

Groupe de travail Réseau L. Martini, éd., Cisco Systems

Request for Comments : 4619

Catégorie : Sur la voie de la normalisation

Traduction Claude Brière de L'Isle

L. Martini, éd., Cisco Systems

C. Kawa, éd., OZ Communications

A. Malis, éd., Tellabs

septembre 2006

Méthodes d'encapsulation pour le transport de relais de trame sur réseaux de commutation d'étiquettes multi protocoles (MPLS)

Statut du présent mémoire

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

Notice de Copyright

Copyright (C) The Internet Society (2006).

Résumé

Un pseudo-filaire en relais de trame est un mécanisme qui existe entre des nœuds réseau de bordure d'un fournisseur et qui prend en charge aussi fidèlement que possible des services de relais de trame sur un réseau de commutation de paquets (PSN, *packet switched network*) sur MPLS. Le présent document décrit l'encapsulation détaillée nécessaire pour transporter les paquets de relais de trame sur un réseau MPLS.

Table des matières

| | |
|---|----|
| 1. Introduction..... | 1 |
| 2. Spécification des exigences..... | 2 |
| 3. Co-auteurs..... | 3 |
| 4. Acronymes et abréviations..... | 3 |
| 5. Déclaration d'applicabilité..... | 3 |
| 6. Méthode générale d'encapsulation..... | 4 |
| 7. Relais de trame sur PSN MPLS pour le mode un à un..... | 4 |
| 7.1 Tunnel et PW de PSN MPLS..... | 4 |
| 7.2 Format de paquet sur PSN MPLS..... | 5 |
| 7.3 Mot de contrôle..... | 5 |
| 7.4 Mot de contrôle en mode Martini traditionnel..... | 6 |
| 7.5 Traitement du paquet PW..... | 6 |
| 7.6 Désencapsulation des paquets PW..... | 7 |
| 7.7 Valeurs du bit EXP d'ajustement MPLS..... | 8 |
| 7.8 Valeur du bit S d'ajustement MPLS..... | 8 |
| 7.9 Détails du plan de contrôle pour le service de relais de trame..... | 8 |
| 8. Mode d'accès de relais de trame..... | 8 |
| 9. Contrôle d'encombrement..... | 8 |
| 10. Considérations sur la sécurité..... | 9 |
| 11. Références normatives..... | 9 |
| 12. Références pour information..... | 9 |
| Informations sur les auteurs contributeurs..... | 10 |
| Adresse des éditeurs..... | 10 |
| Déclaration complète de droits de reproduction..... | 11 |

1. Introduction

Dans un réseau MPLS ou IP, il est possible d'utiliser des protocoles de contrôle comme ceux spécifiés dans la [RFC4447] pour établir des "pseudo-filaires" (PW, *pseudowire*) qui portent les unités de données de protocole des protocoles de couche 2 à travers le réseau. Un certain nombre de ces PW émuloés peut être porté dans un seul tunnel. Les principales fonctions requises pour prendre en charge le PW de relais de trame par un côté fournisseur (PE, *Provider Edge*) incluent :

3. Co-auteurs

Les co-auteurs de ce document sont :

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Ravi Bhat | Nokia |
| Nasser El-Aawar | Level 3 Communications, LLC |
| Giles Heron | Tellabs |
| Thomas K. Johnson | Litchfield Communications |
| Kireeti Kompella | Juniper Networks, Inc. |
| Chris Liljenstolpe | Cable & Wireless |
| Prayson Pate | Overture Networks, Inc |
| Eric C. Rosen | Cisco Systems |
| Vinai Sirkay | Reliance Infocomm |
| Dimitri Stratton Vlachos | Mazu Networks, Inc. |
| Daniel Tappan | Cisco Systems |
| Nishit Vasavada | Nokia |
| Steve Vogelsang | Laurel Networks, Inc. |

4. Acronymes et abréviations

BECN (*Backward Explicit Congestion Notification*) : notification d'encombrement explicite vers l'arrière

CE (*Customer Edge*) : côté utilisateur

C/R : commande/réponse

DE (*Discard Eligibility*) : éligibilité à la suppression

DLCI (*Data Link Connection Identifier*) : identifiant de connexion de liaison de données

FCS (*Frame Check Sequence*) : séquence de vérification de trame

FECN (*Forward Explicit Congestion Notification*) : notification d'encombrement explicite vers l'avant

