Internet Avancé

Introduction

1

2A Apprentissage Informatique&Réseaux

Julien Fasson – julien.fasson@enseeiht.fr

Présentation du sujet

- Précédemment un tour d'horizon d'Internet
  - Ce que représente Internet et son utilisation
  - Les briques de base d'Internet
    - IP et son adressage
    - Transport
    - Applications
- Mais
  - Le protocole n'est pas l'infrastructure
    - Comment y accède t'on?
    - Un réseau de réseaux signifie une interconnexion
  - Trouver son chemin
  - Version édulcorée du transport
    - Évolution du transport
    - Contrôle de congestion
  - Les applications?

2

Plan

Partie 1 – L'architecture d'Internet
Découpage
Intra-FAI
Inter-FAI
Et d'autres…

Partie 2 – Les chemins d'Internet
Différentes solutions?
Les étapes d'élaboration
Les protocoles intra-FAI
Les protocoles inter-FAI
Vers l'interconnexion…

Partie 3 – La question du transport
Retour à TCP
Le contrôle de congestion
La multiplication des solutions

Partie 4 – Les applications
Client-Serveur
Pair-à-pair

3

Partie 5 – Autour d'IP
IPv6
Tunnel
…

Révision
Reprise de(s) (l')examen(s)

- **Première Session**
- **Seconde Session**

4

Internet Avancé I

Architecture

5

2A Apprentissage Info&Réseaux

Julien Fasson – julien.fasson@enseeiht.fr

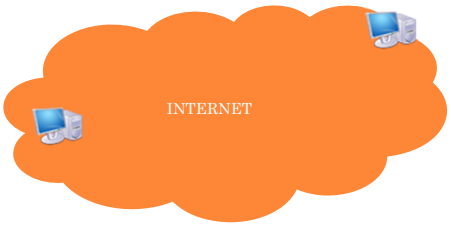
Présentation du sujet (I)

- Besoins pour communiquer entre A et B
  - Gérer le support
  - Pouvoir trouver A et B
    - Mais avant il faut pouvoir atteindre B
  - …
- Dépendance de l'infrastructure
  - Point à point
  - Un seul réseau
  - Internet?

6

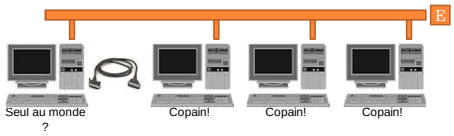
PRÉSENTATION DU SUJET (II)

- INTERNET - Un unique réseau mondial?
  - Un lien entre toutes les entités du monde
  - Dans un réseau constitué de réseaux
  - Le plus grand problème d'interconnexion



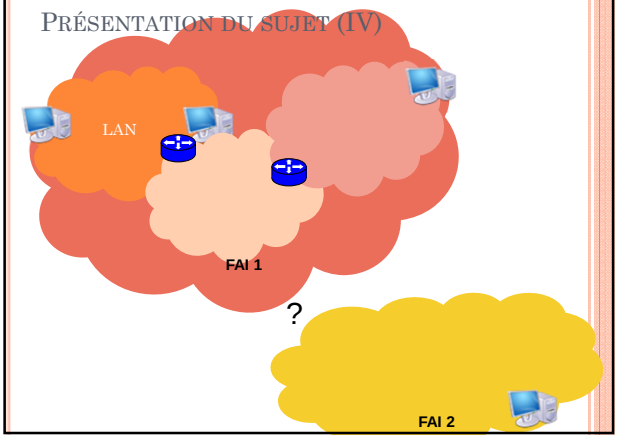
7

PRÉSENTATION DU SUJET (III)



8

PRÉSENTATION DU SUJET (IV)



Présentation du sujet (IV)

- Un réseau commun?
  - Du réseau local
  - Par un sur-réseau d'un FAI
    - Réseaux d'accès
      - Quid des technologie hétérogènes?
      - ADSL, 2G, 3G, Fibre optique, Ethernet, wifi, …
    - Interconnexion de réseaux
      - Quid des routes?
  - A un réseau de réseaux
    - Des entités différentes
      - Gestion ?
      - Qui paie?
    - Où s'interconnecter?
    - Comment?

10

Plan

- Introduction et présentation du sujet
- Partie 1 – Les réseaux d'accès
- Partie 2 – Les systèmes autonomes
- Partie 3 – Les relations inter-AS
- Conclusion

11

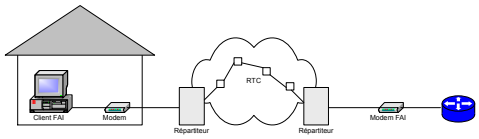
Partie I – Les Réseaux d'accès
Vocabulaire

- Définitions
  - A l'origine: *ensemble des moyens servant à relier des terminaux de télécommunication à un commutateur du réseau d'infrastructure*
  - Aujourd'hui : *ensemble des supports physiques et des protocoles qui permettent à un équipement client d'établir une liaison avec le premier routeur de son FAI*
- Termes associés
  - Boucle locale
  - Réseau Local *de raccordement*
    - Faux ami ≠ LAN

12

PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
LE RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE (I)

- A l'origine
  - Support Téléphonique
  - Paire de cuivre => boucle locale
  - Utilisation de modems



13

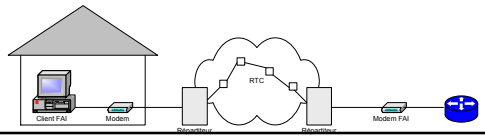
PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
LE RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE (II) - TD

- Question 1
  - 1.1 Quelle est la technologie qui était classiquement utilisée dans sur la boucle locale des réseaux téléphoniques?
  - 1.2 Qu'en est-il dans le réseau cœur téléphonique?
- Question 2
  - 2.1 Quel rôle assure le modem dans le réseau d'accès?
  - 2.2 Est-il indispensable?
  - 2.3 Pourquoi avoir besoin de deux modems?
  - 2.4 Le modem FAI s'occupe-t'il de plusieurs utilisateurs du FAI? Pourquoi?

14

PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
LE RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE (III) - TD

- Question 3 – Lister et classer les fonctionnalités à mettre en place au niveau du modem
- Question 4
  - 4.1 Quel protocole est classiquement utilisé?
  - 4.2 Expliquez son fonctionnement
  - 4.3 Existe t'il d'autres protocoles de ce type?



