_{succ}(D | I_{M_i}(t)) < \sigma$;

- Pour chaque nœud ou entité mobile s appartenant à l'ensemble des nœuds qui a adhéré ou souscrit au contenu C mais qui n'a

pas encore reçu le message, recalculer la valeur de la probabilité $Pr_{succ}(D | I_M(t))$ en supposant que s est infecté

- Soit s_{max} le nœud qui, lorsqu'il a reçu le message M_i , fait le plus augmenter la valeur de la probabilité $Pr_{succ}(D | I_M(t))$,
- 5
- Rajouter s_{max} à l'ensemble des nœuds infectés en faisant $I_{M_i}(t) = I_{M_i}(t) \cup \{s_{max}\}$

puis diffuser le contenu ou le message M_i vers les nœuds appartenant à l'ensemble $I_{M_i}(t) \setminus I_{M_i,old}(t)$, c'est-à-dire le nouvel ensemble excluant l'ancien ensemble.

10

4 – Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que l'estimation des probabilités $p_i(t + \Delta t | I(t))$ est réalisée en résolvant le système

$$\frac{dp_i(t)}{dt} = (1 - p_i(t)) \left(\sum_{j \neq i} p_j(t) \lambda_{ij} \right) \text{ de manière approchée.}$$

15 5 – Système permettant de disséminer un contenu d'informations ou message M_i au sein d'un réseau comprenant une ou plusieurs entités pilotes (103k, 111k) communiquant avec un ou plusieurs nœuds mobiles ou utilisateurs (101i) communiquant avec au moins une des entités pilotes caractérisé en ce que :

- 20
- au moins une entité pilote (103k, 111k) comporte au moins les éléments suivants :
 - une Base de données (2) des messages M_i à distribuer vers les entités mobiles ou nœuds ayant souscrit à ce type de contenu
- 25
- un module de courtage (3) maintenant la liste des entités utilisateur mobiles (101i) étant abonnées à un certain type de contenu,

- un Module de connaissance et apprentissage de la mobilité (4) desdites entités mobiles,
- un module (5) de mesure de l'état des disséminations des messages Mi référencés dans la base de données (2),
- 5 • un module de routage (6),
- un module d'ordonnancement des transferts (7) permettant de décider quel(s) sont le ou les message(s) qui doivent être transférés à un instant donné et vers quelle(s) entité(s) mobile(s) via le réseau d'infrastructure et exécutant les étapes de l'algorithme d'ordonnancement selon la revendication 1, en utilisant les
10 informations fournies par la base de données (2), par le module de courtage (3), par le module (5) de mesure de l'état des disséminations, par le module de routage (6), et par un module (4) d'apprentissage de la mobilité,
- 15 • une entité utilisateur mobile (101i) du réseau mobile comprenant au moins les éléments suivants :
 - une base de données (12) des messages Mi reçus,
 - un module de courtage (13) permettant à une entité mobile de s'enregistrer à un service,
 - 20 • un module d'ordonnancement des transferts (15) qui permet de décider quel(s) message(s) doivent être transférés et vers quelle(s) entité(s) mobiles (101i).

6 – Système selon la revendication 5 caractérisé en ce qu'une entité
25 utilisateur (101i, 107i) comporte une radio UHF (Ultra High Frequency) courte portée mais haut débit (108) et/ou une radio radio VHF (Very High Frequency) longue portée mais à faible débit.

7 – Système selon la revendication 5 caractérisé en ce qu'une entité mobile communique avec une entité pilote via une station de base, ladite communication entre une entité utilisateur et une station de base s'effectuant via des liaisons GPRS ou UMTS et une station de base communique avec
5 une entité pilote via des liaisons Ethernet, FH, ou Giga Wireless.

8 – Système selon la revendication 5 caractérisé en ce qu'une entité utilisateur communique avec une première station de base, puis vers une station de base en utilisant des liaisons radio VHF.