FR (*Frame Relay*) : relais de trame

LSP (*Label Switched Path*) : chemin de commutation d'étiquettes

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

MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) : commutation d'étiquettes multi protocoles

MTU (*Maximum Transfer Unit*) : unité de transfert maximum

NNI (*Network-Network Interface*) : interface réseau-réseau

PE (*Provider Edge*) : côté fournisseur

PSN (*Packet Switched Network*) : réseau de commutation de paquets

PW (*Pseudowire*) : pseudo-filaire

PWE3 (*Pseudowire Emulation Edge to Edge*) : émulation de pseudo-filaire bord à bord

POS (*Packet over SONET/SDH*) : paquet sur SONET/SDH

PVC (*Permanent Virtual Circuit*) : circuit virtuel permanent

QS : qualité de service

SVC (*Switched Virtual Circuit*) : circuit virtuel commuté

UNI (*User-Network Interface*) : interface usager-réseau

VC (*Virtual Circuit*) : circuit virtuel

5. Déclaration d'applicabilité

Le service de relais de trame sur PW n'est pas destiné à émuler parfaitement le service de relais de trame traditionnel, mais il peut être utilisé pour les applications qui ont besoin du service de transport en relais de trame.

Les différences notables entre le service traditionnel de relais de trame et le protocole décrit dans le présent document sont décrites ci-dessous :

- L'ordre des trames peut être préservé en utilisant le champ FACULTATIF Séquence dans le mot de contrôle ; cependant, les mises en œuvre ne sont pas obligées de prendre en charge cette caractéristique.

- Le modèle de qualité de service pour le relais de trame traditionnel peut être émulé ; cependant, ceci sort du domaine d'application du présent document.
- Un PW en mode d'accès de relais de trame ne traite pas les messages d'état de relais de trame ni les alarmes comme décrit dans [Q.922] [Q.933].
- Les bits BECN et FECN de relais de trame sont transparents au réseau MPLS et ne peuvent pas refléter l'état du réseau MPLS.
- La prise en charge des SVC de relais de trame et des circuits virtuels commutés permanents (SPVC, *Switched Permanent Virtual Circuit*) sort du domaine d'application du présent document.
- L'interface de gestion locale (LMI, *Local Management Interface*) de relais de trame est terminée en local dans le PE connecté au circuit de rattachement de relais de trame.
- La prise en charge de la vérification d'intégrité de liaison PVC sort du domaine d'application du présent document.

6. Méthode générale d'encapsulation

Le format général de paquet de pseudo-filaire en relais de trame pour porter les informations de relais de trame (information de charge utile d'utilisateur et informations de contrôle de relais de trame) entre deux PE est montré à la Figure 2.

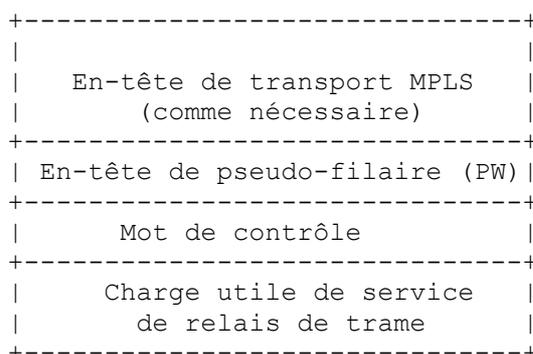


Figure 2. Format général d'encapsulation de relais de trame sur PSN

Le paquet PW comporte les champs suivants : mot de contrôle et charge utile, précédés par l'en-tête de transport MPLS et l'en-tête de pseudo-filaire. La signification des différents champs est la suivante :

- L'en-tête de transport MPLS est spécifique du réseau MPLS. Cet en-tête est utilisé pour commuter le paquet PW à travers le cœur MPLS.
- L'en-tête de PW contient un identifiant pour multiplexer les PW au sein d'un tunnel MPLS.
- Le mot de contrôle contient les informations de contrôle du protocole pour fournir un service de relais de trame. Sa structure est donnée dans les sections qui suivent.
- Le contenu du champ Charge utile de service de relais de trame dépend du mode de transposition. En général, il contient la trame de couche 2 de relais de trame.

