

Le rôle du 10 Gigabit Ethernet et de la Consolidation I/O dans les Environnements Serveurs Virtualisés

Introduction

A l'heure actuelle, la virtualisation s'affirme de plus en plus comme un outil essentiel dans le Data Center, pour une consolidation plus efficace et une meilleure gestion de la puissance de calcul. En quelques années, la technologie de base x86 des serveurs a tellement progressée en performance et densité au niveau des composants que les systèmes multi-socket, quad-cœur avec 32 Giga Octets de mémoire ou plus sont devenus très courants aujourd'hui.

La combinaison du traitement multi-cœur et de logiciels de virtualisation tel que VMware Virtual Infrastructure permet maintenant aux organisations IT de mieux contrôler la prolifération des systèmes en tournant de multiples applications indépendantes sur un nombre réduit de serveurs physiques. A l'heure actuelle, pour un environnement applicatif donné, on va utiliser moins de machines et leur niveau d'utilisation s'est élevé – 2 facteurs qui vont contribuer à une meilleure efficacité énergétique et à des coûts de consommation électrique et de dissipation calorifique réduits.

Au-delà du bénéfice obtenu avec la consolidation des serveurs, les organisations IT se sont également rendu compte que la virtualisation pouvait résoudre un certain nombre d'autres problèmes. Les plans de continuité de service utilisant la virtualisation peuvent rendre les solutions de reprise d'activité sur sinistre plus simples, plus fiables et d'un coût plus abordable. Les environnements desktop virtualisés peuvent utiliser des serveurs centralisés et des clients légers pour supporter un grand nombre d'utilisateurs avec des configurations PC standards qui vont améliorer aussi bien les coûts d'acquisition que d'exploitation. La virtualisation permet de faire cohabiter des environnements de développement, test et production sur les mêmes serveurs physiques et elle va faciliter le découplage entre le déploiement de nouvelles applications et les achats de serveur physique. Ces nouvelles applications seront déployées dans des environnements virtuels et pourront évoluer et grossir à la demande pour répondre aux évolutions des demandes métiers.

Evolution des besoins en bande passante

La combinaison de la virtualisation et des processeurs multi-cœur a fait progresser de façon significative la somme de travail applicatif que chaque serveur peut traiter. Le support en hardware de la virtualisation réalisé grâce aux technologies Intel Virtualisation Technology (IVT) et AMD virtualisation (AMD-V) accélère cette tendance en réduisant l'overhead lié au traitement de la Virtualisation et en fournissant plus de cycles CPU au traitement des applications.

Pendant que les sockets, cœurs et slots mémoire augmentaient de façon très importante, la connexion réseau typique d'un serveur n'évoluait que par simple ajout de lien Gigabit Ethernet. La

bande passante réseau peut donc devenir problématique lorsque la capacité accrue d'un serveur demande un accroissement encore plus élevé de capacité d'entrée / sortie. Le simple ajout de NIC gigabit représente un coût non négligeable car chaque NIC augmente la consommation électrique du serveur – en moyenne entre 20 et 25 Watts – le coût et la complexité du câblage et demande plus de ports d'accès à acquérir et à gérer. De plus, l'équipe IT doit souvent s'orienter vers des serveurs plus capacitifs en termes de slots d'expansion juste pour supporter un nombre excessif de modules d'accès réseau. Enfin, chaque ajout d'interfaces nécessite un arrêt du serveur physique.

L'accès à l'espace de stockage en mode Bloc va présenter les mêmes problématiques avec des besoins en connectique Fibre Channel de plus en plus nombreux et sur un plus grand nombre de serveurs physiques. En effet, dans un environnement serveur virtualisé, une machine virtuelle pouvant se déplacer vers n'importe quelle machine physique, le SAN est obligatoire pour ces serveurs physiques afin que la machine virtuelle retrouve tout son environnement, aussi bien côté LAN que côté espace de stockage.

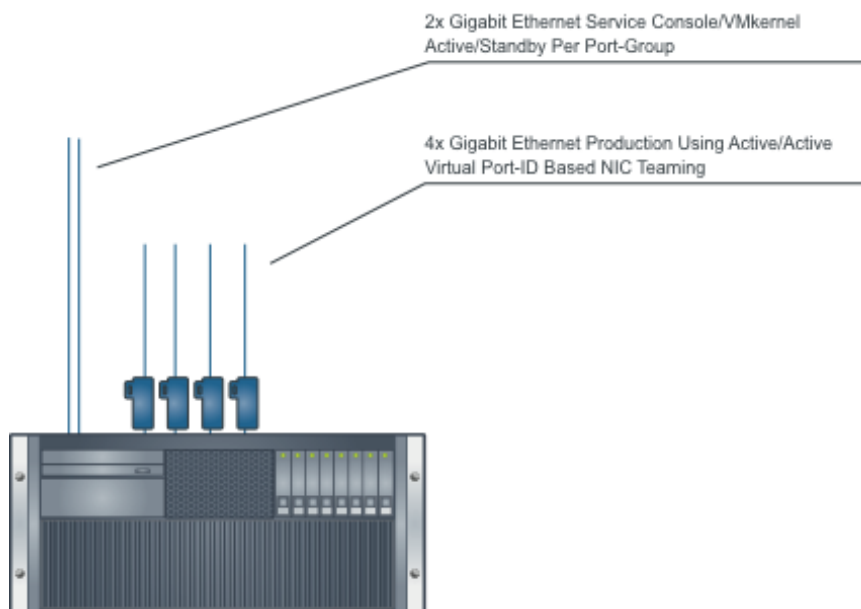
Le problème de la prolifération des ports Gigabit Ethernet...

Une configuration typique pour un serveur tournant VMware ESX Server va utiliser de 4 à 8 liens Gigabit Ethernet, nécessitant un nombre important de NIC, ports sur les commutateurs d'accès et câblage. Il n'est pas rare de voir un serveur configuré avec 8 NIC, avec des ports dédiés par fonction.

La Figure 1 illustre une configuration serveur typique avec :

- Quatre liens Gigabit Ethernet pour les flux de Production,
- Deux built-in interfaces configurées en mode active/standby port group pour les flux VMkernel et VMware Service Console. Une interface est utilisée comme port actif pour les flux VMkernel et l'autre comme port actif de la service console.

Figure 1 : Configuration traditionnelle pour un serveur tournant VMware ESX Server avec interfaces séparées pour VMkernel, service console et flux de productions.



Même une configuration de ce type avec 6 interfaces Gigabit Ethernet peut être insuffisante pour les besoins applicatifs actuels. Les tests de charge montrent que 4 machines virtuelles tournant sur un serveur double-socket, dual-cœur peuvent facilement saturer quatre liens Gigabit Ethernet, ce qui fournit une indication sur la bande passante requise pour un serveur quatre-socket, quad-cœur. Il est important de noter également qu'un flux donné pour une machine virtuelle ou physique ne pourra pas dépasser la capacité d'un Gigabit.

Cas du 10 Gigabit Ethernet

Une réponse au besoin de bande passante et à la prolifération des ports est de s'orienter vers la technologie 10 Gigabit Ethernet.

Ainsi, plutôt que d'utiliser 4 à 8 interfaces Gigabit Ethernet dans chaque serveur, 2 interfaces 10 Gigabit Ethernet vont fournir un accroissement significatif de la bande passante tout en garantissant la même haute disponibilité d'accès (Figure 2).