15

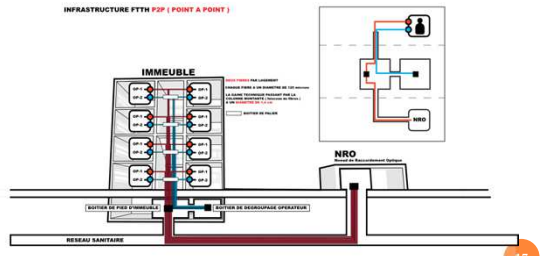
PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
EVOLUTION DES RÉSEAUX D'ACCÈS (I)

- L'évolution du support téléphonique
  - RNIS/ISDN (*Integrated Services Digital Network*)
  - ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) (*voir exposé*)
  - xDSL
  - Fibre optique - FTTH (*Fiber To The Home*)
    - PON (Passive Optical Network)
      - Partage d'une fibre entre utilisateurs (Jusqu'à 128 utilisateurs sur une fibre par NRO)
    - Fibre par utilisateur (Point à Point Passif)

16

PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
EVOLUTION DES RÉSEAUX D'ACCÈS (II)

- Illustration P2P passif

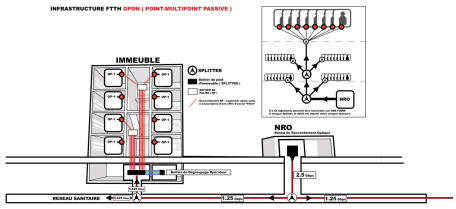


17

*Wikipedia - Weweje

PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
EVOLUTION DES RÉSEAUX D'ACCÈS (III)

- Illustration PON

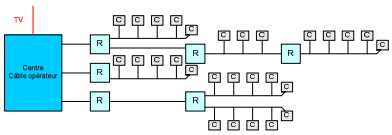


18

*Wikipedia - Weweje

PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
EVOLUTION DES RÉSEAUX D'ACCÈS (IV)

- Le câble
  - Analogique
  - Numérique
  - Fibre optique



- Les réseaux locaux
  - Technologie prédominante = Ethernet
  - Réseaux d'entreprise, réseaux universitaire, réseaux de services
  - Raccordement
    - Ligne louée
    - Optique
    - xDSL…

19

PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
EVOLUTION DES RÉSEAUX D'ACCÈS (V)

- Les réseaux sans-fil
  - WLAN (wifi essentiellement)
  - Réseaux de téléphonie mobile
    - GSM, GPRS, EDGE, UMTS, CDMA2000
    - Vers LTE
  - Satellite (DOCSIS, DVB-RCS, …)
  - FSOW (*Free Space Optical Wireless)*
  - Wimax
  - Réseau Hertzien
    - DVB-T, DVB-H, DVB-SH
  - PAN (Personnal Area Network)
    - ZigBee, Bluetooth
  - …

20

PARTIE I – LES RÉSEAUX D'ACCÈS
CONCLUSION

- Utilisation classique de PPP
  - Établissement d'une liaison point-à-point au routeur sur le réseau d'accès
  - Problème de l'hétérogénéité du réseau d'accès
- Multiplication des technologies d'accès
  - Des technologies loin du mode paquet
  - Des technologies très différentes
  - Lourdeur
- Le réseaux d'accès = un premier problème d'interconnexion

21

Partie II – Les Systèmes Autonomes *Introduction*

- A qui appartient Internet?
  - Aux gros opérateurs
  - Aux FAIs
  - A tout le monde car chacun a sa part
    - FAI
    - ISP
    - Collectivités
    - Utilisateurs
- Mais qui gère?
  - Pas d'entité unique
  - Notion d'AS

22

Partie II – Les Systèmes Autonomes *Définition (I)*

- Système Autonome – Autonomous System - AS
  - Ensemble de réseaux administrés par la même entité, généralement un FAI
  - Ensemble de routeurs IP interconnectés et régis par un opérateur réseaux qui dispose d'une politique de routage unique et clairement définie
- Conclusion
  - Plan de gestion commun
  - Protocole de routage unique

23

Partie II – Les Systèmes Autonomes *Définition (II)*

- Entité administrative
  - Unité technologique?
    - Pas forcément
  - 1 AS / entité?
    - Dépend de l'entité
    - Petit FAI ou fournisseur de service ou entreprise = 1 AS
    - FAI important = plusieurs AS

24

Partie II – Les Systèmes Autonomes
Les différents Types d'AS

- Stub AS
  - AS cul-de-sac
  - Ce type d'AS n'est connecté qu'à un seul
- Multihomed AS
  - Connectivité avec plusieurs AS
  - Pas AS de transit
- Transit AS
  - Permet la connectivité entre les AS
  - Service payant?

25

Partie II – Les Systèmes Autonomes
Gestion des AS (I)

- Numérotation d'AS
  - Réglementation comme les adresses IP
    - Attribution par les RIRs (*Regional Internet Registries)*
    - En Europe RIPE-NCC
  - Numérotation
    - 16 bits
    - 32 bits depuis 2006
  - Attribution en fonction des besoins

26

Partie II – Les Systèmes Autonomes
Gestion des AS (II)

- Gestion des AS par les FAI
  - Le protocole de routage
  - Equipements
    - OS / Drivers / Licences / Cartes / …
  - Base de données
    - Utilisation de SNMP pour obtenir les données
    - Gestion de la base
      - Centralisation
      - Tri des données et événements
      - Trafic
- Combien d'AS?
  - *Relation inter-AS*

27

Partie II – Les Systèmes Autonomes
Exemples d'AS

- AS3215
  - AS de transit
  - France Télécom
  - National (Métropole et DOM)
- AS5511
  - AS de transit
  - France Télécom
  - International

28

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Présentation

- Internet
  - Pas d'entité unique gérant le réseau => Pas un unique AS
  - Plusieurs acteurs => Plusieurs AS
- Besoin
  - Communiquer entre tous les clients
  - Interconnecter tous les AS
- Comment?
  - Plusieurs méthodes
  - Plusieurs rôles des AS et FAIs

29

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Communication entre deux AS- TD (I)

- Question 1 - Interconnexion de Réseaux
  - 1.1 Comment peut-on interconnecter deux réseaux?
  - 1.2 L'interconnexion entre deux AS est-elle différente? Pourquoi?
- Question 2 - Taille et rôle d'un AS
  - 2.1 Comment mesure t'on la taille d'un AS?
  - 2.2 La taille a-t-elle un lien avec son rôle?
  - 2.3 En quoi la taille d'un AS peut-elle avoir un impact sur l'interconnexion de cet AS avec un autre?

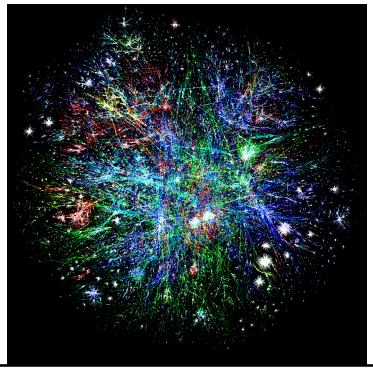
30

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Communication entre deux AS- TD (II)

- Question 3 – Relation inter-AS
  - 3.1 Existe t'il plusieurs types d'interconnexion entre AS? Pourquoi?
  - 3.2 Que nécessite physiquement une interconnexion entre FAI?