7. Relais de trame sur PSN MPLS pour le mode un à un

7.1 Tunnel et PW de PSN MPLS

Les chemins de commutation d'étiquettes (LSP, *Label Switched Path*) MPLS appelés des "tunnels MPLS" sont utilisés entre les PE et sont utilisés au sein du réseau de cœur de MPLS pour transmettre les paquets PW. Un tunnel MPLS

correspond au "tunnel PSN" de la Figure 1.

Plusieurs PW peuvent être incorporés dans un tunnel MPLS. Chaque PW porte le trafic d'un seul VC de relais de trame. Dans ce cas, l'en-tête de PW est une étiquette MPLS appelée l'étiquette de PW.

7.2 Format de paquet sur PSN MPLS

Pour le mode de transposition de un à un pour le relais de trame sur un réseau MPLS, le format du paquet PW est celui montré à la Figure 3.

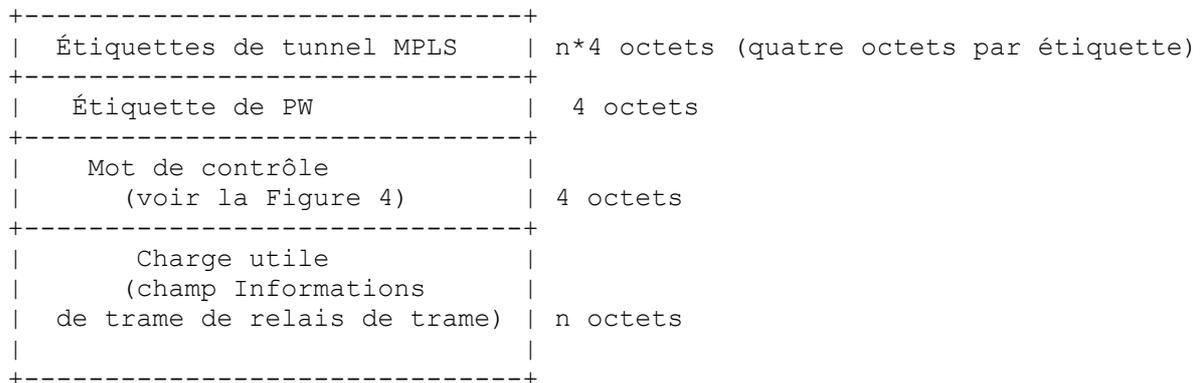


Figure 3. Paquet de PSN en relais de trame sur MPLS pour la transposition de un à un

La signification des différents champs est la suivante :

- Étiquettes de tunnel MPLS : cela correspond à l'en-tête de transport MPLS de la Figure 2. La ou les étiquettes sont utilisées par les LSR MPLS pour transmettre un paquet PW d'un PE à l'autre.
- Étiquette de PW : elle identifie un PW (c'est-à-dire, un LSP) alloué à un VC de relais de trame dans une direction. Elle correspond à l'en-tête de PW de la Figure 2. La ou les étiquettes de tunnel MPLS et l'étiquette de PW forment ensemble une pile d'étiquettes MPLS [RFC3032].
- Mot de contrôle : il contient les informations de contrôle du protocole. Sa structure est donnée à la Figure 4.
- Charge utile : le champ Charge utile correspond au champ Informations de trame de relais de trame de X.36/X.76 sans les composants suivants : bourrage de bit/octet, en-tête de relais de trame, et FCS. Il est RECOMMANDÉ de prendre en charge une taille d'au moins 1600 octets. La longueur maximum du champ de charge utile DOIT être acceptée par les deux PE. Cela peut être réalisé en utilisant le paramètre MTU d'interface quand le PW est établi [RFC4447].

7.3 Mot de contrôle

Le mot de contrôle défini ci-dessous est EXIGÉ pour le mode de relais de trame un à un. Le mot de contrôle porte certaines informations spécifiques du relais de trame qui sont nécessaires pour régénérer la trame de relais de trame sur le PE de sortie. De plus, le mot de contrôle porte aussi un numéro de séquence qui peut être utilisé pour préserver la séquence quand du relais de trame est porté sur un réseau MPLS. Sa structure est comme suit :