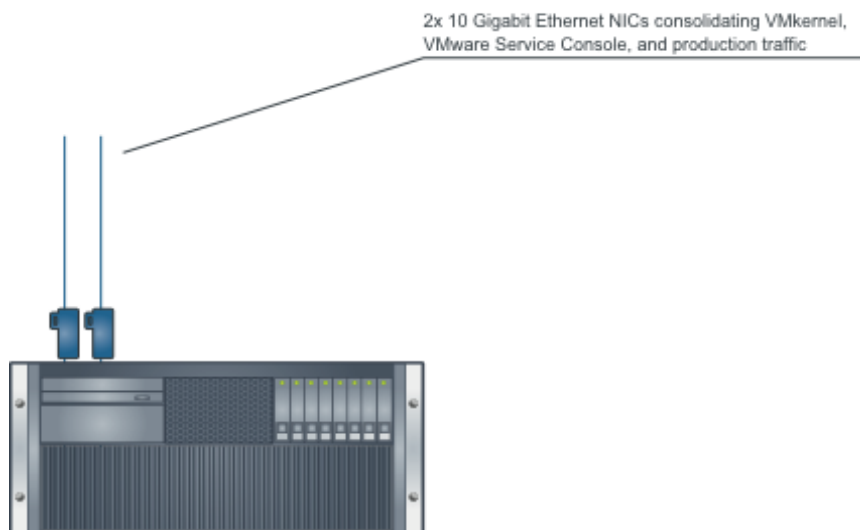
Le 10 Gigabit Ethernet, au-delà de sa bande passante 10 fois supérieure à celle d'un lien Gigabit Ethernet, dispose de nombreux atouts pour répondre aux évolutions des Centres Informatiques en général et plus particulièrement dans les cas où l'utilisateur envisage la virtualisation des ses ressources serveurs :

- Baisse continue des coûts de la technologie 10 Gigabit Ethernet aussi bien pour les interfaces serveur que pour les commutateurs,
- Réduction significative du nombre de ports à l'accès,
- Amélioration de l'efficacité énergétique du Data Center,
- Bande passante par VM supérieure au Gigabit,
- Simplification de l'administration,
- Simplification du support VMWare VMotion,
- Evolutivité accrue.

La mise en œuvre du 10 Gigabit Ethernet en accès est apportée, entre autres, par la gamme des Commutateurs Cisco Nexus5000. Les caractéristiques techniques du Cisco Nexus5020 sont présentées plus loin dans ce document.

Mais au-delà des bénéfices présentés ci-dessus en connectique Ethernet pure, de nouveaux développements sur le protocole Ethernet lui-même vont permettre d'envisager des gains encore plus substantiels dans la simplification et la virtualisation de l'infrastructure Réseau du Centre Informatique. Ces évolutions sont également décrites plus loin dans ce document.

Figure 2. Une configuration 10 Gigabit Ethernet consolidée utilise seulement deux liens Réseau 10 Gigabit à comparer aux 4 à 8 liens dans une configuration Gigabit Ethernet classique.



...Et le problème de la prolifération des ports Fibre Channel

Une autre problématique importante concerne le besoin d'accès vers les systèmes de stockage SAN de ces mêmes serveurs. L'accès traditionnel SAN utilise des interfaces de type HBA basées sur le protocole Fibre Channel. Ce protocole étant dans sa forme actuelle totalement incompatible avec

Ethernet, l'utilisateur doit ajouter sur son serveur au minimum 2 HBA pour fournir un accès redondant vers le ou les systèmes de stockage. Le débit généralement disponible sur les HBA et système de stockage d'aujourd'hui est de l'ordre de 2 ou 4 Gbps et en cours d'évolution vers le 8 Gbps.

De la même façon que pour les accès LAN, certains flux de stockage doivent être isolés les uns des autres. La redondance d'accès implique d'avoir 2 HBA par type de flux, le design du SAN étant généralement basé sur une topologie dite « Dual-Fabric ».

Et là encore, une machine virtuelle pouvant se déplacer potentiellement vers n'importe quel serveur physique, chaque serveur physique devrait idéalement disposer de HBA vers l'ensemble des réseaux SAN du Data Center. La mise en place de la virtualisation des serveurs va donc avoir des conséquences importantes sur le réseau SAN avec une multiplication des HBA sur les serveurs physiques et des ports FC sur les commutateurs SAN. On constate qu'à l'heure actuelle, environ 30% des serveurs vont avoir accès au SAN dans un Data Center typique. Ce ratio va augmenter de façon très importante si l'on veut étendre la mobilité potentielle des machines virtuelles à l'ensemble des serveurs physiques du Data Center. Ceci va induire un accroissement significatif des coûts d'achat (CAPEX) et d'exploitation (OPEX), ainsi qu'une complexification de la topologie du SAN et de sa gestion au jour le jour. L'aspect financier est encore plus flagrant en Fibre Channel car le coût d'un HBA et d'un port de commutateur SAN sont sensiblement plus élevés que leurs équivalents en Gigabit Ethernet.

Aujourd'hui, cette technologie FC est parfaitement maîtrisée par les grandes entreprises qui disposent généralement d'un ou plusieurs réseaux SAN. Dans les entreprises de taille plus modeste, il n'existe pas nécessairement de SAN, mais le déploiement de la virtualisation des serveurs peut demander la mise en place du SAN avec une difficulté additionnelle comparée à une grande entreprise, l'absence de compétence Fibre Channel et SAN.

Etude sur la convergence des Réseaux

On peut résumer les caractéristiques comparées des réseaux SAN et LAN de la façon suivante :

- Protocole Fibre Channel et réseau SAN incompatibles avec le protocole Ethernet et Réseau LAN, de par la nature même de ces protocoles : algorithme de « Spanning Tree » en Ethernet contre réseau routé en FC, « drop » de trame en Ethernet pour le contrôle de flux, non toléré en Fibre Channel, etc.,
- Commutateurs SAN indépendants des commutateurs LAN,
- Compétence SAN distincte de la compétence LAN,
- Interfaces NIC ou HBA, commutateurs LAN ou SAN, câblage, etc., entièrement dédié par réseau,
- Réseau et compétence LAN généralement présents dans l'ensemble des entreprises, petites ou grandes, ce qui n'est pas forcément le cas pour le SAN dans les petites et moyennes entreprises.

Pourquoi dans ce cas ne pas utiliser un seul et même réseau pour le transport des flux LAN et des flux de stockage ?

Il existe différents types de flux LAN, majoritairement transportés par le protocole TCP/IP au-dessus du protocole Ethernet. Sans rentrer dans le détail des protocoles, on peut les résumer de la façon suivante, Ethernet assure l'interconnexion et fournit la bande passante, TCP/IP assure le routage des flux au sein du réseau LAN, la fiabilité du transport, la reprise en cas d'erreur et le contrôle de flux.

Le réseau SAN est majoritairement basé sur le protocole Fibre Channel utilisé pour transporter le protocole SCSI d'accès aux données en mode bloc. Les différents mécanismes apportés par Ethernet et TCP/IP sont fournis par les différentes couches du protocole FC.

Aujourd'hui, le réseau LAN est déjà capable de transporter des flux de stockage grâce aux protocoles suivants :

- **Protocoles NFS et CIFS** : ces protocoles permettent d'accéder au stockage en mode fichier. Cependant, de nombreuses applications ont toujours besoin d'accès en mode bloc, soit parce que d'un point de vue historique, elles ont été écrites de cette façon-là, ou pour des questions d'efficacité, certains accès à la donnée fonctionnant mieux en mode fichier, d'autres en mode bloc. Ce dernier reste donc indispensable.
- **Protocole iSCSI** : ce protocole effectue une encapsulation du protocole SCSI dans TCP/IP et utilise le LAN Ethernet pour accéder aux données en mode bloc. Mais il faut tenir compte de certaines contraintes dans la mise en œuvre du protocole iSCSI. Tout d'abord, il a été disponible à un moment où il existait déjà un grand nombre de réseaux SAN Fibre Channel. Ensuite, c'est un protocole de type « Statefull » qui remet en cause le modèle d'administration du SAN déjà déployé. Enfin, il est basé sur le protocole TCP/IP qui va induire une charge additionnelle liée au traitement de la stack IP. Ces limitations peuvent être traitées et il existe un certain nombre de grandes entreprises utilisant iSCSI au sein de leur Data Center. Mais la mise en œuvre d'iSCSI n'étant pas transparente notamment en parallèle d'un SAN Fibre Channel existant, il n'a pas et de loin, supplanté le protocole Fibre Channel pour l'accès en mode bloc aux données.

En conséquence, l'accès aux données en mode bloc reste obligatoire et est basé aujourd'hui, en très grande majorité, sur le protocole Fibre Channel.

Dans la mesure où la convergence des réseaux est une évolution intéressante et à la lumière des expériences passées et de l'état de l'art actuel des capacités technologiques, il serait donc judicieux de pouvoir mutualiser les réseaux SAN et LAN sur la base du protocole Ethernet.

Cisco Data Center Ethernet

Les technologies évoluent et des travaux ont démarré depuis début 2007 afin d'utiliser le protocole Ethernet pour transporter Fibre Channel. Les bénéfices sont évidents :

- Le protocole Ethernet est omniprésent au sein des entreprises de toute taille et parfaitement maîtrisé par tout ingénieur réseau,
- Mutualisation des réseaux, une seule infrastructure réseau pour transporter aussi bien les flux LAN que SAN,
- Réduction des coûts d'acquisition et d'exploitation,
- Simplification de la configuration des serveurs,
- Moins d'intervention sur les serveurs,
- Simplification de la gestion opérationnelle du Data Center,
- Réduction significative de la facture énergétique,
- Mise en place de la virtualisation serveur grandement simplifiée car un seul réseau d'accès quel que soit le type de flux.

