HAL
open science

Etude analytique de la fiabilité dans les réseaux ad hoc multi-domiciliés

Amadou Baba Bagayoko, Béatrice Paillassa, Claudia Betous-Almeida

To cite this version:

Amadou Baba Bagayoko, Béatrice Paillassa, Claudia Betous-Almeida. Etude analytique de la fiabilité dans les réseaux ad hoc multi-domiciliés. Convergence des Réseaux, de l'Informatique, et du Multimédia pour les E-Services, Nov 2009, Saint Denis de La Réunion, France. pp.3. hal-00423733v2

HAL Id: hal-00423733

https://hal.science/hal-00423733v2

Submitted on 1 Dec 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude analytique de la fiabilité dans les réseaux ad hoc multi-domiciliés

Amadou B. Bagayoko, Béatrice Paillassa, Claudia Betous-Almeida.

IRIT - UMR 5505 *Université de Toulouse, Laboratoire IRIT/ ENSEEIHT 2, rue Camichel 31071 Toulouse, FRANCE*

{amadoubaba.bagayoko, beatrice.paillassa, claudia.betous}@enseeiht.fr

Résumé : La redondance est le principal moyen pour améliorer la robustesse et la disponibilité des chemins dans les réseaux mobiles ad hoc. Dans ce document, nous analysons deux niveaux de redondance proposés dans la littérature afin de faciliter le recouvrement de la communication entre deux nœuds (1) la redondance de routes à travers les protocoles de routage *multipath* (2) le concept de *multihoming* procurant une redondance de niveau transport. Nous montrons l'avantage de l'intégration *multihoming-multipath* dans les réseaux ad hoc en termes de fiabilité et de disponibilité et proposons une méthode de calcul de la fiabilité des chemins dans un réseau mobile ad hoc multi-domicilié utilisant cette approche.

Mots clés: fiabilité, réseaux mobiles ad hoc (MANETs), multihoming, multipath.

1 Introduction

Un réseau mobile ad hoc, MANET (Mobile Ad Hoc Network) est une instance de réseau sans fil composée de nœuds mobiles auto-configurés qui communiquent entre eux sans avoir recours à une infrastructure centrale préexistante. Les nœuds du réseau communiquent directement s'ils sont à portée radio, sinon ils communiquent par un chemin multi sauts, établi par un protocole de routage. Un nœud d'un réseau mobile ad hoc peut jouer le rôle de source, destination ou relais de message. Outre la création des routes, les protocoles de routage doivent aussi assurer la maintenance et la mise à jour des routes. Les ruptures de routes sont plus fréquentes que dans les réseaux filaires traditionnels en raison de la moins bonne qualité des liaisons qui utilisent une transmission sans fil et de la mobilité des éléments du réseau. Lorsqu'un nœud servant de relais se déplace en dehors de la zone de couverture de ses voisins, il provoque la rupture de toutes les routes qui le traversaient. Par ailleurs les nœuds MANET sont davantage susceptibles de tomber en panne que dans les réseaux filaires traditionnels en raison de leur batterie limitée.

Il existe trois grandes catégories de protocoles de routage dans les réseaux ad hoc : les protocoles réactifs, proactifs et hybrides. Les protocoles de routage proactifs maintiennent activement toutes les routes possibles entre les nœuds du réseau, alors que les protocoles réactifs créent et maintiennent une route entre deux nœuds uniquement lorsqu'ils désirent communiquer. Les protocoles hybrides combinent les deux types de protocoles précédents ; ils adoptent généralement un fonctionnement proactif dans le voisinage de la source et une approche réactive pour les nœuds éloignés. Dans cet article, nous nous concentrons sur les protocoles réactifs. Les protocoles *Dynamic MANET On-demand* DYMO [ChP08], *Ad hoc On demand Distance Vector* AODV [PRD99][PRD03] et *Dynamic Source Routing* DSR [JMH04] sont des protocoles de routage réactifs de l'IETF qui construisent leurs routes au moyen des cycles de requêtes/réponses (phase de découverte de route). La maintenance des routes est classiquement assurée par la transmission de paquets d'erreur à la source pour permettre à celle-ci de construire une nouvelle route. Une limitation de ces protocoles est qu'ils ne construisent qu'une seule route entre la source et la destination. Ce sont des protocoles *unipath*. Ainsi, lorsque la route tombe en panne, les nœuds intermédiaires suppriment les paquets de données car ils ne disposent pas d'une route alternative. Pour reprendre la transmission, la source sera obligée de lancer une nouvelle découverte de route, ce qui entraine une augmentation du délai de bout en bout. Une autre approche de protocoles [LeG00] [MaD06] permet de construire et maintenir plusieurs routes entre la source et la destination. Ce sont des protocoles *multipath*. Leur objectif est d'augmenter la robustesse et la disponibilité des routes. Une autre solution pour atteindre cet objectif consiste à introduire le concept de *multihoming*(ou multi-domiciliation) dans les MANETs. Le *Stream Control Transport Protocol* SCTP [Ste07] standardisé par l'IETF est un protocole de transport capable de prendre en charge le *multihoming*.