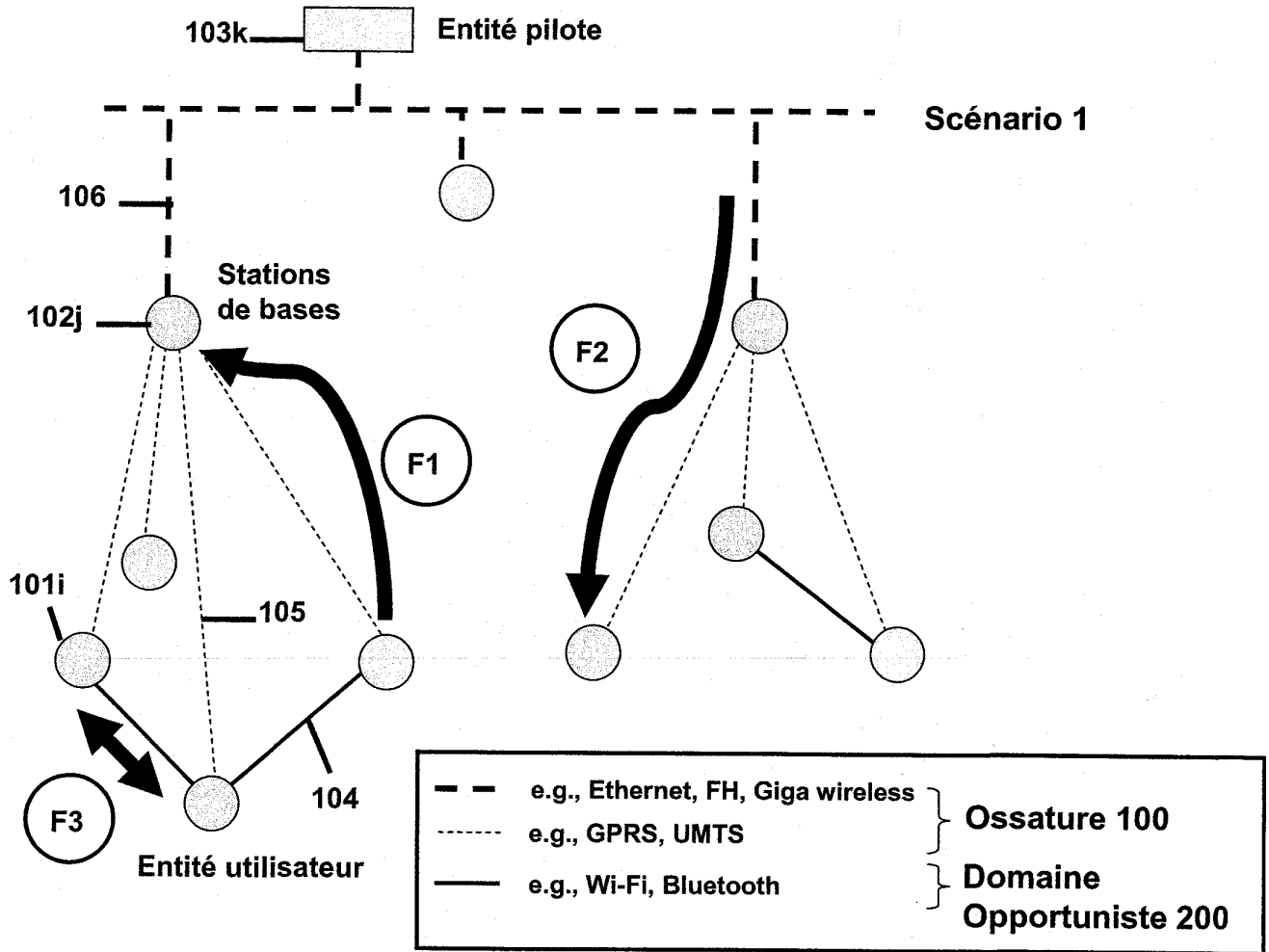


FIG. 1a

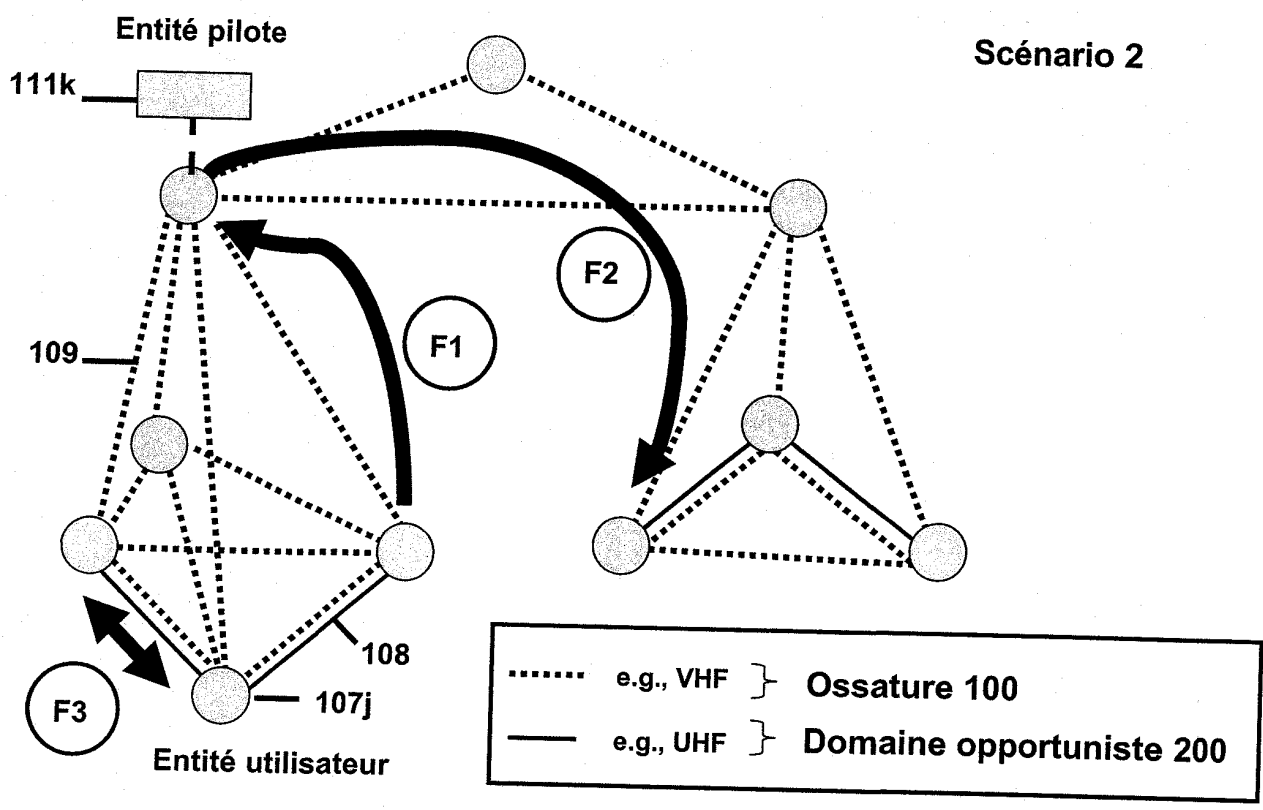


FIG.1b

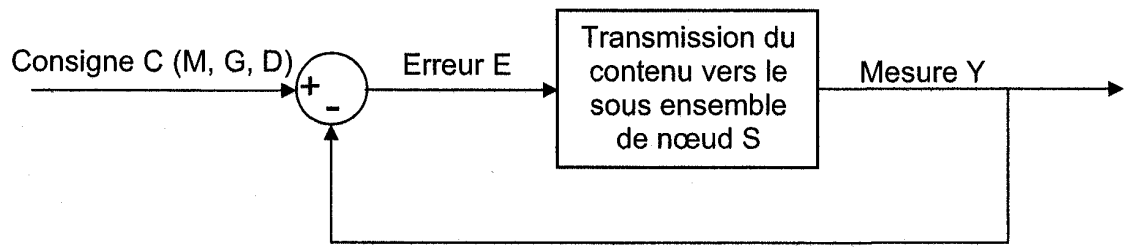


FIG.2

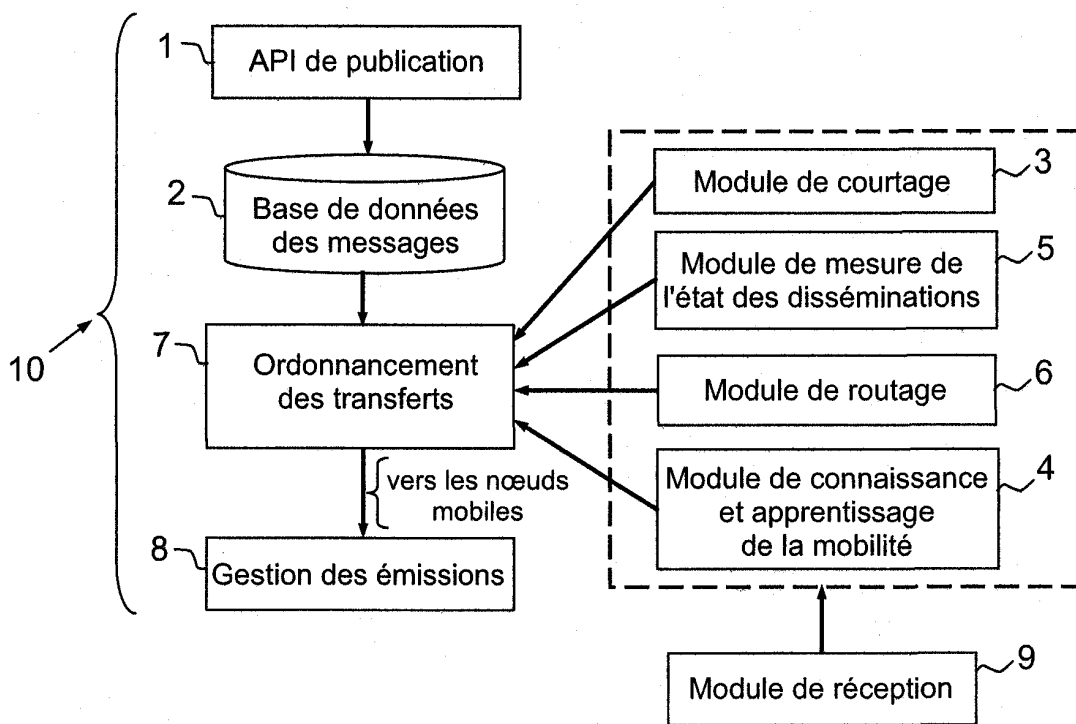


FIG.3

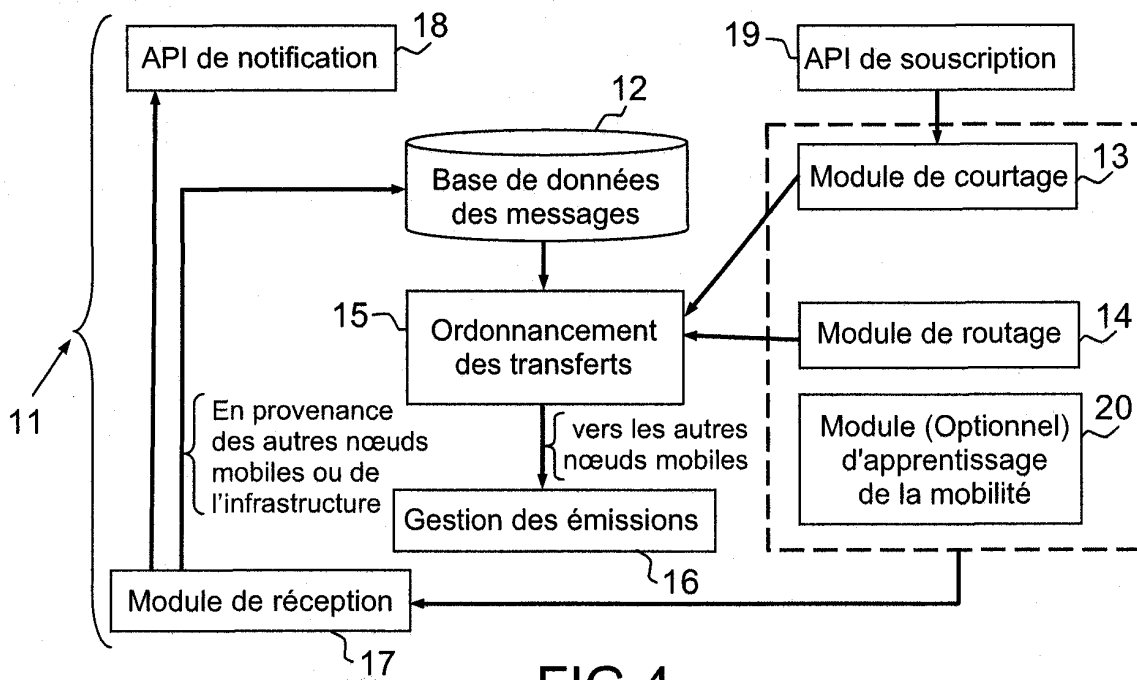


FIG.4



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 733210
FR 0905518

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 1 133 116 A2 (HEWLETT PACKARD CO [US]) 12 septembre 2001 (2001-09-12) * abrégé * * alinéa [0012] - alinéa [0019]; figure 1 * * alinéa [0020] - alinéa [0023] * * alinéa [0036] - alinéa [0037] * -----	1-8	H04L12/28 H04B7/26