Quelles sont les contraintes à résoudre afin de pouvoir transporter sereinement Fibre Channel sur Ethernet :

- En cas de congestion, Ethernet « droppe » la trame et TCP/IP au-dessus se charge de l'intégrité du transport. Ceci n'est pas possible avec le protocole Fibre Channel qui ne tolère pas la perte de trame.
- Respect du modèle d'administration du SAN et transparence du transport y compris au niveau du serveur,
- Différenciation des flux LAN et SAN et garantie de bande passante,
- Ethernet converge grâce au Spanning Tree qui va rendre la moitié des liens inopérants alors que tous les liens sont actifs dans un réseau SAN Fibre Channel.

En résolvant ces contraintes, l'utilisateur ne disposerait que d'un seul réseau de transport au protocole Ethernet, lequel protocole il maîtrise parfaitement.

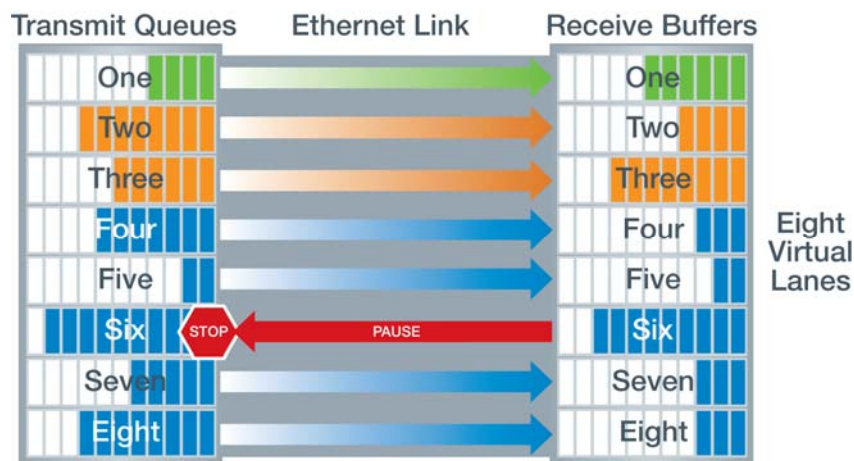
Les travaux de l'IEEE : famille de protocoles DCE

Le protocole Cisco Data Center Ethernet est une série d'évolutions du protocole Ethernet classique dont l'objectif est de lever les contraintes énumérées ci-dessus. Ces améliorations sont en cours de standardisation au sein des comités IEEE, IETF et ANSI T11. Ces évolutions sont les suivantes :

- *Le Priority Flow Control* permet de gérer 8 classes de priorité de flux de façon séparée sur un même lien. Le PFC peut être utilisé, par exemple, pour prioriser différents flux IP entre eux et pour créer des réseaux sans perte de trame (« lossless ») pour les flux de stockage. Ces classes de priorité sont aussi connues sous le terme de Virtual Lanes. Chaque VL pourra être traitée de façon différenciée avec, entre autres, un attribut de « no-drop » pour les flux de stockage. D'autre part, lors de la détection de congestion pour un flux donné identifié par une VL spécifique, on pourra appliquer la fonction de pause pour cette VL sans impacter les autres flux qui ne sont pas concernés par la congestion.

La Figure 3 présente les 8 virtual lanes d'un lien avec Priority Flow Control et Pause sélectif sur la VL6 sans impact sur les autres flux en transit sur le lien :

Figure 3 : Les VL d'un lien avec PFC vont être traitées de façon différenciée. Exemple de pause sélectif sur la VL 6.



Le draft 802.1Qbb de l'IEEE définit la fonction PFC. Un premier draft a été publié, à savoir que les caractéristiques techniques sont aujourd'hui arrêtées et il devrait être standardisé autour d'avril 2009.

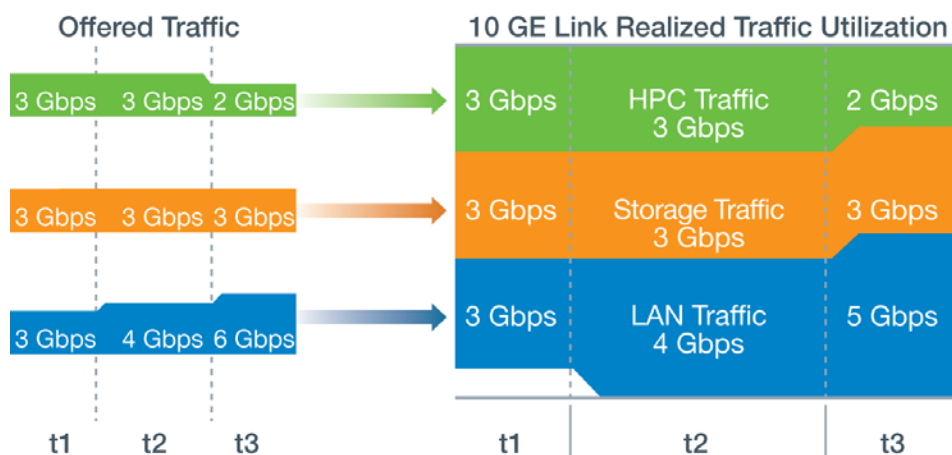
- *La gestion de la bande passante* apporte une garantie de bande passante minimale par classe de priorité, tout en fournissant la flexibilité nécessaire pour absorber des pics de charge en utilisant le reste de bande passante disponible. Cette fonction permet la cohabitation de flux de production, de flux de service et de flux de stockage sur le même lien sans risque d'interférence. Ainsi, en aucun cas une charge élevée sur les flux de production LAN ne pourra impacter les flux de stockage. La gestion de la bande passante est aussi connue sous l'appellation ETS pour Enhanced Transmission Selection.

La figure 4 illustre comment une variation de charge des flux sera absorbée sur le réseau 10 Gigabit Ethernet avec des garanties de bande passante de 3 Gbps chacun pour le flux VMkernel (flux vert) et les flux de stockage (flux orange) et de 4 Gbps pour les flux de production LAN (flux bleu) :

- A l'instant t_1 , la somme des flux est inférieure ou égale à la somme des garanties,
- A l'instant t_2 , les flux LAN augmentent de débit jusqu'à 4 Gbps, représentant leur minimum garanti,
- A l'instant t_3 , le flux VMkernel descend à 2 Gbps alors que les flux LAN augmentent encore, jusqu'à 6 Gbps. La flexibilité de la gestion de la bande passante permet aux

flux LAN de disposer de 5 Gbps, utilisant ainsi l'ensemble de la bande passante disponible, mais en aucun cas, ces flux LAN ne pourront impacter les flux VMkernel ainsi que les flux de stockage qui sont au niveau ou en-dessous de leur bande passante minimale garantie.

Figure 4 : La gestion de la bande passante contrôle les flux en entrée du lien 10 Gigabit Ethernet en garantissant une bande passante minimale par type de flux et en supportant les pics de charge lorsque la bande passante est disponible.

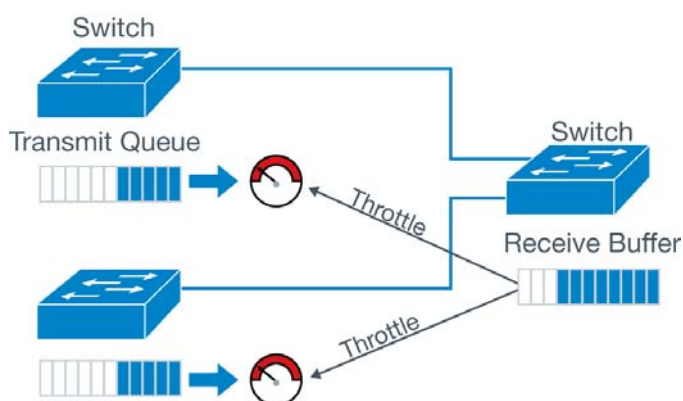


Le draft 802.1Qaz de l'IEEE définit la fonction ETS. Un premier draft a été publié, à savoir que les caractéristiques techniques de l'ETS sont aujourd'hui arrêtées et il devrait être standardisé autour de Juillet 2009.