31

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Dessine moi Internet!



32

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Les Différents Types de FAIs

- Répartition « classique »
  - Tier-One Provider – échelle mondiale
  - Tier-Two Provider – échelle continentale/nationale
  - Tier-Three Provider – échelle moindre
- Tier-One
  - « Cœurs » d'Internet
  - Quelques Tier-One
    - Level 3 Communications - AS3356
    - Qwest - AS209
    - Sprint - AS1239
    - Tata Communications - AS6453
    - Verizon Business - AS701

33

Partie III – Les Relations Inter-FAI
L'interconnexion entre les AS

- Principalement l'interconnexion entre les FAIs
- Le Liant de l'Internet
- Quid des relations inter-FAIs?
  - Politiques?
  - Commerciales?
  - Où les mettre en place et par qui?
  - Comment les réaliser techniquement?

34

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Relation Commerciale ou Peering? (I)

- Relation Commerciale
  - Service de connectivité payant
    - 1 Fournisseur
    - 1 Client
  - Le fournisseur
    - se charge du trafic sortant/rentrant du client
    - facture le service au client
  - Quid de la facturation?
    - Forfait?
    - Décompte?
    - Débit entrant et/ou sortant?
  - Le client revend généralement ce service à ses propres clients

35

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Relation Commerciale ou Peering? (II)

- Peering
  - Relation « d'égal à égal » pour un bénéfice mutuel
    - Achemine une part de trafic de l'autre
    - Dans un degré équivalent
    - Equilibre
  - Gestion de l'équilibre?
    - Dépendance du niveau de peering
    - Accords souvent contraignants pour garantir l'équité de l'échange
    - Le peering n'est pas du TRANSIT!

36

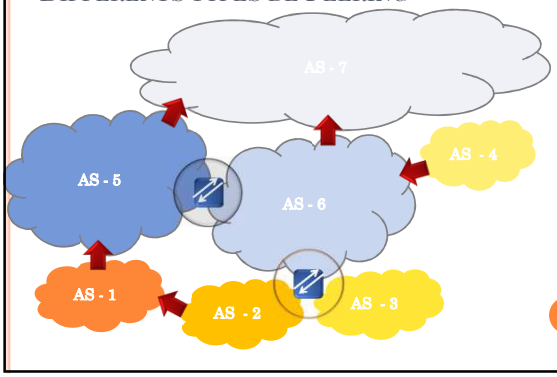
Partie III – Les Relations Inter-FAI
Relation Commerciale ou Peering? (III)

- AS – 1 = FAI de l'AS – 2
- Types d'AS :
  - AS – 1 = AS de transit
  - AS – 2 = AS stub
- Informations échangées entre les AS
  - Ensemble des réseaux de AS-2 (R2)
  - R1 à AS2
  - Ensembles des réseaux accessibles par AS-1 ou par défaut?

- AS – 3 peering avec AS – 4
- Types d'AS :
  - AS – 3 = AS stub
  - AS – 4 = AS stub
- Informations échangées entre les AS
  - R3
  - R4

37

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Différents types de Peering



38

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Où et Qui? (I)

- Le besoin
  - Lieu de co-localisation entre les deux entités
    - Lieu physique
    - Lien
    - Entité tiers d'interconnexion
  - Réalité à tous les niveaux
    - Entre un client et son FAI
    - Entre deux pairs
- Problèmes:
  - Les coûts?
    - Location/achat du lieu, des câbles, du matériel
    - Mise en œuvre
    - Supervision et maintenance
  - Mise en place et contrôle de l'accord?

39

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Où et Qui? (II)

- Les relations commerciales
  - En fonction de la relation commerciale
  - Généralement
    - Le client est en charge d'acheminer son trafic jusqu'à un ou plusieurs Point of Presense (POP ou NAP) de son FAI
    - Le FAI est en charge du POP
      - Équipements
      - Configuration, supervision et maintenance
      - Mais il peut le sous-traiter
  - Où
    - Notion de Carrier Hotel ou de Colocation Center (> 5000m²)
    - Mutualisation des moyens
    - Proposition de services pour
      - Les FAI et les fournisseurs de services (Web et Stockage)

40

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Où et Qui? (III)

- Le peering
  - Point de rencontre des AS
  - (Global) Internet eXchange Point (IX ou IXP ou GIX)
    - Entité propre à l'IX avec contribution des principales entités créatrices
    - L'IX est le lieu de peering mais les accords sont traités entre les différents pairs
    - L'IX peut aussi être le lieu
      - De DNS (racine)
      - De POP FAI
      - De services différents (NTP, web, sécurité, VLAN, VPN, multicast…)
  - Où
    - Un IX peut être réparti sur plusieurs sites
    - Exemple PARIX, LYONIX, TOUIX, SFINX, REUNIX

41

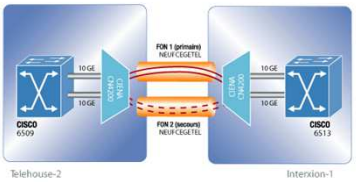
Partie III – Les Relations Inter-FAI
Où et Qui? (IV)

- Un exemple d'IX : LyonIX
  - LyonIX c'est à la fois
    - Un GIX
    - Un NAP pour s'interconnecter à des AS de transit
    - Plus de 30 entités dont Level 3 (tier 1) ou CCC-Lyon (palais des congrès)
  - Localisation
    - Deux sites Lyon Nord (campus la Doua) et Lyon Sud (Vénitieux)
    - GigaEthernet
  - Services et avantages
    - Interconnexion de LAN
    - Augmentation des débits
    - Réduction de l'utilisation des accès Internet entre les membres
    - Diminution du délai

42

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Où et Qui? (V)

- Un autre Exemple SFINX – RENATER
  - Redondance
  - Interconnexion entre site haut-débit
  - Interfaces FAI FastEthernet, GigaEthernet ou 10 GigaEthernet



43

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Les accords de Peering

- Accord au cas par cas
  - Dépendance des gestionnaires de l'AS
  - De la taille de l'AS
- Communément
  - Pas de Peering avec un AS dont on est le client
  - Le Peering
    - Échange des routes internes des deux AS
    - Pas d'échange des routes d'autres AS avec qui on est en peering
    - Quid des AS dont on est le FAI?
  - Un débit entrant et sortant vers les AS en peering à garantir
    - Ne pas saturer le lien
    - Mais ne pas le sous-utiliser

44

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Comment Garantir?