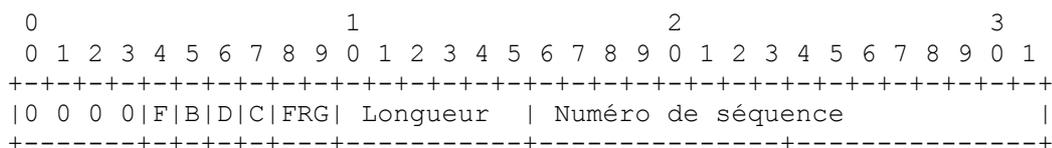


Figure 4. Structure du mot de contrôle pour le mode de transposition un à un

La signification des champs du mot de contrôle (Figure 4) est comme suit (voir aussi dans [X.36] et [X.76] les bits de relais de trame) :

- Bits 0 à 3 : dans le diagramme ci-dessus, les 4 premiers bits DOIVENT être réglés à 0 pour indiquer des données de PW.
- Bit F (bit 4) : bit de notification d'encombrement explicite vers l'avant (FR FECN).
- Bit B (bit 5) : bit de notification d'encombrement explicite vers l'arrière (FR BECN).
- Bit D (bit 6) : bit d'éligibilité à la suppression (FR DE).
- Bit C (bit 7) : bit de trame FR C/R (commande/réponse).
- Bits FRG (bits 8 et 9) : ces bits sont définis dans la [RFC4623].
- Longueur (bits 10 à 15) : si le PW traverse une liaison de réseau qui exige une taille de trame minimum (un exemple notable est Ethernet) un bourrage est requis pour atteindre la taille minimum de trame. Si la longueur de trame (définie comme la longueur de la charge utile de couche 2 plus la longueur du mot de contrôle) fait moins de 64 octets, le champ Longueur DOIT être réglé à la longueur de la charge utile du PW. Autrement, le champ Longueur DOIT être réglé à zéro. La valeur du champ Longueur, si elle n'est pas zéro, est utilisée pour supprimer les caractères de bourrage par le PE de sortie.
- Numéro de séquence (bits 16 à 31) : les numéros de séquence fournissent un mécanisme possible pour s'assurer de la livraison dans l'ordre des paquets de PW. Le traitement du champ Numéro de séquence est FACULTATIF. L'espace de numéros de séquence est un espace circulaire de 16 bits non signés. La valeur du numéro de séquence 0 est utilisée pour indiquer que l'algorithme de vérification de numéro de séquence n'est pas utilisé.

7.4 Mot de contrôle en mode Martini traditionnel

Pour la rétro compatibilité avec les mises en œuvre existantes, la version suivante de mot de contrôle est définie comme le "CW en mode Martini" pour le relais de trame.

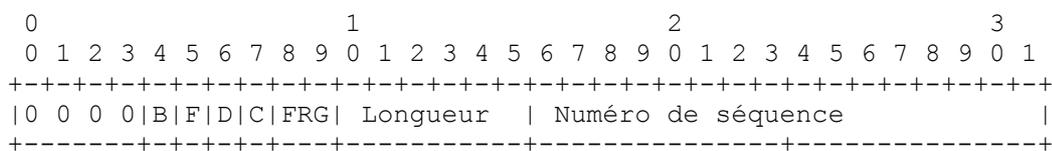


Figure 5. Structure de mot de contrôle pour le mode Martini de relais de trame

Noter que les bits "B" et "F" sont inversés.

Ce format de mot de contrôle est utilisé pour le type de PW "DLCI de relais de trame (mode Martini)"

7.5 Traitement du paquet PW

7.5.1 Encapsulation des trames de relais de trame

Le processus d'encapsulation d'une trame de relais de trame est initié quand un PE reçoit une trame de relais de trame provenant d'une de ses interfaces UNI ou NNI de relais de trame [FRF1], [FRF2]. Le PE génère les champs suivants du mot de contrôle provenant des champs correspondants de la trame de relais de trame comme suit :

- Bit Commande/réponse (C/R ou C) : le bit C est copié inchangé dans le mot de contrôle de PW.
- Le bit DE de la trame de relais de trame est copié dans le champ du bit D. Cependant, si le bit D n'est pas déjà établi, il PEUT être réglé conformément à la politique de trame d'entrée. Si il n'est pas déjà établi par l'opération de copie, l'établissement de ce bit par un PE est FACULTATIF. Le PE NE DOIT PAS changer ce bit (le régler à 0 si il a été reçu avec la valeur de 1).
- Le bit FECN de la trame de relais de trame est copié dans le champ Bit F. Cependant, si le bit F n'est pas déjà établi, il PEUT être établi pour refléter une situation d'encombrement détectée par le PE. Si il n'est pas déjà établi par l'opération de copie, l'établissement de ce bit par un PE est FACULTATIF. Le PE NE DOIT PAS changer ce bit (le régler à 0 si il

a été reçu avec la valeur de 1).