- *La notification de congestion* va permettre de gérer la congestion au sein d'un Réseau DCE de bout en bout. Dans un réseau de ce type susceptible de transporter des flux de Stockage, il n'est plus possible de « dropper » une trame à des fins de contrôle de flux. On va donc utiliser un mécanisme de BCN pour Backward Congestion Notification ou QCN pour Quantized Congestion Notification par lequel les nœuds au sein du réseau DCE qui détectent la congestion vont identifier la source à l'origine des flux en congestion et prévenir le commutateur au plus près de cette source afin qu'il régule son débit pour traiter convenablement la congestion.

La figure 5 présente la gestion de la congestion entre les commutateurs en aval dont les buffers se remplissent pour une VL donnée et les commutateurs en amont du flux concerné. Ces commutateurs en amont vont réguler le flux pour contrôler la congestion au sein du réseau et fournir un contrôle de flux de bout en bout :

Figure 5 : Le commutateur en aval va prévenir les commutateurs en amont afin qu'ils régulent le flux d'une VL en congestion.

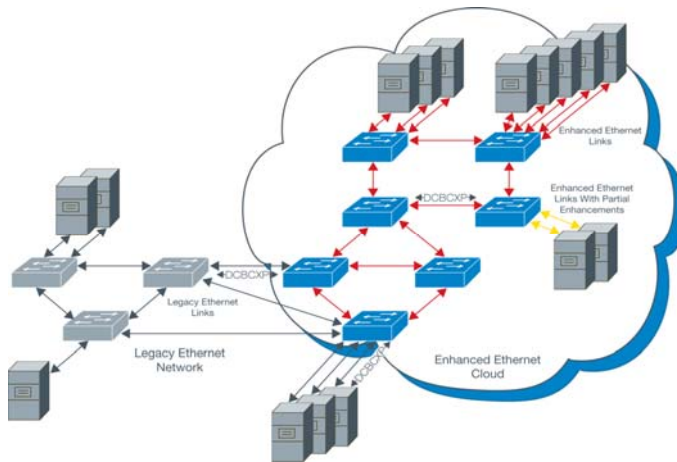


Le draft 802.1Qau de l'IEEE définit la gestion de la congestion. Un premier draft a été publié, à savoir que les caractéristiques techniques sont aujourd'hui arrêtées et il devrait être standardisé autour d'Avril 2009.

- *L'échange des paramètres de commutation* dénommé DCBX pour Data Center Bridging eXchange est un protocole d'échange entre les commutateurs qui font partie du réseau DCE. Ces commutateurs vont assurer la cohérence du réseau DCE en diffusant le paramétrage des différentes fonctions décrites précédemment sur l'ensemble des commutateurs du réseau DCE, tels que les classes de Service, les bandes passantes garanties à chaque classe, la caractéristique « lossless » de telle ou telle classe, etc.

La figure 6 présente les différents échanges au sein du Réseau entre les commutateurs DCE afin que les caractéristiques de priorité, de bande passante, etc. soient connues et cohérente sur l'ensemble du Réseau DCE :

Figure 6 : Les commutateurs DCE dialoguent entre eux afin d'échanger les paramètres DCE.



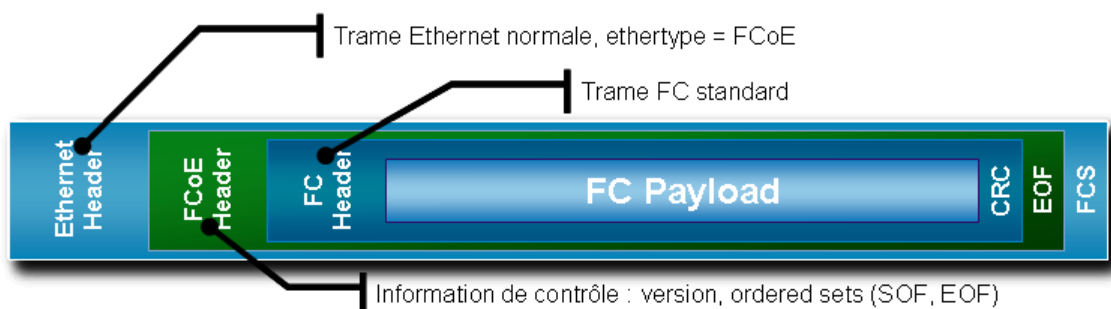
Le protocole DCBX fait partie du draft 802.1Qaz et est toujours en cours de développement au sein de l'IEEE.

Les travaux de l'ANSI T11 : Encapsulation Fibre Channel dans Ethernet

Un réseau de type DCE met en œuvre les pré-requis au transport de flux de Stockage sans perte de trame. Il faut ensuite une description de la façon dont ces flux de Stockage vont être transportés sur ce protocole DCE. Le comité T11 de l'ANSI, en charge du protocole Fibre Channel, travaille à la standardisation du protocole « Fibre Channel over Ethernet ». FCoE est l'encapsulation d'une trame FC dans une trame Ethernet DCE. C'est un protocole très simple, une encapsulation basique de la trame FC dans la trame Ethernet. Pas de fragmentation, la trame DCE résultante aura donc une taille d'environ 2 300 octets et les commutateurs DCE devront supporter les Jumbo frames Ethernet. Il n'y a aucune modification des couches FC2, FC3 et FC4 de la pile du protocole Fibre Channel. C'est un protocole sans état dit « Stateless ». Le modèle d'administration du SAN reste donc identique à celui d'un SAN Fibre Channel et il pourra s'insérer dans un existant FC de façon douce.

La Figure 7 présente le format d'encapsulation de la trame Fibre Channel dans une trame Ethernet via le protocole FCoE de l'ANSI T11 :

Figure 7 : Les commutateurs DCE dialoguent entre eux afin d'échanger les paramètres DCE.



Les travaux sur FCoE ont démarré en Avril 2007 au sein du T11. Grâce à la simplicité de ce protocole telle que présentée ci-dessus, ces travaux sont aujourd'hui terminés et les spécifications de l'encapsulation FCoE entièrement finalisées. Le protocole FCoE est dans la phase administrative dite « Letter Ballot » et devrait être définitivement ratifié début 2009.

Il n'est pas nécessaire de disposer de l'ensemble des fonctions de DCE pour mettre en place de l'encapsulation FCoE. Les deux mécanismes obligatoires sont le PFC et la gestion de la bande passante. Les caractéristiques précises de ces 2 fonctions étant aujourd'hui définies, on peut envisager le déploiement du protocole FCoE sur des commutateurs DCE supportant ces 2 fonctions.

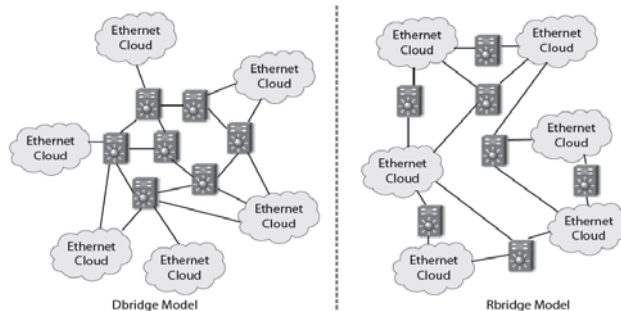
Les travaux de l'IETF : Ethernet Layer 2 Multi-Pathing

Un réseau DCE est à même de transporter les flux Fibre Channel via l'encapsulation FCoE, soit Fibre Channel directement sur Ethernet. Cela présente deux contraintes additionnelles. D'une part, il n'y a plus de couche IP, le protocole qui assure le routage des trames au-dessus du réseau Ethernet classique. D'autre part, dans un réseau FC, tous les liens sont actifs alors que le protocole STP de convergence du réseau Ethernet, STP pour Spanning Tree Protocol, va rendre la moitié des liens inopérants dans un réseau Ethernet classique.

L'IETF travaille donc à la définition d'un protocole qui permette de s'affranchir du Spanning Tree tout en évitant les risques liés aux boucles et qui assure également le routage des trames au sein du réseau DCE. La faculté du réseau DCE à être « routable » au niveau 2, avec tous les liens actifs ou « Forwarding » sans risque de boucle, est connue sous le nom générique de L2MP pour Layer 2 Multi-Pathing. Le draft L2MP en cours de développement à l'IETF s'appelle TRILL pour « Transparent Interconnection of Lots of Links ». Dans un réseau DCE avec du L2MP de bout en bout, tous les liens sont actifs et il n'y a pas de risque de boucle. La convergence et le routage au sein de ce réseau seront effectués via un protocole de routage à état des liens de type IS-IS implémenté au niveau 2.