- Protocole d'échange de route avec politique
  - BGP
- Utilisation de la supervision et de la métrologie
  - Contrôle et maintenance
  - Accords papiers

45

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Bilan

- Apports du peering
  - Une plus grande souplesse dans les relations inter-FAI
    - Fin du Tu me paies et Je te paies
  - Economie
    - Mutualisation des moyens
    - Economie de la ressource FAI pour les échanges locaux
    - Opportunité pour les fournisseurs de services de tout type
    - Opportunité pour les pays en voie de développement où la bande passante extérieure est chère
  - Mais
    - Accords peuvent être complexes
    - Rend la topologie d'Internet un peu complexe encore

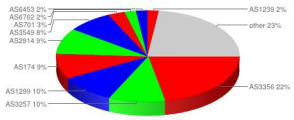
46

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Exemples des relations d'un AS (I)

- Sources :
  - http://www.robtex.com/as
  - http://as-rank.caida.org/
- AS 5511 Opentransit de FT

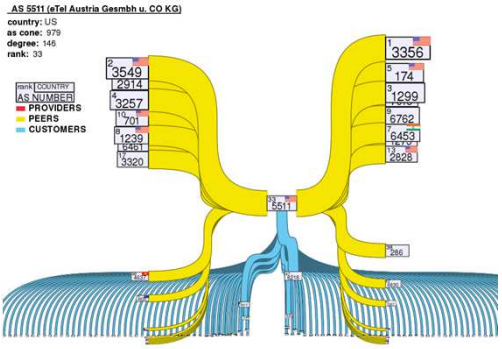
Mise à jour du 23/08/2012

Peering Exchange Points (AS 5511)	
PARIX	198.32.247.12
LINX Juniper LAN	195.66.224.83
NOTA	198.32.124.67
Equinix Singapore	202.79.197.5



47

Partie III – Les Relations Inter-FAI
Exemples des relations d'un AS (II)



48

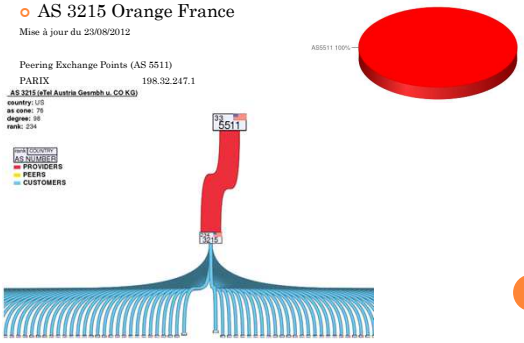
PARTIE III – LES RELATIONS INTER-FAI
EXEMPLES DES RELATIONS D'UN AS (III)

- AS 3215 Orange France

Mise à jour du 23/08/2012

Peering Exchange Points (AS 5511)

PARIX 198.32.247.1

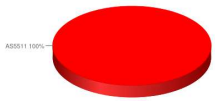


49

PARTIE III – LES RELATIONS INTER-FAI
EXEMPLES DES RELATIONS D'UN AS (IV)

- AS 12322 PROXAD (FREE)

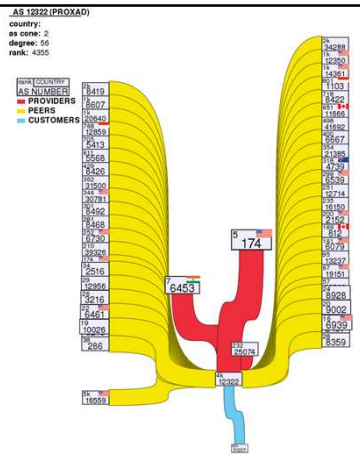
Mise à jour du 23/08/2012



Peering Exchange Points (AS 12322)

FreeIX	213.228.3.225
AMS-IX1	195.69.144.251
LINX Juniper	195.66.224.191
DE-CIX	80.81.192.223
Equinix Ashburn	206.223.115.160
NOTA	198.32.124.192
Equinix Palo Alto	198.32.176.197
Equinix New York	198.32.118.197

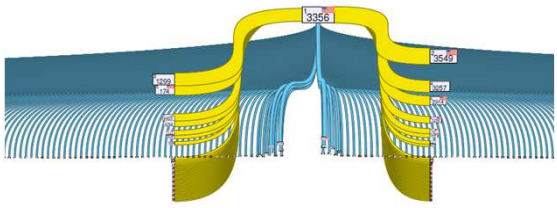
50



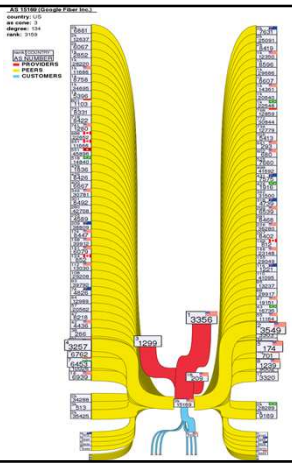
51

AS 3356 (Level 3 Communications, Inc.)
country: US
as cone: 24632
degree: 3331
rank: 1

rank COUNTRY
AS NUMBER
PROVIDERS
PEERS
CUSTOMERS



52



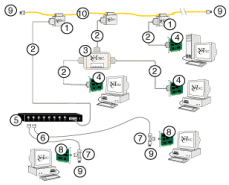
53

CONCLUSION

- Internet = problème d'interconnexion
  - Interconnexion du client final avec son FAI
    - Diversité des réseaux d'accès
    - Utilisation de sur-couches protocolaires comme PPP
  - Interconnexion des réseaux via une même entité administrative
    - Souvent un FAI
    - Notion d'AS
    - Utilisation d'outil et d'un protocole de routage
  - Interconnexion entre les FAIs/AS
    - Payer pour transiter
    - Echanger selon un accord (peering)