- Le bit BECN de la trame de relais de trame est copié dans le champ Bit B. Cependant, si le bit B n'est pas déjà établi, il PEUT être établi pour refléter une situation d'encombrement détectée par le PE. Si il n'est pas déjà établi par l'opération de copie, l'établissement de ce bit par un PE est FACULTATIF. Le PE NE DOIT PAS changer ce bit (le régler à 0 si il a été reçu avec la valeur de 1).
- Si la longueur de paquet PW (définie comme la longueur de la charge utile plus la longueur du mot de contrôle) est de moins de 64 octets, le champ Longueur DOIT être réglé à la longueur du paquet. Autrement, le champ Longueur DOIT être réglé à zéro.
- Le champ Numéro de séquence est traité si le PW utilise des numéros de séquence [RFC4385].
- La charge utile du paquet de PW est le contenu du champ Informations de trame de relais de trame des Recommandations UIT-T [X.36]/[X.76] d'où tout bourrage de bit ou octet a été supprimé.

7.5.2 Réglage du numéro de séquence

Pour un certain PW et une paire de routeurs PE1 et PE2, si PE1 prend en charge le séquençage de paquets, alors les procédures du paragraphe 4.1 de la [RFC4385] DOIVENT être appliquées.

7.6 Désencapsulation des paquets PW

Quand un PE reçoit un paquet de PW, il traite les différents champs du mot de contrôle afin de désencapsuler la trame de relais de trame pour sa transmission à un CE sur une UNI ou NNI de relais de trame. Le PE effectue les actions suivantes (pas nécessairement dans cet ordre) :

- Il génère les champs d'en-tête de trame de relais de trame suivants provenant des champs correspondants du paquet de PW.
- Le bit C/R DOIT être copié dans l'en-tête de relais de trame.
- Le bit D DOIT être copié dans le bit DE de l'en-tête de relais de trame.
- Le bit F DOIT être copié dans le bit FECN de l'en-tête de relais de trame. Si le bit F est réglé à zéro, le bit FECN peut être réglé à un, selon l'état d'encombrement de l'appareil de PE dans la direction vers l'avant. Changer l'état de ce bit par un PE est FACULTATIF.
- Le bit B DOIT être copié dans le bit BECN de l'en-tête de relais de trame. Si le bit B est réglé à zéro, le bit BECN peut être réglé à un, selon l'état d'encombrement de l'appareil de PE dans la direction vers l'arrière. Changer l'état de ce bit par un PE est FACULTATIF.
- Il traite les champs Longueur et Séquence, dont les détails sont dans les sous paragraphes suivants.
- Il copie le champ Informations de relais de trame du contenu de la charge utile du paquet PW après avoir supprimé tout bourrage.

Une fois que les champs ci-dessus d'une trame FR ont été traités, les opérations standard HDLC sont effectuées sur la trame de relais de trame : l'en-tête HDLC est ajouté, tout bourrage de bit ou octet est ajouté comme requis, et la FCS est aussi ajoutée à la trame. La trame FR est alors mise en file d'attente pour transmission sur l'interface UNI ou NNI de relais de trame choisie.

7.6.1 Traitement du numéro de séquence

Si un routeur PE2 prend en charge le traitement des numéros de séquence reçus, les procédures du paragraphe 4.2 de la [RFC4385] DOIVENT alors être utilisées.

7.6.2 Traitement du champ Longueur par le receveur

Tout octet de bourrage, si il en est de présent, dans le champ Charge utile d'un paquet de PW reçu DOIT être retiré avant de transmettre les données.

- Si le champ Longueur est réglé à zéro, alors il n'y a pas d'octets de bourrage qui suivent le champ Charge utile.
- Autrement, si la charge utile est plus longue, la longueur spécifiée dans les caractères de bourrage du mot de contrôle est retirée en accord avec le champ Longueur.