Dans cet article, nous souhaitons prouver de manière analytique l'apport de l'intégration des deux approches *multihoming-multipath* en termes de fiabilité. Pour ce faire, dans la section 2, nous présenterons les deux niveaux de redondance qui permettent un recouvrement de chemins après une panne. La section 3 sera consacrée à l'apport de l'intégration des deux niveaux de recouvrement. Une méthode analytique pour évaluer la fiabilité des chemins dans un réseau ad hoc multi domicilié utilisant l'approche d'intégration sera proposée dans la section 4. Enfin, la section 5 nous permettra de conclure et d'indiquer les perspectives de travail.

2 Sûreté de fonctionnement des chemins dans un réseau ad hoc

Dans le domaine des réseaux, la redondance est la technique de base pour assurer le processus de recouvrement de panne : la réparation d'un chemin défaillant consiste alors à remplacer le (ou les) équipement(s) en panne par d'autre(s) en bon état. Dans cet article, nous considérons deux niveaux de recouvrement : le premier au niveau réseau (appelé également redondance de routes) et le second au niveau transport (redondance avec le *multihoming*).

2.1 Redondances et mécanismes de reprise des routes

Au niveau routage, de nombreux travaux ont été effectués pour s'adapter aux propriétés particulières des réseaux mobiles ad hoc (en termes de modèle de mobilité, bande passante ou énergie des nœuds). Nous nous intéressons uniquement aux protocoles permettant d'assurer une robustesse des chemins, les protocoles *multipath* . En cas de rupture de la route primaire, la source utilise une de ses routes secondaires pour atteindre la destination sans lancer une nouvelle découverte de route. Cette technique permet de réduire le trafic de contrôle du protocole qui n'a pas à chercher une nouvelle route et d'assurer une reprise rapide après panne. Notons que la capacité de tolérance aux pannes dépend surtout du degré de similitude entre les routes primaires et secondaires construites (disjoints en lien, en nœud ou en interférence).

Les protocoles *multipath* proposés dans la littérature peuvent être divisés en deux catégories en fonction des critères de sélection des routes : minimum de sauts et fiabilité.

Les protocoles AODV-BR [LeG00], AOMDV [MaD06], MDYMO [KPK07] sont des exemples de protocoles de la première catégorie. Le protocole AODV-BR utilise les avantages de la diffusion sans fil pour construire deux tables (primaire et secondaire) à chaque recherche de routes. La table primaire contient les nœuds primaires et est utilisée pour envoyer les données sur la route primaire. Lorsqu'un nœud primaire détecte une rupture de lien avec un voisin, il diffuse sa donnée pour un routage de secours qui sera mis en œuvre par les nœuds secondaires qui se trouvent dans son voisinage. AODV-BR effectue une reprise segmentée en utilisant des *backup nodes* (ou nœuds de secours). Contrairement à AODV-BR, les protocoles AOMDV et MDYMO procèdent à un recouvrement de bout en bout. Pour cela, ils utilisent des routes alternatives (ou *backup routes*) pour assurer la reprise après panne.