La figure 8 présente différents modèles L2MP en cours de développement selon que le réseau soit pur DCE ou que soit présents des commutateurs Ethernet classiques au milieu du nuage DCE :

Figure 8 : Modèles de topologie L2MP, DBridge en pur DCE ou RBridge en mixte DCE / Ethernet classique.



Les travaux autour du L2MP devraient déboucher sur un draft utilisable d'ici mi-2009.

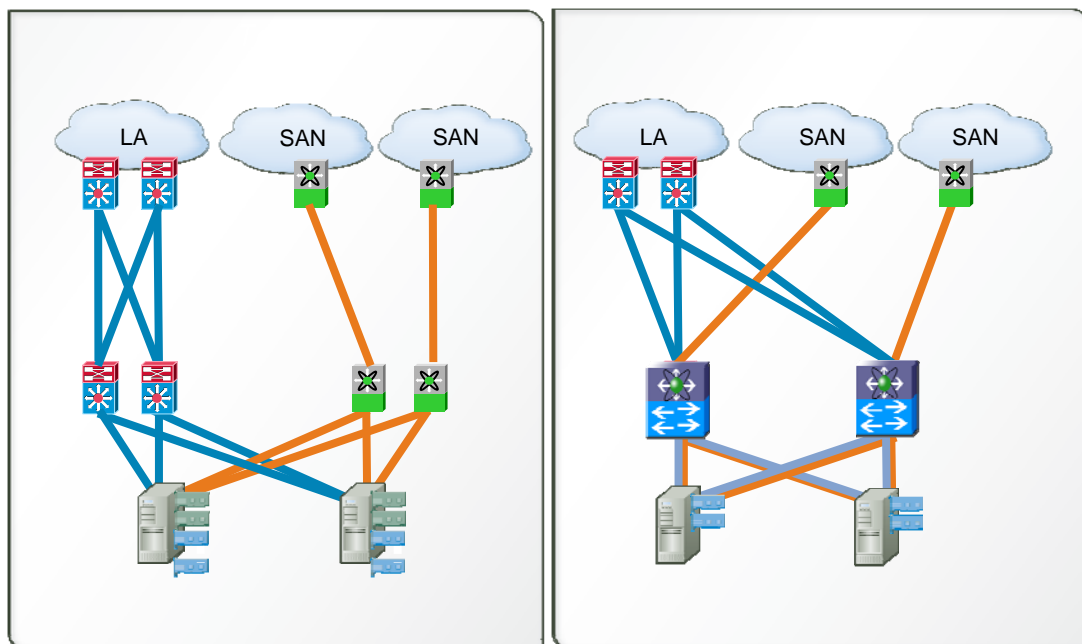
Cas du 10 Gigabit Ethernet DCE

Nous pouvons résumer les contraintes des Data Centers de nos jours ainsi que les développements en cours pour y remédier ainsi:

- La virtualisation des serveurs est une tendance forte qui apporte des réponses intéressantes aux problèmes auxquels doivent faire face les Data Centers,
- Cette virtualisation des serveurs conduit à une complexification des réseaux LAN et SAN,
- Une des réponses les plus appropriées est la mutualisation de ces réseaux SAN et LAN sur des débits de l'ordre du 10 Gigabit en accès,
- Cette convergence des réseaux est aujourd'hui possible grâce aux évolutions apportées par le protocole Data Center Ethernet – DCE – et l'encapsulation Fibre Channel dans Ethernet – FCoE.

Un exemple d'infrastructure LAN et SAN traditionnelle et d'infrastructure convergente est présenté Figure 9 :

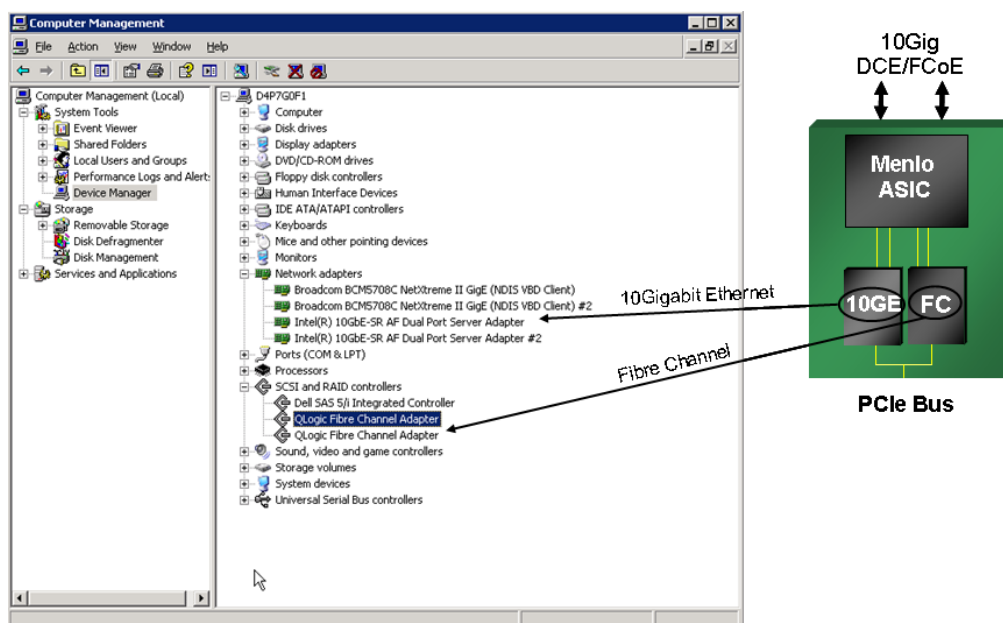
Figure 9 : Réseaux LAN et SAN classiques à gauche avec multiples liens d'accès et interfaces NIC et HBA. Réseau unifié à droite, simplification de l'infrastructure d'accès et réduction significative du nombre d'interfaces sur les serveurs.



Cette convergence des flux LAN et SAN sur un réseau mutualisé de type DCE / FCoE sera réalisée sur la base de connectique 10 Gigabit DCE, afin de répondre au besoin de bande passante générée par la concentration des flux LAN, SAN et HPC sur cette infrastructure mutualisée. Une nouvelle génération de Commutateur tel que la gamme Cisco Nexus5000 ainsi que des cartes d'interfaces 10 Gigabit Ethernet supportant l'évolution Ethernet DCE et l'encapsulation FCoE permettent d'envisager l'unification des I/O au niveau de la couche d'accès dès aujourd'hui comme présenté Figure 9.

FCoE est supporté par certaines interfaces 10 Gigabit Ethernet et par une nouvelle classe d'adaptateur réseau convergent, le CNA pour « Converged Network Adapter ». Le CNA est présenté à l'OS comme un HBA Fibre Channel et une interface NIC 10 Gigabit Ethernet distincts, d'où une transparence totale de la présence de DCE, FCoE et de la mutualisation de l'infrastructure au niveau du système d'exploitation (figure 10).

Figure 10 : Présentation de l'interface CNA DCE / FCoE à l'OS sous la forme classique d'une interface NIC 10 Gigabit Ethernet et d'un HBA Fibre Channel.



Ainsi, plutôt que d'utiliser 4 à 8 interfaces Gigabit Ethernet et 2 ou 4 interfaces HBA Fibre Channel dans chaque serveur, 2 interfaces 10 Gigabit Ethernet de type CNA vont fournir un accroissement significatif de la bande passante réseau tout en garantissant la même haute disponibilité d'accès. Ces interfaces supportent FCoE, donc les flux SAN, et l'ensemble des flux de type LAN.

Dans un lien 10 Gigabit Ethernet sur une interface CNA, une partie de la bande passante est réservée pour les flux Fibre Channel. Les mécanismes de priorisation et contrôle de la bande passante vont répartir cette bande passante entre les flux LAN et les flux SAN. Le commutateur Cisco Nexus5000 va ensuite séparer ces flux pour envoyer d'un côté les flux LAN vers le réseau LAN classique via du 10 Gigabit Ethernet classique et de l'autre les flux Fibre Channel vers le réseau SAN classique ou directement vers des périphériques de stockage via du Fibre Channel 4 Gbps classique.

Au final, l'utilisateur ne va disposer que d'un seul réseau de transport au protocole Ethernet.