7.7 Valeurs du bit EXP d'ajustement MPLS

Si il est désiré porter des informations de qualité de service, les informations de qualité de service DEVRAIENT être représentées dans le champ Bits d'utilisation expérimentale (EXP) de l'étiquette MPLS du PW [RFC3032]. Si plus d'une étiquette MPLS est imposée par le LSR d'entrée, le champ EXP de toute étiquette plus haute dans la pile DEVRAIT aussi porter la même valeur.

7.8 Valeur du bit S d'ajustement MPLS

Le LSR d'entrée, PE1, DOIT régler le bit S de l'étiquette de PW à une valeur de 1 pour noter que l'étiquette de PW est au bas de la pile.

7.9 Détails du plan de contrôle pour le service de relais de trame

Le PE DOIT fournir au réseau de relais de trame la signalisation de l'état du PVC de relais de trame. Si le PE détecte une condition affectant le service pour un DLCI particulier, comme défini à l'annexe A.5 de [Q.933], situé dans IA FRF1.1, le PE DOIT communiquer au PE distant l'état du PW qui correspond à l'état DLCI du relais de trame. Le PE de sortie DEVRAIT générer les erreurs et alarmes correspondantes comme défini dans [Q.922]/[Q.933] sur le PVC de relais de trame de sortie.

Deux transpositions de fanions de relais de trame en bits de mot de contrôle sont décrites ci-dessous. Le schéma d'ordre des bits traditionnel va être utilisé pour un PW de type 0x0001, "DLCI de relais de trame (mode Martini)", et le nouveau schéma d'ordre des bits va être utilisé pour un PW de type 0x0019, "DLCI de relais de trame". Le registre d'allocation de l'IANA de "Type de pseudo-filaire" est défini dans la [RFC4446] avec les valeurs initiales allouées.

7.9.1 Sous TLV Paramètre d'interface spécifique de relais de trame

Un document séparé [RFC4447], décrit en détails le protocole de contrôle et maintenance de PW, incluant les sous TLV génériques de paramètres d'interface. Les informations de paramètres d'interface, quand applicables, DOIVENT être utilisées pour valider que les PE et les accès d'entrée et de sortie aux bords du circuit ont les capacités nécessaires pour interopérer les uns avec les autres. La TLV Paramètre d'interface est définie dans la [RFC4447], et le registre de l'IANA avec les valeurs initiales des types de sous TLV de paramètre d'interface est défini dans la [RFC4446], mais les types de sous TLV de paramètre d'interface spécifiques du relais de trame sont spécifiés comme suit :

- 0x08 : Sous TLV Longueur d'en-tête de relais de trame

Une valeur facultative de 16 bits indiquant la longueur de l'en-tête FR, exprimée en octets. Ce sous TLV FACULTATIF de paramètre d'interface peut avoir une valeur de 2, 3, ou 4, 2 par défaut. Si ce sous TLV n'est pas présent, la valeur par défaut de 2 est supposée.

8. Mode d'accès de relais de trame

Le PW de relais de trame en mode accès partagé la même encapsulation que le PW HDLC et est décrit dans la [RFC4618].

9. Contrôle d'encombrement

Comme expliqué dans la [RFC3985], le PSN qui porte le PW peut être soumis à l'encombrement, dont les caractéristiques dépendent du type de PSN, de l'architecture réseau, de la configuration, et de la charge. Durant l'encombrement, le PSN peut subir des pertes de paquets qui vont impacter le service porté par le PW de relais de trame. De plus, comme le PW de relais de trame porte divers services à travers le PSN, incluant mais sans s'y restreindre, TCP/IP, il peut ou non se comporter de la manière favorable à TCP prescrite par la [RFC2914]. En présence de services qui réduisent le taux de transmission, les PW de relais de trame peuvent donc consommer plus que leur juste part et dans ce cas, ils DEVRAIENT être arrêtés.

Chaque fois que possible, le PW de relais de trame devrait fonctionner sur des PSN à ingénierie du trafic fournissant des mécanismes d'allocation de bande passante et de contrôle d'admission. Les domaines à capacité IntServ qui fournissent le service garanti (GS) ou les domaines à capacité DiffServ qui utilisent la transmission assurée (EF, *expedited forwarding*) sont des exemples de PSN à ingénierie du trafic. De tels PSN vont minimiser la perte et le délai tout en fournissant un certain degré d'isolation des effets du PW de relais de trame sur les flux du voisinage.