54

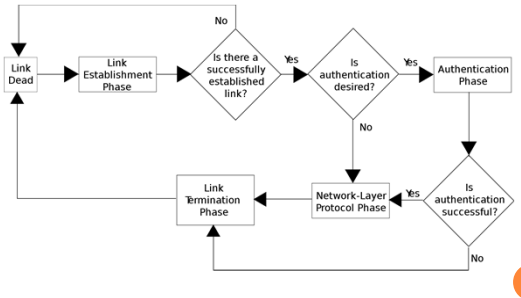
Annexe I – Illustration Thick Ethernet



10 BASE 5

55

Annexe II – PPP



56

*Wikipedia - Jesse Viviano

Annexe III – Exemple de Carrier Hotel

CI Host - 3550 Wilshire Blvd., Los Angeles, CA 90010

- Diesel-powered generators
- Multiple POEs (Point of Entry) for fiber, electricity and generator inputs with n+3 redunda
- Capacity Planning - No fiber optic link will ever peak at more than 33% of its capacity. The capacity-load-ratio of C I Host's network connectivity has always been at least 3:1
- 100Mbps connections to C I Host's routers and switches from your server. 1000Mbps (GigE) connections from our routers and switches to the Internet fiber connectivity
- Instant growth and scalability - we scale and grow as your business demands it - upgrades take less then 1 hour
- 24/7 Armed Guards
- 24/7 Secured access with key swipe entry, biometric thumb print verifier and a double-locking man-trap at every door within the datacenter and on exterior
- 24/7 on-site maintenance staff with spare parts for all server configurations
- Multiple DS-3, OC-3 and OC-12 fiber optic connections to multiple, redundant carriers - Internet connectivity NEVER goes down
- Security system with live monitored internal cameras
- Instant on dry-pipe fire protection systems
- 19" and 23" seismically braced racks
- Category 5 & Category 6 Cable
- Full daily client-content backups and hourly system backups ensure no data loss to any housed server.

57

Internet Avancé II

Les Chemins d'Internet

58

2A Apprentissage Info&Réseaux

Julien Fasson – julien.fasson@enseeiht.fr
Remerciements à Emmanuel Chaput

Présentation du sujet

- Précédemment
  - Internet = ensemble d'ensemble de réseaux
    - Interconnexion du client => réseau d'accès
    - Interconnexion de réseaux au sein d'un AS
      - Etablissement des routes?
    - Interconnexion entre AS
      - Peering & Relation commerciale
      - Echanges de routes?
- Etablissement des chemins
  - Plusieurs solutions
    - Différents besoins
    - Différentes méthodes
  - Protocoles
    - Apprentissage de la topologie
    - Calcul d'une table de routage

59

Plan

- Partie 1 – Généralités
  - Routage, principes et objectifs
  - La notion de table de routage
    - *Définition*
    - *Mise à jour*
  - Protocoles dynamiques
    - *Différents types*
    - *Principales étapes*
- Partie 2 – Routage Intra-FAI
  - Configuration des machines d'extrémité
  - Routing Information Protocol
  - Open Shortest Path First
- Partie 3 – Routage inter-FAI
  - *Border Gateway Protocol*

60

PARTIE I – GÉNÉRALITÉS
ROUTAGE, PRINCIPES…

- Recherche d'un chemin (une route)
  - Besoin d'une connaissance minimale du réseau
  - Application d'un algorithme (théorie des graphes)
  - Contraintes éventuelles
- Permettant d'acheminer les données au sein d'un réseau
  - Quelle qu'en soit la structure
- Associé à la commutation des données
  - Pas de commutation sans routage

61

PARTIE I – GÉNÉRALITÉS
… ET OBJECTIFS

- Choix d'un chemin optimal : notion de critères
  - Fiabilité
  - Économie
  - Bande passante
- Adaptation à la dynamique du réseau
  - Reconfiguration
  - Charge (rejoint critères)
  - Pannes
  - Mobilité
- Implantation réaliste
  - Traitement algorithmique
  - Charge de communication

62

PARTIE I – GÉNÉRALITÉS
LA NOTION DE TABLE DE ROUTAGE (I)

- Route
  - Adresse destination avec son masque
  - Interface IP vers laquelle aiguiller le datagramme
  - Adresse du prochain routeur si nécessaire
- Table de routage
  - Ensemble de routes

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Iface
147.127.80.0	0.0.0.0	255.255.240.0	U	1	eth0
0.0.0.0	147.127.80.200	0.0.0.0	UG	0	eth0

63

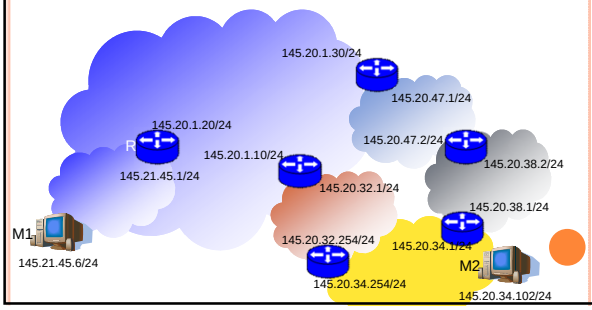
Partie I – Généralités
La notion de table de routage (II)

- Mise à jour
  - Quand?
    - Configuration d'une interface
    - Ajout manuel
    - Ajout automatique (configuration dynamique)
  - Pourquoi?
    - Changement de topologie
    - Pannes
    - Taille du réseau
  - Traitement différents
    - Machines d'extrémité
    - Routeurs

64

Partie I – Généralités
Remplissage manuel d'une table de routage

- Donner la table de routage de R et de M1 et M2



Partie I – Généralités
Les protocoles dynamiques (I)

- Différents types de protocoles
  - IGP = Interior Gateway Protocol
    - Routage au sein d'un AS
    - RIP, OSPF, EIGRP, IS-IS, . . .
  - EGP = Exterior Gateway Protocol
    - Routage entre plusieurs AS
    - BGP-4
- Pour différents besoins
  - Réseaux nombreux et variés
    - En taille et en besoins
  - AS
    - Routage interne et routage externe
    - Différents types d'AS
  - Relations économiques complexes
    - Natures très différentes

66

PARTIE I – GÉNÉRALITÉS
LES PROTOCOLES DYNAMIQUES (II)

- Principales étapes
  - Collecte d'information
  - Calcul des routes
  - Utilisation des routes
    - Commutation d'IP
- Collecte d'information
  - Administration manuelle (fastidieux)
  - Protocole
    - À vecteur de distances
      - Algorithme Bellman Ford
    - À états des liaisons
      - Algorithme de Dijkstra

67

PARTIE I – GÉNÉRALITÉS
LES PROTOCOLES DYNAMIQUES (III)

- Calcul des routes
  - Centralisé
  - Décentralisé
  - Distribué
- Utilisation
  - Commutation IP après consultation de la table
  - Plusieurs chemins?
    - Critères
      - TOS / QoS
      - Coût de la route
    - Partage de charges

68

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
CONFIGURATION DES MACHINES D'EXTRÉMITÉS

- ICMP
  - Router Advertisement => Route par défaut
  - Redirect => Correction d'une route
- On y préfère
  - DHCP
  - PPP avec sa partie IPCP

69

Partie II – Routage Intra-FAI
RIP - Plan

- Routing Information Protocol
  - Principes
  - Format des messages
  - Problèmes

70

Partie II – Routage Intra-FAI
RIP – Principe (I)