Réduction des coûts

Passer au 10 Gigabit Ethernet DCE combiné à FCoE est une proposition économiquement intéressante qui va simplifier l'infrastructure du Data Center tout en améliorant les coûts de

consommation électrique et dissipation calorifique :

- *Réduction du CAPEX.* Le 10 Gigabit Ethernet étant de plus en plus déployé, le coût des commutateurs et interfaces 10 Gigabit est descendu à un niveau où il devient pertinent de configurer une paire d'interfaces 10 Gigabit Ethernet plutôt que 4 ou 8 interfaces Gigabit Ethernet.
De plus, il n'est pas nécessaire d'acquérir de nouveaux HBA car les flux de stockage seront transportés via les interfaces CNA grâce à la bande passante très importante qu'apportent ces interfaces et au support de l'encapsulation FCoE.
Dans le cas des serveurs qui nécessitent un accès au SAN, il est important de noter que l'investissement en interfaces 10 Gigabit Ethernet DCE sera directement amorti par l'économie générée sur les HBA Fibre Channel. Chaque CNA remplace un HBA d'un coût équivalent.
- *Moins de ports à l'accès.* La réduction significative du nombre de liens vers les serveurs va réduire le nombre d'interfaces sur ces serveurs, le nombre de ports sur les commutateurs d'accès et le nombre de câbles, ce qui va simplifier l'infrastructure du Data Center tout en réduisant les coûts d'acquisition et d'exploitation.
Il n'y aura pas de HBA additionnel à acquérir et à mettre en place pour les serveurs éligibles au SAN, ce qui offre donc une réduction encore plus significative avec des interfaces de type CNA.
- *Baisse des coûts d'alimentation électrique et dissipation calorifique.* Chaque interface serveur et port d'accès commutateur contribue à la charge énergétique du Data Center. La réduction du nombre de ces composants, aussi bien côté Gigabit Ethernet que Fibre Channel, va améliorer l'efficacité énergétique du Data Center. Pour rappel, un lien Gigabit Ethernet va ajouter au total entre 20 et 25 watts de consommation globale.
- *Réduction des coûts d'exploitation.* Du fait de la grande capacité offerte par les interfaces 10 Gigabit, il n'est plus nécessaire d'intervenir sur les serveurs pour ajouter des liens Gigabit Ethernet ou Fibre Channel. Moins d'interventions, déploiement plus simple, maintenance réduite, etc., tout cela va permettre d'abaisser les frais d'OPEX et d'améliorer le rendement opérationnel du Data Center.

Evolutivité accrue

Le 10 Gigabit Ethernet DCE dispose d'une capacité accrue qui va fournir plus de latitude d'évolution aux applications. Cette bande passante additionnelle du 10 Gigabit Ethernet améliore l'évolutivité des applications aussi bien pour les flux de production vers les machines virtuelles que pour les flux de stockage.

- *Bande passante par VM supérieure.* Le 10 Gigabit Ethernet offre à chaque machine virtuelle la possibilité d'utiliser au-delà de 1 Gbps de bande passante, ce qui va améliorer les performances et permettre de s'affranchir des risques de contention sur le réseau. La majorité des utilisateurs mettent en œuvre un mécanisme de NIC Teaming actif/actif (active/active virtual port-ID based NIC teaming) qui limite chaque machine virtuelle à 1 Gbps. Avec du 10 Gigabit Ethernet, chaque VM peut utiliser plus de 1 Gbps de bande passante quel que soit le mécanisme de Virtual NIC Teaming mis en œuvre.
- *Support du stockage en réseau.* Des mécanismes évolués tels que VMware HA et VMotion nécessitent l'utilisation de stockage en réseau afin que les disques virtuels puissent être accédés de n'importe quel serveur physique. Le 10 Gigabit Ethernet offre une bande passante supérieure, une latence plus faible et une gestion simplifiée pour les flux de stockage. Avec des adaptateurs de type CNA, la capacité du 10 Gigabit Ethernet à transporter les flux Fibre Channel sur Ethernet lui permettent d'être déployé en lieu et place des interfaces Fibre Channel SAN traditionnelles au niveau de la couche d'accès serveur.

- *Infrastructure mutualisée.* Une seule infrastructure physique pour l'ensemble des flux, flux LAN, HPC ou flux de stockage SAN. Le partitionnement logique de cette infrastructure via la fonction Virtual Lane, couplée aux mécanismes de priorisation des flux et garantie de bande passante, permettent d'ajouter de nouveau type de flux vers un serveur sans ajouter de nouvelles interfaces.

Administration et gestion simplifiées

Le déploiement du 10 Gigabit Ethernet DCE dans un environnement virtualisé va réduire le nombre d'éléments à administrer et de composants susceptibles de souffrir de défaillance, tout en fournissant un environnement favorable aux mécanismes spécifiques à la virtualisation serveur.

- *Administration plus simple.* La consolidation de plusieurs liens Gigabit Ethernet et de liens Fibre Channel sur une seule connexion 10 Gigabit DCE apporte une diminution significative du nombre d'éléments à gérer, incluant les interfaces et leur firmware, les câbles et les ports sur les commutateurs d'accès aussi bien LAN que SAN.
- *Simplification du support VMware VMotion.* Le déplacement d'une machine virtuelle d'un serveur physique vers un autre nécessite une configuration I/O identique entre ces serveurs. La convergence des flux LAN, HPC et SAN sur une seule paire d'interfaces 10 Gigabit Ethernet DCE par serveur va simplifier de façon très importante toutes les opérations requises afin de s'assurer que les configurations I/O sont consistantes sur l'ensemble des serveurs physiques. Il n'y a plus qu'un seul réseau d'accès de type DCE au lieu des deux réseaux d'accès distincts LAN et SAN, et il devient très simple de créer à la demande des interfaces logiques NIC ou HBA sur une infrastructure d'accès à base de CNA 10 Gigabit DCE.
- *Allocation de bande passante flexible.* Les préconisations VMware nécessitent de séparer les flux VMkernel, service console et de production. Les mécanismes Cisco Data Center Ethernet permettent à plusieurs classes de trafic de partager le même lien sans les risques d'interférences habituellement rencontrés. Avec Cisco Data Center Ethernet, il n'est plus nécessaire de mettre en place une séparation physique des flux, ils pourront se partager le même lien 10 Gigabit Ethernet aussi bien pour les flux LAN que pour les flux SAN.
- *Diminution du risque de pannes.* La réduction du nombre d'éléments va réduire les risques de panne au niveau de la couche d'accès, ce qui va améliorer la haute disponibilité du Data Center.
- *Un seul réseau d'accès.* La mutualisation des accès SAN et LAN sur les mêmes interfaces 10 Gigabit Ethernet CNA ainsi que la mutualisation des commutateurs d'accès sur un même équipement qui va récupérer les flux LAN et SAN sur les mêmes liens provenant des serveurs permet de s'affranchir de la mise en œuvre d'accès au réseau SAN dédié. L'utilisateur pourra administrer un seul réseau dans son Data Center alors même qu'il déploie des baies de stockage SAN.

Le 10 Gigabit DCE avec la gamme des commutateurs Cisco Nexus5000

La famille Cisco® Nexus5000 est une gamme de commutateurs 10 Gigabit Data Center Ethernet (DCE) et Fibre Channel over Ethernet (FCoE) non bloquants, à faible latence et sans perte de trame. Dans un écosystème avec des fournisseurs d'interfaces et de câbles, la gamme Cisco Nexus5000 fournit la capacité réseau et la flexibilité requises par les serveurs multi-cœur, multi-socket fonctionnant à des niveaux d'utilisation très élevés en particulier du fait de mécanismes de virtualisation des serveurs de type VMWare.

Le commutateur Cisco Nexus5020 dispose de 40 ports 10 Gigabit DCE fixes via connecteurs SFP+ et jusqu'à 12 ports 10 Gigabit DCE additionnels grâce à deux modules d'extension de 6 ports

chacun, ce qui porte le total de ports du Cisco Nexus5020 à 52 ports 10 Gigabit Ethernet DCE faible latence, commuté via une architecture interne de type « cut-through ». Il peut également recevoir deux autres modules d'extension, un module mixte comprenant 4 ports 10 Gigabit Ethernet DCE et 4 ports FC 4 Gbps ou un module disposant de 8 ports FC 4 Gbps pour un total cumulé de 56 ports 10 Gigabit Ethernet classique, 10 Gigabit DCE et Fibre Channel 4 Gbps.