Généralement le choix de la meilleure route se fait sur le nombre de sauts. Une route est considérée meilleure qu'une autre route lorsqu'elle comporte moins de sauts. Cependant, utiliser uniquement le critère du plus court chemin peut conduire à une diminution de la qualité des routes (en termes de fiabilité et de bande passante) : car moins il y a de sauts, plus les nœuds sont éloignés et la qualité des liens diminue.

MP-DSR [LLP01], LET [DZS08], BSR [GYS05] utilisent comme critère la stabilité et la fiabilité pour construire leurs routes. Ils s'appuient sur des protocoles et mécanismes de prédiction de mouvement pour obtenir la fiabilité des liens. D'autres travaux [AbJ03] [AgJ05] proposent des méthodes analytiques pour le calcul de la fiabilité des multi-routes dans les réseaux ad hoc.

2.2 Redondances des chemins avec multihoming

Un autre mécanisme de recouvrement permettant d'assurer une tolérance aux pannes de chemins est la multi-domiciliation ou *multihoming* des nœuds. Le *multihoming* est défini comme étant la capacité d'un nœud à pouvoir utiliser plusieurs interfaces (ou adresses IP) pour communiquer avec un autre nœud. Le *multihoming* a été introduit dans les réseaux filaires pour permettre aux nœuds d'extrémité de disposer de plusieurs accès (fournisseurs) internet. Ainsi, en cas de panne de connexion (indisponibilité de la connectivité IP) d'un accès, le nœud peut se connecter de façon transparente à un autre accès. Le recouvrement est géré de bout en bout par le protocole de transport. Dans les réseaux mobiles ad hoc, chaque nœud peut jouer le rôle de relais, le *multihoming* doit donc être considéré aussi bien au niveau de la source et de la destination qu'au niveau des nœuds intermédiaires. Il permettra ainsi un recouvrement de chemins en cas de pannes de liens et/ou de cartes réseaux.

3 Intégration multihoming-multipath

Les protocoles *multipath* améliorent la robustesse des routes dans les réseaux mono-domiciliés, cependant, leurs déploiements dans les MANETs multi-domiciliés nécessitent des modifications pour qu'ils prennent en charge la multi-domiciliation des nœuds. En effet, ces protocoles fonctionnent au niveau réseau (niveau 3), ils considèrent donc chaque interface comme un nœud. Un nœud multi-domicilié ayant N interfaces est considéré comme N nœuds. Le protocole *multi-path* peut ainsi établir plusieurs routes (primaire et secondaires) qu'il considérera comme disjointes à travers ce même nœud (voir figure 2–nœud E). Naturellement, le déplacement de ce nœud provoquera la rupture de toutes ces routes. Par ailleurs, le *multihoming* défini actuellement au sein de l'IETF prend en charge uniquement les cas de pannes d'interfaces des nœuds d'extrémités. Ainsi si deux nœuds multicartes sont reliés par deux chemins de transport différents, le protocole de routage n'a pas connaissance de l'existence d'un chemin alternatif et essaiera donc de reconstruire une nouvelle route au lieu de basculer sur le chemin alternatif.

Pour éviter les inconvénients des deux approches prises séparément, nous proposons de les intégrer en utilisant l'approche de communication inter couches (Cross Layer) définie dans [ChP07] [Kim07]. De plus, chaque nœud possèdera un identifiant unique différent de ses adresses IP, qui peut être un identifiant HIP[MoN06], ce qui permettra à l'intégration *multihoming-multipath* d'identifier un nœud multi-domicilié de manière unique. Nous pourrons alors utiliser les avantages des deux niveaux de recouvrement simultanément et ainsi établir les meilleures routes en termes de fiabilité entre la source et la destination. Une illustration des chemins construits par l'approche intégrée, ainsi que son avantage en terme de fiabilité est analysée en 4.4.

4 Modèles analytiques d'évaluation des chemins dans un MANET

Les méthodes d'analyses développées pour les réseaux filaires s'avèrent non adaptées au contexte MANET. Nous proposons dans cette section une méthode analytique pour calculer la fiabilité des nœuds et des chemins dans un réseau ad hoc multi-domicilié utilisant l'intégration *multihoming-multipath*. Nous utiliserons l'approche des blocs de diagrammes de fiabilité. Ainsi, chaque fois qu'il est nécessaire le graphe est transformé en une combinaison *série/parallèle*. Le réseau est opérationnel lorsqu'il existe un chemin entre la source et la destination. Le terme *Two-Terminal Reliability* (2TR) est défini comme la probabilité qu'un chemin de communication existe entre la source et la destination [CoR07]. 2TR est aussi appelé *end to end reliability* dans le protocole MP-DSR [LLP01].