- Routing Information Protocol
  - IGP à vecteur de distances
    - Information de base : distance à une destination
  - Meilleure route = plus courte
    - Distance exprimée en "sauts" (hops)
  - Protocole applicatif
    - Implanté sur UDP, port 520
    - Messages courts
    - Recherche d'efficacité
  - Décrit dans
    - RFC 1058 en 1988
    - RFC 1388 en 1993
      - Ajout du support des masques
      - Ajout de l'authentification des routeurs

71

Partie II – Routage Intra-FAI
RIP – Principe (II)

- Garder une base de donnée avec une entrée pour chaque entité du système
  - Adresse IP destination
  - Distance en nombre de hop
  - Utilisation de timers
- Émission périodique d'un extrait de la base de donnée
  - Chacune des interfaces
  - TTL 0

72

Partie II – Routage Intra-FAI
RIP – Principe (III)

- A l'initialisation
  - Chaque routeur connaît ses voisins immédiats
    - Interface IP
    - Distance de 0
- Découverte du réseau par envoi périodique d'extraits de sa base de donnée

73

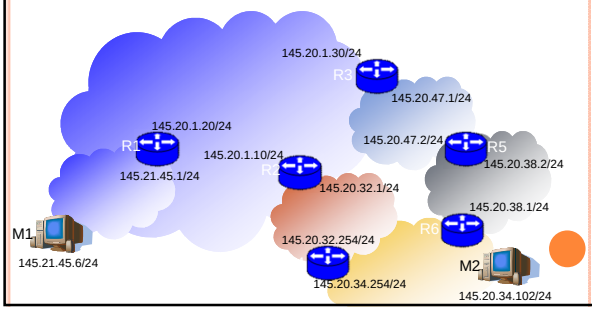
Partie II – Routage Intra-FAI
RIP – Principe (IV)

- Lors de la réception d'une route, comparaison avec les entrées de la base de donnée
  - si destination inconnue et la métrique reçue n'est pas infinie alors
    - ajout de la route avec
      - Gateway = émetteur
      - Métrique = métrique +1
  - sinon si nouvelle route meilleure alors
    - remplacement de la route
  - sinon si même chemin (mise à jour)
    - route modifiée
  - sinon
    - rien

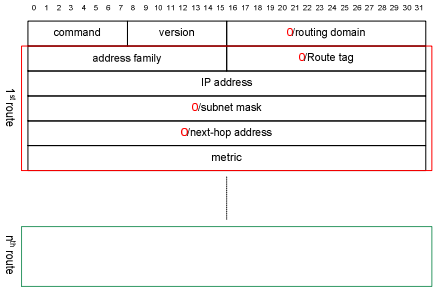
74

Partie II – Routage Intra-FAI
Mise en œuvre de RIP

- Appliquer RIP sur cet exemple



PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
RIP – FORMAT DES MESSAGES (I)



Longueur max = 512 B
De 1 à 25 routes

76

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
RIP – FORMAT DES MESSAGES (II)

- En-tête
  - 1 mot
  - Command
    - 1 – Demande
      - Partielle en précisant l'adresse (metric = 16)
      - Complète (address family = 0 + metric = 16)
    - 2 – Réponse
      - Suite à la réception d'un message 1
      - Périodique
      - Spontané (changement de topologie)
  - Version
    - RIP 1 ou RIP 2
  - Routing domain
    - 0 par défaut
    - Appartenance possible à plusieurs domaines d'un routeur

77

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
RIP – FORMAT DES MESSAGES (III)

- Address family
  - Format d'adressage (2 = IP)
- Route tag
  - Informations pour routage inter-domaine (EGP)
- IP address
  - L'adresse de destination (réseau, sous-réseau ou host)
  - En fonction de subnet mask
- HostID
  - Adresse IP du routeur de la route
  - Pas forcément l'emetteur

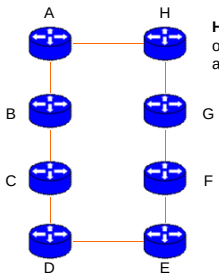
78

Partie II – Routage Intra-FAI
RIP – Problèmes (I)

- Protocole basé sur une topologie fixe
  - Pour s'adapter aux changements…
  - … il faudrait déjà détecter le changement!
- Protocole simple
  - Problèmes semblables à Spanning Tree
    - Boucles infinies
    - Distances infinies
  - Fiabilité?
    - Sécurité?
    - Détection de messages corrompus
    - Détection de pannes de routeurs

79

Partie II – Routage Intra-FAI
Analyse des problèmes de RIP (I)

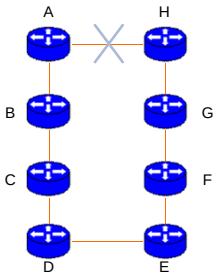


Hypothèses : pour des raisons de simplicité, on va établir la table de routage pour aller aux routeurs (et non aux réseaux)

Q1: Etablir la table de routage de chacun des routeurs

80

Partie II – Routage Intra-FAI
Analyse des problèmes de RIP(II)



Le lien reliant A à H tombe.

Q2: Que devient la table de routage de H lorsqu'elle s'en rend compte?

Supposant qu'à ce moment G diffuse périodiquement sa table de routage.

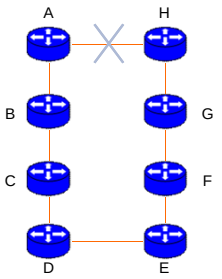
Q3: Que devient alors la table de routage de H?

Q4: Que devient alors un datagramme partant de F et allant vers A?

Q5: D'où vient alors le problème? Proposer une solution (ou plusieurs) pouvant le résoudre.

81

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
ANALYSE DES PROBLÈMES DE RIP(II)



H envoie alors sa table de routage

Q6: Quel est l'impact de cette mise à jour dans le réseau? Expliquer les différentes mise à jour et messages échangés.

Q7: Quand est-ce que l'erreur sera résolue?

Q8: Que se passe-t'il entre G et H pendant ce temps?

Q9: Proposer une solution (ou plusieurs) pouvant résoudre ce problème.