Figure 11 : Le commutateur Cisco Nexus5020, premier de la gamme Nexus5000, fournit 40 ports 10 Gigabit Ethernet fixes et dispose de deux slots d'expansion pouvant recevoir des modules d'extension en connectivité Ethernet et Fibre Channel selon 3 formats différents. Le modèle présenté ci-dessous dispose d'un module 6 ports 10 Gigabit DCE et d'un module 8 ports FC 4 Gbps d'accès au SAN.



La faible latence interne du commutateur est complétée par une option de connectique d'un nouveau type, de faible latence et faible coût, qui intègre une paire de convertisseurs optiques à consommation réduite avec un câble Twinax dans une seule unité intégrée. Comparée au 10GBASE-T qui consomme jusqu'à 8 watts par port avec jusqu'à 2,5 microsecondes de latence, la solution SFP+ Cuivre à attachement direct ne consomme que 0,1 watt avec moins de 0,1 microseconde de latence. Pour des longueurs de câble plus importantes, la gamme Cisco Nexus5000 supporte également des convertisseurs optiques SFP+ multimode courte distance (jusqu'à 300 mètres en fonction de la qualité de la fibre).

Il existe également un commutateur Nexus5010 qui dispose de la moitié de la configuration du Nexus5020, à savoir 20 ports 10 Gigabit Ethernet fixes en Ethernet classique ou DCE et un slot d'expansion.

Avec la gamme des commutateurs Cisco Nexus5000, le Data Center peut s'orienter vers l'unification des I/O et la mutualisation des infrastructures LAN et SAN au niveau de l'accès comme décrit dans le schéma de droite de la Figure 9.

Basculement en environnement unifié avec le Cisco Nexus5000

La famille Cisco® Nexus5000 supporte la connectique suivante :

- Des liens DCE / FCoE vers les serveurs équipés de CNA. Sur ces liens, on va retrouver l'ensemble des flux LAN, HPC et SAN,
- Des liens 10 Gigabit Ethernet classique, vers le réseau LAN,
- Des liens Fibre Channel classique, vers le réseau SAN.

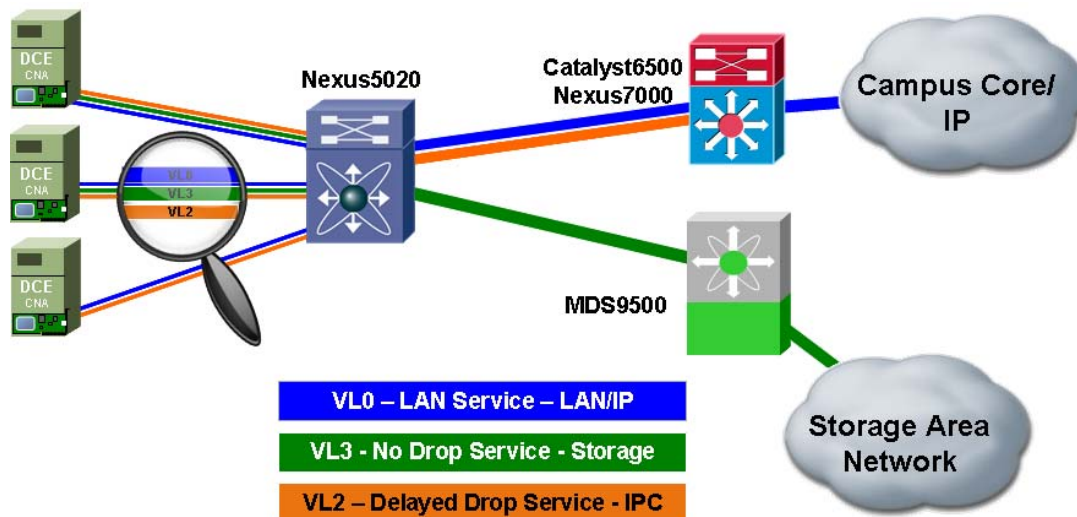
Le Nexus5000 va donc recevoir l'ensemble des flux sur ses interfaces DCE / FCoE en provenance des serveurs et isoler les différentes Virtual Lanes. Il va ensuite envoyer les flux LAN via les liens 10 Gigabit Ethernet vers les commutateurs Ethernet et les flux SAN via les liens FC vers les commutateurs SAN.

A noter que tout port 10 Gigabit du commutateur Nexus5000 peut fonctionner indifféremment en 10 Gigabit Ethernet classique ou 10 Gigabit DCE selon qu'il se connecte sur un commutateur LAN en Ethernet classique ou un CNA en Ethernet DCE.

DCE / FCoE aujourd'hui : mutualisation LAN et SAN à l'accès

La figure 12 présente la topologie d'accès en environnement unifié avec des serveurs équipés de CNA 10 Gigabit Ethernet et du commutateur Cisco Nexus5000 :

Figure 12 : Les serveurs avec interfaces CNA se connectent sur les ports DCE / FCoE du commutateur Cisco Nexus5000. Ce dernier extrait les flux SAN à destination du SAN via ses interfaces Fibre Channel et les flux LAN à destination du LAN via ses interfaces 10 Gigabit Ethernet.



Dans une topologie telle que celle présentée ci-dessus, on retrouve 3 types de réseaux :

- Réseau de type unifié en DCE / FCoE au niveau de l'accès, entre les serveurs équipés de CNA et les commutateurs Cisco Nexus5000,
- Réseau traditionnel de type LAN sur tout commutateur des gammes Catalyst ou Nexus7000,
- Réseau traditionnel de type SAN sur tout commutateur de la gamme MDS9000.

Cette topologie de réseau correspond à la phase 1 de l'unification des I/O, à savoir mutualisation des infrastructures à l'accès. En effet, dans la majorité des cas, les Data Centers disposent déjà d'une infrastructure LAN à base d'Ethernet classique et d'une infrastructure SAN à base de Fibre Channel. Il est difficilement envisageable de migrer la totalité de ces deux infrastructures vers un réseau unifié de type DCE / FCoE, tout d'abord pour des raisons évidentes d'amortissement des investissements déjà effectués, mais également parce que les différentes composantes technologiques du DCE ne sont pas toutes disponibles aujourd'hui, principalement le L2MP, ce qui ne permet pas de déployer du DCE de bout en bout sur un réseau.

Implémentation de DCE / FCoE

La mise en œuvre de l'unification I/O s'effectuant en premier lieu à l'accès, elle va donc concerner les serveurs et les commutateurs d'accès.

Au niveau de la couche d'accès, le commutateur Nexus5000 se connecte aussi bien côté SAN que côté LAN. Il va donc se présenter comme un commutateur d'accès Ethernet L2 côté LAN et comme un commutateur Fibre Channel côté SAN. Pour cela, il dispose de deux plans de contrôle, un pour le protocole Ethernet et un pour le protocole Fibre Channel.

Côté Ethernet, le Nexus5000 va se présenter comme un commutateur classique disposant de l'ensemble des mécanismes d'un commutateur L2. Il va se connecter sur la couche d'agrégation de façon standard, en bénéficiant le cas échéant de connexion redondante active / active lorsque le niveau d'agrégation supporte les technologies VSS ou vPC, cas des Catalyst 6500 et Nexus 7000.

Côté SAN, le Nexus5000 va établir un ou des liens de type ISL vers les commutateurs MDS9000 et effectuer toutes les phases de négociation des processus Fibre Channel avec ces commutateurs. Cela concerne les opérations de « merge » des VSAN en place, recevoir un Domain-ID (par VSAN) s'il n'en a pas un de pré configuré, échanger ses tables de Name Server, Zones Server, etc. Toutes ces opérations se feront toujours en fonction de ce qui est configuré et autorisé côté SAN et de ce qui est pré configuré dans le Nexus5000. Les précautions classiques lorsqu'un commutateur FC rejoint un SAN existant s'appliquent donc bien évidemment dans le cas présent.

Le Nexus5000 supporte les fonctions d'agrégation de liens PortChannel et de transport des VSAN lorsqu'il est connecté à un MDS9000. Il supporte également la fonction NPV dans le cas où il est connecté sur un commutateur non-Cisco. Il peut aussi négocier en F-Port et se connecter directement vers une ressource FC, une baie de stockage par exemple.

La mise en œuvre du Nexus5000 côté SAN se fait donc de façon classique, de la même manière qu'avec un commutateur pur Fibre Channel. La mise en œuvre de DCE / FCoE ne remet absolument pas en cause le modèle d'administration du SAN déjà en place, l'administrateur SAN ne verra pas de changement dans sa façon de gérer son environnement.