4.1 Modélisation du système

Un réseau mobile ad hoc peut être modélisé sous la forme d'un graphe G = (N, I, L) où N= {1,2, …|N|} constitue l'ensemble des nœuds du réseau ; I= $\{\{I_1,I_2, ..\}_1,\{ I_1,I_2, ..\}_2, . ,. , \{ I_1,I_2, ..\}_N\}$ l'ensemble des interfaces (ou *Network Interface Cards NIC*) du réseau; L= $\{(I_{iA}, I_{jB}) / A\neq B$, A et B Є N ; I_{iA} et I_{jB} Є I} l'ensemble des liens bidirectionnels connectant deux interfaces de deux nœuds différents. Notons V_{AB} : la probabilité que les nœuds A et B soient dans la zone de couverture l'un de l'autre ; $R_{L(xA\leftrightarrow yB)}$: la fiabilité du lien de communication entre la $x^{ème}$ interface de A et la $y^{ème}$ interface du noeud B.

Avant d'étudier la fiabilité des chemins dans les réseaux ad hoc multi-domiciliés, nous définissons d'abord le terme fiabilité tel que nous l'utiliserons dans tout le reste du document. La fiabilité d'un équipement réseau est la probabilité que cet équipement accomplisse ses fonctions requises dans des conditions spécifiées durant un intervalle temps donné. La fiabilité est donc une grandeur mesurée sur un intervalle contrairement à la disponibilité qui est une grandeur instantanée (car l'équipement peut avoir subi une panne puis une réparation). Notons que, dans le cas où le système est non réparable les deux concepts sont équivalents.

4.2 Fiabilité d'un nœud multi-domicilié

Nous analysons uniquement le cas des cartes identiques (mono-technologiques). La fiabilité du nœud A notée $reliNode_A$ est le produit de la fiabilité de la machine $reliMach_A$ (dépend de l'état de sa batterie) et celle de l'ensemble des cartes réseaux $reliNIC_A$. Les cartes étant montées en parallèle, nous calculons la fiabilité de l'ensemble en passant par sa défiabilité.

$reliNIC_{iA}$ la fiabilité de la $i^{ème}$ carte réseau du nœud A et n le nombre de ses cartes.

$$reliNIC_A = 1 - \overline{reliNIC_A} = 1 - \prod_i^n (1 - reliNIC_{iA})$$

La fiabilité du nœud multi domicilié A:

$$reliNode_A = reliMach_A * \left[1 - \prod_{i}^{n}(1 - reliNIC_{iA})\right] \ (F1)$$

4.3 Fiabilité des chemins dans le réseau

La fiabilité d'un chemin dépend de celles de tous les nœuds sur le chemin (end-points et intermédiaires) et des liens de communication. Nous calculons en premier lieu la fiabilité d'une communication directe entre deux nœuds multi-domiciliés, puis la fiabilité dans une communication multi-sauts. Nous supposons que tous les liens du réseau sont indépendants et bidirectionnels.

4.3.1 Chemin direct entre deux nœuds multi-domiciliés

Pour une communication directe, la fiabilité des chemins est liée uniquement à celles de la source S, de la destination D et des liens entre les deux nœuds. La fiabilité de l'ensemble des chemins directs entre les deux nœuds S et D notée **2DMTR** (*Two-Direct Multihomed Terminal Reliability*) est le produit de : (a) la probabilité que le nœud D soit dans la zone de couverture de S: V_{SD} ; (b) la fiabilité de la machine S $reliMach_S$; (c) la fiabilité de l'ensemble des routes entre les deux nœuds S et D : $reliRoute_{SD}$; (d) la fiabilité de la machine D $reliMach_D$.