82

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
RIP – SOLUTIONS (I)

- Limiter l'infini
  - Réduit la durée de comptage
  - L'infini c'est 16!
  - Inconvénient: Limite l'AS à 15 bonds
- Split horizon
  - Ne pas informer une station voisine des routes qui passent par elle
  - Avantages
    - messages de routage différents en fonction des destinataires
    - Messages plus courts
  - Mais ne résout que partiellement le problème du rebond dès que l'on a plus de 2 stations
- Triggered update
  - Diffusion immédiate d'une route suite à la détection de panne

83

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
RIP – SOLUTIONS (II)

- Détection des stations inaccessibles
  - Route time-out
  - Entrées de la table de routage à durée bornée (3 mn)
- Figer l'inaccessibilité
  - Entrée à l'infinie pour 4 périodes de maj (2 mn)
- Diffusion de l'inaccessibilité
  - Poison Reverse
  - Ajout des routes inaccessibles au message de routage
    - Amélioration du Split Horizon
    - On envoie à une station voisine une route infinie pour chacune des routes où l'on passe par elle
  - Inconvénient = augmentation de la taille des messages

84

Partie II – Routage Intra-FAI
OSPF - PLAN

- Généralités
- Principe
  - Découpage en zone
  - Types de routeur OSPF
  - Description de la topologie
- Principales étapes
- Messages et mécanismes
  - Type
  - Format

85

Partie II – Routage Intra-FAI
OSPF – Généralités

- IGP à état de liaisons
  - Calcul distribué du plus court chemin dans un graphe
  - Application de l'algorithme de Dijkstra
- Prise en compte de gros AS
  - Par une hiérarchie
- Routage multi-critère, multi-route
- Support des préfixes de longueur variable, du multicast, . . .
- Intègre des mécanismes d'authentification
- Défini dans
  - RFC 1131 en 1989
  - RFC 2328 & 2329 1998 (version 2)
- Implanté au dessus d'IP (surprise!)

86

Partie II – Routage Intra-FAI
OSPF – Principe (I)

- Les outils
  - Le découpage en zone
    - Bonne définition des zones = bonne performance du système
    - Une réalité? Ou pas?
  - Les bases de données
    - Topology Information Base (TIB)
      - Adjacencies database
        - Liste des routeurs voisins
      - Link-State database
        - Différents types de liens
    - Routing Information Base (RIB) & FIB
      - Extrait de la RIB pour le forwarding = table de routage
  - Les mécanismes et unités protocolaires
    - Hello pour le voisinage
    - Database description
    - Link State message

87

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF – PRINCIPE (II)

- La notion de zone
  - Découpage du réseau en différentes zones pour
    - Unifier certains réseaux et particulariser d'autres
    - Diviser pour mieux régner
      - Image précise par zone
      - Réduire les messages échangés
      - Économie
  - Différents types de zone
    - La zone backbone – zone 0
      - Unique et obligatoire
      - Permet l'interconnexion entre les zones - fédératrice
      - Notion d'*Area Border Router*
    - Stub area
      - Pas de route extérieure à l'AS diffusée (route externe)
      - Différent Stub AS!
    - Zone Classique

88

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF – PRINCIPE (III)

- Les types de routeurs OSPF
  - Internal Router
    - Mise en place du Shortest Path First pour la zone
  - Area Border Router
    - Routage inter-zone
    - Mise en place de SPF par zone
    - Résumé envoyé à l'autre zone
      - … et ce même dans le cas des stubs areas!
    - Toujours dans la zone 0
  - AS boundary router
    - Routage entre AS
    - Récupère les routes externes à un AS
  - Backbone router
    - Routeurs de la zone 0
    - Pas forcément des ABR

89

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF – PRINCIPE (IV)

- La description de la topologie
  - En fonction du type de lien
  - Router links
    - Liens (interfaces) d'un routeur
    - Type de routeur (interne, frontalier, . . .)
  - Network links
    - Liste des routeurs attachés
    - Annoncé par le DR du réseau
  - Summary links
    - Réseaux de l'AS
    - Routeurs de frontière de l'AS
  - External links
    - Destinations extérieures
- Description effectuée par les *Link State Advertisements*

90

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF – PRINCIPE (V)

- La métrique
  - Par défaut fondée sur la bande passante des liens
    - Coût du lien = 10^8/Débit
    - En bit/s
    - Ethernet 10M ➔ $10^8/10^7=10$
    - Modem 56K ➔ 1785
    - ADSL 512Kb/s ➔ 195
  - Chaque lien peut se voir attribué un coût spécifique

91

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF - *PRINCIPALES ÉTAPES (I)*

- 1 - Etat initial
  - État des liaisons
  - Remonté par les couches inférieures
  - Insertion de l'information dans la Topology Information Base (TIB)

92

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF - *PRINCIPALES ÉTAPES (II)*

- 2 -Découverte des voisins
  - Objectif: Lister la topologie à un saut d'un routeur afin
    - De gérer les échanges d'information sur chacun des réseaux
    - D'obtenir une première image de la topologie
    - De savoir avec qui communiquer
  - Mécanisme: les messages Hello
    - Annonce au monde des routeurs ospf sa présence
    - Hello
      - Multicast – 224.0.0.5 = ensemble des routeurs ospf (TTL fixé à 1)
      - Réponse unicast des routeurs
    - Période d'émission = 10 s par défaut
    - Remplissage d'une base de donnée
      - La table d'adjacence = ensemble des routeurs voisins
      - Appartient à la TIB
  - Base d'OSPF => état de liens

93

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF - *PRINCIPALES ÉTAPES (III)*

- 3 - Election du *Designated Router*
  - Responsable des LSA sur un réseau multipoint
  - Élection d'un backup (BDR)
  - Principe du DR
    - Échange d'information sur le réseau centralisé par le DR
  - Objectifs
    - Réduction du trafic lié à l'échange des Link States
    - Amélioration de l'intégrité de la TIB par l'unicité
    - Accélération de la convergence
  - Comment
    - Pendant les messages Hello
    - DR = routeur à la plus grande priorité
      - Si égalité => adresse IP la plus grande
      - Si nouveau apparaît alors que DR est déjà désigné, il n'y a pas de réélection

94

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF - *PRINCIPALES ÉTAPES (IV)*

- 4 - Synchronisation des bases de données
  - Objectif
    - Découverte de la topologie
    - Pour pouvoir calculer les routes
  - Comment?
    - Relation maître-esclave entre DR et autres routeurs
    - DR envoie un résumé de sa TIB via des LSAdvertisement
    - Le routeur envoie un LSRequest si le résumé reçu est plus récent que ses infos de TIB
    - Le DR répond par un LSUpdate
    - Le routeur peut envoyer des mises à jour au DR (via LSA)
    - Utilisation de groupe multicast
      - Esclave -> maitres (DR&BDR) 224.0.0.6
      - Maitre (DR) -> esclave 224.0.0.5
  - *A étudier en TP*

95

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF - *PRINCIPALES ÉTAPES (V)*

- 5 – Calcul des routes
  - Application de SPF sur la TIB
    - Augmentation de la complexité avec la taille de la zone
    - Consommation de la ressource CPU
  - Obtention de la RIB
- 6 – Extraction de la FIB