Noter que quand ils transportent du relais de trame, les domaines à capacité DiffServ peuvent utiliser la transmission assurée (AF, *Assured Forwarding*) et/ou la transmission par défaut (DF, *Default Forwarding*) au lieu de EF, afin de faire peser une moindre charge sur le réseau et gagner un avantage de multiplexage statistique supplémentaire. En particulier, si le débit d'informations garanti (CIR, *Committed Information Rate*) d'un VC de relais de trame est zéro, il est alors équivalent à un flux UDP sur IP au mieux à l'égard de l'encombrement : le réseau est libre d'éliminer des trames comme nécessaire. Dans ce cas, le comportement par bond (PHB, *Per Hop Behavior*) "DF" va être approprié dans un domaine TE DiffServ. Autrement, si le CIR d'un VC de relais de trame est non zéro et si le bit DE est zéro dans l'en-tête FR, alors "AF31" va être approprié, et si le CIR d'un VC de relais de trame est non zéro mais si le bit DE est établi, alors "AF32" va être approprié [RFC3270].

Les PE DEVRAIENT surveiller l'encombrement (en utilisant la notification explicite d'encombrement, [RFC5085], ou en mesurant la perte de paquet) afin de s'assurer que le service utilisant le PW de relais de trame peut être conservé. Quand un PE détecte un encombrement significatif lorsque il reçoit les PDU de PW, les bits BECN de la trame de relais de trame transmis sur le même PW DEVRAIENT être réglés à notifier au PE distant et au commutateur de relais de trame distant la situation d'encombrement. De plus, les bits FECN DEVRAIENT être établis dans les trames FR envoyées sur le circuit de rattachement, pour donner au DTE FR une chance d'ajuster, si possible, sa fenêtre de couche transport annoncée.

Si le PW a été établi en utilisant le protocole défini dans la [RFC4447], alors les procédures spécifiées dans la [RFC4447] pour la notification d'état peuvent être utilisées pour désactiver la transmission de paquet sur le PE d'entrée à partir du PE de sortie. Le PW peut être redémarré par une intervention manuelle, ou par des moyens automatiques après un temps d'attente approprié.

10. Considérations sur la sécurité

PWE3 ne fournit aucun moyen pour protéger les contenus ou la livraison des paquets de PW au nom du service natif. PWE3 peut, cependant, déployer les mécanismes de sécurité fournis par la couche Tunnel MPLS. Une discussion plus détaillée de la sécurité de PW est donnée dans les [RFC3985], [RFC4447], [RFC3916].

11. Références normatives

[RFC3032] E. Rosen et autres, "[Codage de pile d'étiquettes MPLS](#)", janvier 2001.

[RFC4385] S. Bryant et autres, "[Mot de contrôle d'émulation bord à bord pseudo filaire \(PWE3\) à utiliser sur un PSN MPLS](#)", février 2006. (P.S.)

[RFC4446] L. Martini, "Allocations de l'IANA pour l'émulation de bord à bord pseudo filaire (PWE3)", avril 2006. ([BCP0116](#))

[RFC4447] L. Martini et autres, "Établissement et maintenance de pseudo filaires avec le protocole de distribution d'étiquettes", avril 2006. (MàJ par la RFC[6723](#)) (P.S. ; Remplacé par [RFC8077](#) STD 84)

- [RFC4618] L. Martini et autres, "[Méthodes d'encapsulation pour le transport](#) du contrôle de liaisons de données en PPP/haut-niveau (HDLC) sur réseaux MPLS", septembre 2006. (P.S.)
- [RFC4623] A. Malis, M. Townsley, "[Fragmentation et réassemblage](#) d'émulation bord à bord pseudo filaire (PWE3)", août 2006. (P.S.)