Pour calculer la fiabilité de l'ensemble des chemins, nous décomposons le problème en 3 sous-problèmes (SPi):

(SP1) Calcul de la fiabilité des routes entre $i^{ème}$ NIC de S et toutes les NICs de D : $reliRoute_{iS-\{NIC\}D}$.

(SP2) A partir l'expression obtenue dans le SP1, formulation de la fiabilité de l'ensemble des routes.

(SP3) Obtention de la fiabilité totale entre deux nœuds multi domiciliés **2DMTR**.

<u>NOTE :</u> 'ET' indique que les équipements sont en série alors que 'AU MOINS' qu'ils sont en parallèle.

SP1 Pour qu'une route existe entre NIC_{iS} et le nœud D (c'est-à-dire une de ses cartes), il faut que : (C1) la carte fonctionne 'ET' (C2) Parmi toutes les cartes de la destination D en parallèle, qu'il existe 'AU MOINS' une carte telle que : (C2.1) Lien entre NIC_{xS} et NIC_{jD} 'ET' (C2.2) NIC_{jD} fonctionne.

$$reliRoute_{iS--\{NIC\}D} = reliNIC_{iS} * \left[1 - \prod_{j=1}^{M}(1 - R_{L(iS\leftrightarrow jD)} * reliNIC_{jD})\right]$$

SP2 La formule précédente est valable pour une route entre n'importe quelle carte réseau de S et toutes les cartes de la destination D. En transformant le graphe, la fiabilité de l'ensemble des routes est:

$$reliRoute_{SD} = V_{SD} * \left[1 - \left(\prod_{i=1}^{N}\left\{1 - reliNIC_{iS} * \left[1 - \prod_{j=1}^{M}(1 - R_{L(iS\leftrightarrow jD)} * reliNIC_{jD})\right]\right\}\right)\right]$$

SP3 La fiabilité de l'ensemble des chemins entre la source S et la destination D :

$$2DMTR = reliMach_A * reliMach_B * V_{SD} * \left(1 - \prod_{i=1}^{N}\left\{1 - reliNIC_{iS} * \left[1 - \prod_{j=1}^{M}(1 - R_{L(iS\leftrightarrow jD)} * reliNIC_{jD})\right]\right\}\right) (F2)$$

4.3.2 Chemin multi-sauts

Nous supposons que la source et la destination communiquent par un ensemble de chemins établis à travers q (q>=0) nœuds intermédiaires. Pour assurer une telle communication, il faut que (C1) toutes les machines du chemin (intermédiaires et end-points) soient en état de fonctionnement 'ET' (C2) qu'il existe 'AU MOINS' parmi les routes possibles une route en bon état pour chaque couple de nœuds en communication directe. En notant respectivement la source, le $j^{ème}$ nœud intermédiaire et la destination M_o ,M_j, $M_{(q+1)}$, nous obtenons **2SMTR** (*Two-Sequential Multihomed Terminal Reliability*) :

$$2SMTR = reliMach_{M_{(q+1)}} \prod_{j=0}^{q}\left(reliMach_{M_j} * reliRoute_{M_j M_{j(+1)}}\right) \ (F3)$$

<u>Remarque :</u> Lorsque le nombre de nœuds intermédiaires q=0, la formule (F3) est égale à (F2).

4.3.3 Chemins disjoints en nœuds

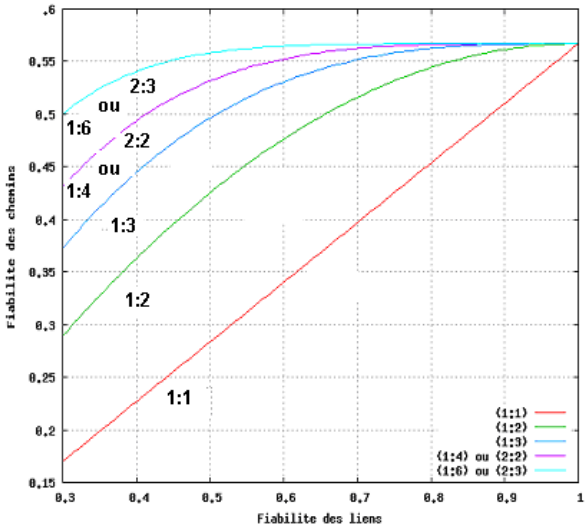
Nous supposons qu'il existe p chemins disjoints entre la source S et la destination D. Nous déterminons la fiabilité de tous les chemins 2MTR (*Two Multihomed Terminal*), en calculant la fiabilité de chaque chemin avec l'équation (F3). Soit $2SMTR_K$ la fiabilité du $k^{ème}$ chemin. La fiabilité de l'ensemble des chemins parallèles est :