Côté serveur, les serveurs éligibles à l'unification I/O peuvent être :

- Serveurs nouvellement déployés dans le Data Center et pour lesquels se pose la question du nombre d'interfaces NIC et HBA qu'ils doivent recevoir,
- Serveurs saturés en nombre d'interfaces pour des raisons de segmentation des accès ou de bande passante insuffisante,
- Serveurs qui basculent dans un environnement virtualisé de type VMWare Virtual Infrastructure et susceptibles de supporter la fonction VMotion de mobilité des VM.

Ces serveurs devront donc être équipés d'interfaces CNA.

Fonctionnement en production des interfaces CNA et commutateurs Nexus5000

L'interface CNA peut classer les différents flux du serveur selon les 8 Liens Virtuels ou « Virtual Lanes ». En utilisant l'exemple présenté figure 12, on obtient la classification suivante :

- La classe 3 correspond au flux FCoE avec un attribut de no-drop qui va donc utiliser le pause sélectif de la fonction PFC,
- La classe 0 correspond aux flux LAN classiques avec un attribut de drop. Dans ce cas, le pause sélectif ne sera pas utilisé car le commutateur considère que le contrôle de flux est à la

charge de TCP ou qu'il n'y a pas de contrôle de flux, cas des flux de type UDP. Dans le cas de congestion sur les flux de ce Lien Virtuel (VL0), le commutateur pourra dropper les trames de la même façon qu'un commutateur Ethernet classique,

- Les autres VL sont configurables avec des attributs de drop ou no-drop et la quantité de bande passante qui leur sera allouée.

L'interface CNA va recevoir ces différents flux des drivers Ethernet et Fibre Channel tel que décrit figure 10, effectuer l'encapsulation Fibre Channel dans Ethernet pour les flux de stockage, combiner ces différents flux entre eux et les envoyer sur le lien 10 Gigabit DCE vers le Nexus5000.

Le Nexus5000 va faire l'opération inverse du CNA. Il va extraire les flux LAN et les envoyer vers les commutateurs Ethernet classiques via des interfaces configurées en Ethernet classique. Il va également récupérer les flux FCoE, extraire la trame FC et l'envoyer vers les commutateurs SAN classiques via ses interfaces Fibre Channel.

Pour les flux à destination des serveurs, le commutateur Nexus5000 effectue les opérations dans l'autre sens. Il reçoit les trames FC en provenance du SAN et les encapsule en FCoE. Il les combine ensuite avec les flux issus du LAN, en tenant compte des paramètres de drop / no-drop et de bande passante assignée à chaque VL et envoie le tout vers le CNA du serveur. Le CNA effectue également les opérations inverses, les flux LAN à destination des drivers Ethernet et les flux SAN à destination des drivers Fibre Channel.

Le 10 Gigabit Data Center Ethernet avec FCoE : composante essentielle de la consolidation I/O et de l'évolution des Data Center

On peut considérer que le 10 Gigabit Ethernet est la technologie idéale pour le support des applications orientées I/O en environnement serveur virtualisé. Mais on doit aussi tenir compte du fait qu'avec la flexibilité et la répartition des ressources qu'apporte cette virtualisation des ressources de calcul, combinée à la puissance des nouveaux processeurs, n'importe quel profil applicatif peut devenir très consommateur en I/O et potentiellement n'importe quel serveur physique peut être sélectionné pour exécuter ce traitement applicatif. Il devient donc nécessaire d'augmenter la bande passante sur l'ensemble du parc serveur.

L'intérêt du 10 Gigabit DCE dans les environnements virtualisés tient à sa simplicité de mise en œuvre, qui en fait une composante essentielle du Data Center qui s'oriente vers cette virtualisation de ses ressources de calcul, tout en bénéficiant de la mutualisation des réseaux LAN et SAN. Facteurs économiques favorables, accroissement de la bande passante, plus faible latence, consommation électrique et dissipation calorifique réduites, câblage plus simple, réduction du nombre de ports sur les commutateurs d'accès et moins d'interfaces sur les serveurs, tout cela complète l'intérêt de considérer le déploiement du 10 Gigabit DCE au sein de son Data Center. L'atout supplémentaire de la technologie DCE / FCoE est sa facilité de mise en œuvre, de façon transparente, sans remettre en cause le modèle de gestion, aussi bien côté SAN que côté LAN. Aujourd'hui, l'offre DCE Cisco apporte l'unification des I/O au niveau de la couche d'accès pour des connexions à très haut débit des serveurs vers le réseau via la gamme des commutateurs Cisco Nexus5000. La mise en œuvre de l'unification I/O va se faire de façon transparente comparée à l'ajout de connectique classique LAN et SAN. L'offre Cisco va évoluer pour supporter la technologie DCE dans le cœur du réseau, afin de bénéficier des apports de cette technologie de bout en bout sur l'ensemble de l'infrastructure réseau du Data Center.



Contactez-nous :

www.cisco.fr

0800 907 375

Siège social Mondial

Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
Etats-Unis

www.cisco.com

Tél. : 408 526-4000

800 553 NETS (6387)

Fax : 408 526-4100

Siège social France

Cisco Systems France
11 rue Camille Desmoulins
92782 Issy Les Moulineaux
Cedex 9
France

www.cisco.fr

Tél. : 33 1 58 04 6000

Fax : 33 1 58 04 6100

Siège social Amérique

Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
Etats-Unis

www.cisco.com

Tél. : 408 526-7660

Fax : 408 527-0883

Siège social Asie Pacifique

Cisco Systems, Inc.
Capital Tower
168 Robinson Road
#22-01 to #29-01
Singapour 068912

www.cisco.com

Tél. : +65 317 7777

Fax : +65 317 7799

Cisco Systems possède plus de 200 bureaux dans les pays et les régions suivantes. Vous trouverez les adresses, les numéros de téléphone et de télécopie à l'adresse suivante :

www.cisco.com/go/offices

Afrique du Sud • Allemagne • Arabie saoudite • Argentine • Australie • Autriche • Belgique • Brésil • Bulgarie • Canada • Chili • Colombie • Corée • Costa Rica • Croatie • Danemark • Dubaï, Emirats arabes unis • Ecosse • Espagne • Etats-Unis • Finlande • France • Grèce • Hong Kong • SAR Hongrie • Inde • Indonésie • Irlande • Israël • Italie • Japon • Luxembourg • Malaisie • Mexique • Nouvelle Zélande • Norvège • Pays-Bas • Pérou • Philippines • Pologne • Portugal • Porto Rico • République tchèque • Roumanie • Royaume-Uni • République populaire de Chine • Russie • Singapour • Slovaquie • Slovaquie • Slovénie • Suède • Suisse • Taiwan • Thaïlande • Turquie • Ukraine • Venezuela • Vietnam • Zimbabwe



Copyright © 2008 Cisco Systems, Inc. Tous droits réservés. CCSP, CCVP, le logo Cisco Square Bridge, Follow Me Browsing et StackWise sont des marques de Cisco Systems, Inc. ; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn, et iQuick Study sont des marques de service de Cisco Systems, Inc. ; et Access Registrar, Aironet, ASIST, BPX, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCIP, CCNA, CCNP, Cisco, le logo Cisco Certified Internetwork Expert, Cisco IOS, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, le logo Cisco Systems, Cisco Unity, Empowering the Internet Generation, Enterprise/Solver, EtherChannel, EtherFast, EtherSwitch, Fast Step, FormShare, GigaDrive, GigaStack, HomeLink, Internet Quotient, IOS, IP/TV, iQ Expertise, le logo iQ, iQ Net Readiness Scorecard, LightStream, Linksys, MeetingPlace, MGX, le logo Networkers, Networking Academy, Network Registrar, Packet, PIX, Post-Routing, Pre-Routing, ProConnect, RateMUX, ScriptShare, SlideCast, SMARTnet, StrataView Plus, TeleRouter, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient et TransPath sont des marques déposées de Cisco Systems, Inc. et/ou de ses filiales aux États-Unis et dans d'autres pays.

Toutes les autres marques mentionnées dans ce document ou sur le site Web appartiennent à leurs propriétaires respectifs. L'emploi du mot partenaire n'implique pas nécessairement une relation de partenariat entre Cisco et une autre société. (0502R)

205534.E_ETMG_JD_11/08