12. Références pour information

- [FRF1] FRF.1.2, "Frame relay PVC UNI Implementation Agreement", Frame Relay Forum, avril 2000.
- [FRF2] FRF.2.2, "Frame relay PVC UNI Implementation Agreement", Frame Relay Forum, avril 2002
- [Q.922] Recommandation UIT-T Q.922 "Spécification du contrôle d'appel de base en mode trame", Genève 1995
- [Q.933] Recommandation UIT-T Q.933 " Spécification du contrôle d'appel de base en mode trame", Genève 2003
- [RFC2914] S. Floyd, "[Principes du contrôle d'encombrement](#)", BCP 41, septembre 2000.
- [RFC3270] F. Le Faucheur et autres, "Prise en charge des [services différenciés par la commutation d'étiquettes](#) multi-protocoles (MPLS)", mai 2002. (P.S.)
- [RFC3916] X. Xiao, D. McPherson et P. Pate, éd., "Exigences pour l'émulation bord à bord pseudo filaire (PWE3)", septembre 2004. (Information)
- [RFC3985] S. Bryant et autres, "Architecture d'émulation bord à bord pseudo-filaire (PWE3)", mars 2005. (Information)
- [RFC4448] L. Martini et autres, "[Méthodes d'encapsulation pour le transport](#) d'Ethernet sur des réseaux MPLS", avril 2006. (P.S. ; MàJ par [RFC8469](#))
- [RFC4717] L. Martini et autres, "[Méthodes d'encapsulation pour le transport](#) de mode de transfert asynchrone (ATM) sur réseaux MPLS", décembre 2006. (P.S.)
- [RFC5085] T. Nadeau et C. Pignataro, éditeurs, "Vérification de connexité de circuit virtuel pseudo filaire (VCCV) : un canal de contrôle pour les pseudo filaires", décembre 2007. (MàJ par [RFC5586](#))
- [X.36] Recommandation UIT-T X.36, "Interface entre DTE et DCE pour réseaux publics de données fournissant des services de relais de trame", Genève, 2000.
- [X.76] Recommandation UIT-T X.76, "Interface de réseau à réseau entre réseaux publics de données fournissant des services de relais de trame", Genève, 2000

Informations sur les auteurs contributeurs

Kireeti Kompella
Juniper Networks
1194 N. Mathilda Ave
Sunnyvale, CA 94089
mél : kireeti@juniper.net

Giles Heron
Tellabs, Abbey Place
24-28 Easton Street
High Wycombe, Bucks, UK
mél : giles.heron@tellabs.com

Rao Cherukuri
Juniper Networks
1194 N. Mathilda Ave
Sunnyvale, CA 94089

Dimitri Stratton Vlachos
Mazu Networks, Inc.
125 Cambridgepark Drive
Cambridge, MA 02140
mél : d@mazunetworks.com

Chris Liljenstolpe
Alcatel
11600 Sallie Mae Dr.
Reston, VA 20193
mél : chris.liljenstolpe@alcatel.com

Nasser El-Aawar
Level 3 Communications, LLC.
1025 Eldorado Blvd.
Broomfield, CO, 80021
mél : nna@level3.net

Eric C. Rosen
Cisco Systems, Inc.
1414 Massachusetts Avenue
Boxborough, MA 01719
mél : erosen@cisco.com

Dan Tappan

Prayson Pate

Steve Vogelsang

Cisco Systems, Inc.
1414 Massachusetts Avenue
Boxborough, MA 01719
mél : tappan@cisco.com

Overture Networks, Inc.
507 Airport Boulevard
Morrisville, NC, USA 27560
prayson.pate@overturenetworks.com

ECI Telecom
1300 Omega Drive
Pittsburgh, PA 15205
mél : stephen.vogelsang@ecitele.com

Vinai Sirkay
Redback Networks
300 Holger Way,
San Jose, CA 95134
sirkay@technologist.com

David Sinicrope
Ericsson IPI
david.sinicrope@ericsson.com

Ravi Bhat
Nokia
mél : ravi.bhat@nokia.com

Nishit Vasavada
Nokia
nishit.vasavada@nokia.com

Adresse des éditeurs

Luca Martini
Cisco Systems, Inc.
9155 East Nichols Avenue, Suite 400
Englewood, CO, 80112
mél : lmartini@cisco.com

Claude Kawa
OZ Communications
Windsor Station
1100, de la Gauchetière St West
Montréal QC H3B 2S2 Canada
mél : claudio.kawa@oz.com

Andrew G. Malis
Tellabs
1415 West Diehl Road
Naperville, IL 60563
mél : Andy.Malis@tellabs.com

Déclaration complète de droits de reproduction

Copyright (C) The IETF Trust (2006).

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

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

Propriété intellectuelle

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

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

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

Remerciement

Le financement de la fonction d'édition des RFC est fourni par l'activité de soutien administratif (IASA) de l'IETF.