$$2MTR = \left(1 - \prod_{k=1}^{p}(1 - 2SMTR_k)\right) \quad (F4)$$

Remarque (F3) est un cas particulier de (F4) où p=1 , la source a un seul chemin pour atteindre la destination.

4.4 Application de la méthode-Etude de cas

Nous illustrons notre méthode d'analyse par l'évaluation de la fiabilité du chemin en fonction de celles des liens et par l'analyse d'un cas topologique de réseau.



Nous réutilisons les valeurs numériques de [CoR07] pour calculer la fiabilité des chemins entre deux nœuds multi domiciliés en fonction de celle des liens de communication. : (1) reliMach=0,9 (2) V_{SD}=0,7 (3) reliNIC=1. La figure 1 montre les courbes obtenues ; (X:Y) indique que la source et la destination possèdent respectivement X et Y cartes.
Nous notons un gain important en termes de fiabilité de chemins dans le cas des liens peu fiables (entre 0,3 et 0,8) lorsque le nombre de carte augmente. Lorsque les liens sont parfaits, les fiabilités sont identiques. Notons également que la répartition des cartes influe sur la fiabilité. Ainsi pour 4 cartes, la fiabilité avec une répartion (2:2) est meilleure que celle répartie en (1:3).

Fig. 1- ***2DMTR vs fiabilité des liens***

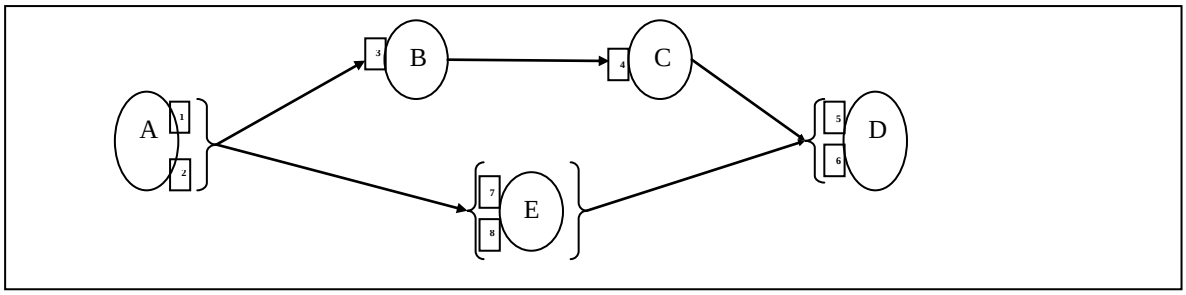


Fig. 2 – *Exemple de réseau avec des nœuds multi domiciliés*

Concepts	Chemins construits	Fiabilité des chemins
Protocoles *multipath*	1- A(IP1) ↔E(IP7) ↔D(IP5) 2- A(IP1) ↔E(IP8) ↔D(IP5)	0,31
multihoming	1- A {IP1, IP2} ↔E(IP7) ↔D {IP5, IP6}	0,33
Intégration *multihoming-multipath*	1- A {IP1, IP2} ↔E(IP7) ↔D {IP5, IP6} 2- A {IP1, IP2} ↔B(IP3) ↔C(IP4) ↔D {IP5, IP6}	0,60

Fig. 3 – *Chemins et fiabilités en fonction des approches de redondance*

La comparaison de la fiabilité des chemins obtenus par les trois approches de recouvrement : multipath, multihoming et approche intégréee, pour l'exemple de réseau donné en Figure 2 est illustrée en Figure 3. En plus des valeurs numériques précédentes, nous supposons que les liens possèdent une fiabilité de 0.8. L'approche intégrée a une fiabilité nettement meilleure car le recouvrement de 'panne' du nœud E trouve une autre route (passant par B et C) ce qui n'est pas le cas avec les 2 autres approches.