A	US 2006/221891 A1 (SCHMITZ RALF [DE] ET AL) 5 octobre 2006 (2006-10-05) * abrégé * * alinéa [0006] - alinéa [0009] * * alinéa [0013] - alinéa [0016] * * alinéa [0028] - alinéa [0031] * * alinéa [0036] - alinéa [0041]; figure 1 * -----	1-8	
A	WO 03/105353 A2 (MESHNETWORKS INC [US]; WHITE ERIC D [US]; ALAPURANEN PERTTI O [US]) 18 décembre 2003 (2003-12-18) * abrégé * * alinéa [0005] - alinéa [0007] * * alinéa [0013] * * alinéa [0022] - alinéa [0030]; figures 1,2 * * alinéa [0037] - alinéa [0050]; figures 4(a),4(b) * ----- -/--	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H04L H04W
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 juillet 2010		Poppe, Fabrice	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 733210
FR 0905518

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A,D	IOANNIDIS S ET AL: "Optimal and Scalable Distribution of Content Updates over a Mobile Social Network" INFOCOM 2009. THE 28TH CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNICATIONS. IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 19 avril 2009 (2009-04-19), pages 1422-1430, XP031468897 ISBN: 978-1-4244-3512-8 * abrégé * * section I. Introduction * * section II. Related Work * * section III. System Description * -----	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 juillet 2010		Poppe, Fabrice	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0905518 FA 733210**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **30-07-2010**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1133116	A2	12-09-2001	JP 2001298406 A	26-10-2001
			US 2001021638 A1	13-09-2001

US 2006221891	A1	05-10-2006	DE 102005014695 A1	05-10-2006
			JP 2006279950 A	12-10-2006

WO 03105353	A2	18-12-2003	AU 2003238968 A1	22-12-2003