5 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous proposons d'améliorer la fiabilité des réseaux ad hoc en combinant les redondances de niveau réseau et de niveau transport par une approche intégrée. Nous proposons une méthode analytique de calcul de fiabilité que nous illustrons en calculant la fiabilité de différentes configurations de redondances de carte selon la fiabilité de liens. Une deuxième illustration de la méthode est de comparer sur un réseau donné la fiabilité obtenue par une redondance de niveau réseau, une redondance de niveau transport et une approche intégrée. La fiabilité de l'approche intégrée est nettement meilleure. La poursuite des travaux s'intéresse à l'utilisation du calcul de fiabilité pour le choix des routes. L'approche proposée permettra au routage de choisir les meilleurs chemins entre la source et la destination, et ainsi d'améliorer la robustesse des communications.

Références

[AbJ03] Abbas A.M., Jain B. N.,"An Analytical Framework for Path Reliabilities in Mobile Ad hoc Networks", In Proceedings of (ISCC 2003), vol 1, Kemer Antalya, Turkey, Juil 2003.

[AgJ05] Agarwal A., Jain B.,"Routing reliability analysis of segmented backup paths in Mobile Ad hoc Networks" Proc. Of (ICPWC 2005), Delhi, January, 2005.

[ChP07] Charoenpanyasak S.,Paillassa B.,"SCTP multihoming with Cross Layer Interface in Ad Hoc Multihomed Networks" IEEE Wi-Mob, New York USA, Octobre 2007.

[ChP08] Chakeres .I, Perkins.C. "Dynamic MANET On-demand Routing Protocol" IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-dymo-14.txt, Juin 2008.

[CoR07] Cook J.L., Ramirez-Marquez J.E. "Two-terminal reliability analyses for a mobile ad hoc wireless network" Reliability Engineering and System Safety 2007.

[DZS08] Dana A., Zadeh A.K, Sadat Noori S., "Backup path set selection in ad hoc wireless using link expiration time" Comput. Electr. Eng. 34 ,6, Novembre 2008.

[GYS05] Guo S., Yang O., and Shu Y."Improving source routing reliability in mobile ad hoc networks" IEEE transactions on parallel and distributed systems, volume 16, n°4, April 2005.

[JMH04] Johnson D.B, Maltz D.A. and Hu Y-C. "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Network (DSR)" INTERNET-DRAFT draft-ietf-manet-dsr-10.txt, Juillet 2004.

[Kim07] Kim K.,"A Cross Layered Approach for Multihoming on SCTP in mobile Ad hoc Networks", TENCON (Taipei International Convention Center), IEEE Region 10 Conference, Octobre 2007.

[KPK07] Koltsidas G., Palvidou F., Kuladinithi K., Timm-Giel A., Gorg C., "Investigating the performance of multipath protocol for ad-hoc networks" The 1th Annual IEEE PIMRC, Septembre 2007.

[LeG00] Lee S-Ju ., Gerla M., "AODV-BR: Backup Routing in Ad hoc Networks", Proceedings of the IEEE Wireless Communication and Networking Conference (WCNC), Septembre 2000.

[LLP01] Leung R., Liu J., Poon E., Chan A.C., Li B., "MP-DSR: A QoS-Aware Multi-Path Dynamic Source Routing Protocol for Wireless Ad-Hoc Networks" LCN 2001.

[MaD06] Marina M.K., Das S.R. "Ad hoc on-demand multipath distance vector routing". WC& MC, Vol. 6, Wireless Ad hoc Networks: Technology and Challenges, Novembre 2006.

[MoN06] Moskowitz R., Nikander P. "Host Identity Protocol (HIP) Architecture", RFC 4423, Mai 2006.

[PRD99] Perkins C., Royer E. and Das S. "Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing" In Proeedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA), Février 1999.

[PRD03] Perkins C., Royer E. and Das S. "Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing" http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt, Rfc 3561, Juillet 2003.

[STE07] Stewart R "Stream Control transmission Protocol" RFC 4960, IETF, Septembre 2007.