96

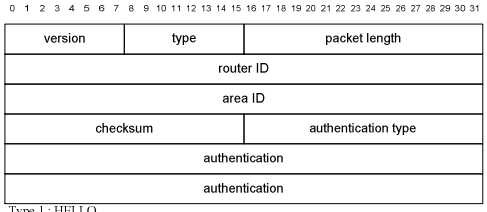
PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF – *MESSAGES (I)*

- Les différents types de messages
  - Hello
    - Découverte voisinage
    - Election du DR et BDR
  - Database Description
    - Informations résumées de description du réseau
  - Link State Request (LSR)
    - demande d'info explicite
  - Link State Update (LSU)
    - Réponse à un LSR
    - Ou spontanément
    - Volumineux
  - Link State Ack accusé de réception d'un LSU
    - Fiabilisation de la cohérence des bases

97

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF – *MESSAGES (II)*

- En-tête commune des PDUs



Type 1 : HELLO
Type 2 : Description de la base de donnée
Type 3 : LSR
Type 4 : LSU
Type 5 : LSA

98

PARTIE II – ROUTAGE INTRA-FAI
OSPF – *BILAN*

- Permet d'avoir une vision d'ensemble au niveau de chaque routeur de la zone
  - Pas de dépendance vis-à-vis d'un routeur
  - Pas de risque de boucle
  - Choix individuel de chacun des routeurs
- Notion de zone
  - Permet de réduire le calcul par routeur
  - Comment les choisir?
- Charge des calculs
  - Plus importante pour les routeurs OSPF que RIP
  - Augmentation de la complexité avec la taille d'une zone
- Dans les AS
  - Souvent qu'une seule zone…

99

PARTIE III – ROUTAGE INTER-FAI
BGP - *PRINCIPES*

- Border Gateway Protocol
- EGP à vecteur de chemins
- Granularité : système autonome
- Implanté au dessus de TCP
- Opportunités
  - Agrégation de routes
  - Définition de politiques de routage
- BGP v4
  - RFC 4271

100

PARTIE III – ROUTAGE INTER-FAI
BGP – *FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL*

- Établissement de connexions avec pairs
  - Connexions de longue durée
- Apprentissage de chemins
  - Depuis pairs extérieurs ou intérieurs
- Choix des chemins en fonction de la politique définie
  - Modification de la table de routage
  - Interaction avec les IGP

101

INTERNET AVANCÉ- III

APPROFONDISSEMENT TCP

102

2A Apprentissage Info&Réseaux

Julien Fasson – julien.fasson@enseeiht.fr

Présentation du sujet

- Précédemment
  - Les deux fonctions de l'adresse IP
    - Localisation
    - Identification
  - La fonctionnalité de routage IP
  - Les autres fonctions d'IP = peu utilisées
    - IP = BEST EFFORT
  - Autour d'IP
    - En dessous ARP
    - Au contrôle ICMP
    - L'annuaire DNS
- Mais…
  - La nature Best Effort du réseau IP => aucune garantie
  - Besoin de mise en place d'un contrôle de bout en bout
  - Besoin de différencier et de multiplexer les applications

103

Plan

- Partie 1 – Révision +
  - La notion de socket
  - Le format des segments TCP
  - La connexion TCP
  - Les fenêtres TCP
  - Exercice TCP
- Partie 2 – Le contrôle de congestion dans TCP
  - Origine
  - Cas d'utilisation
  - D'autres versions de TCP

104

I.1 – La Notion de socket

Le besoin

- Une interface réseau
  - Envoie de datagrammes dans des trames sur un niveau 2
  - Tag les datagrammes du bon numéro de protocole
    - ICMP, RTP, UDP, TCP…
- Problèmes
  - Comment utiliser un protocole de transport pour plusieurs applications?
  - Comment différencier les communications sur la même entité?
    - Applications différentes
    - Applications identiques

105

I.1 – La Notion de socket
La notion de port

- Point d'accès
  - au niveau transport
  - pour les applications
- Identifié par un numéro (2B)
  - Numérotation officiel des ports
    - de 1 à 1024 à l'origine
    - de 1 à 49151
  - Attribution par l'IANA
    - 80 serveur web – 23 serveur Telnet
    - 25 serveur mail – 22 serveur SSH
    - 53 serveur DNS
  - Avantage : pas d'annuaire dynamique
  - Défaut : statique

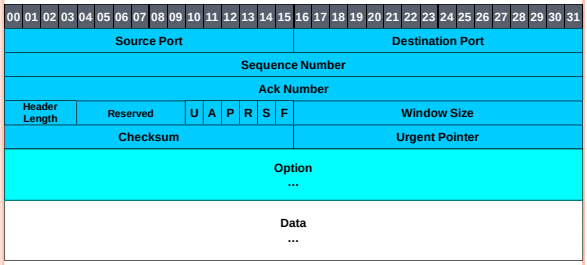
106

I.1 – La notion de Socket
La notion de socket

- Objectif
  - Identifier une communication
- Identifier les entités communicantes
  - Identification par l'addresse IP
    - Source
    - Destination
  - Protocole utilisé
    - Numéro de protocole dans l'entête IP
  - Identification de l'application
    - Port applicatif
- Information regroupée sous le nom de socket
  - Adresse IP + numéro de protocole + port applicatif
  - Non indépendance des couches
- Une communication est caractérisée par un couple de socket

107

I.2 – Le format des segments TCP
En-tête obligatoire (I)



108

I.2 – Le format des segments TCP
En-tête obligatoire (II)

- En-tête
  - Multiple de 4 octets
  - 20 octets d'en-tête obligatoire
- En-tête Obligatoire
  - Source port et destination port
    - Identification unique d'une connexion avec couple sockets
    - Non indépendance des couches
  - Sequence number et ACK number
  - Taille de l'en-tête en mots de 4 octets
  - Flags
    - URG, ACK, PSH, RST, SYN et FIN
  - Window size = advertized window
  - Checksum
  - Urgent Pointer

109

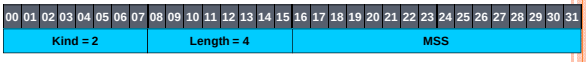
I.2 – Le format des segments TCP
Les Flags

- URG
  - Le bit URG valide
    - la présence du pointeur Urgent Pointer
    - En-tête optionnelle
  - Urgent Pointer pointe sur le premier octet de données après les données urgentes
  - Utilisation non spécifiée
- PSH
  - Objectif : délivré au plus vite
  - Comment?
    - Pas de concaténation sur l'émetteur
    - Transmission directe à l'application du côté du récepteur
- RST
  - Réinitialisation de la connexion
  - Tentative d'ouverture d'une connexion déjà ouverte
  - Réception de données sur une connexion inconnue
  - Accusé de réception de données non émises

110

I.2 – Le format des segments TCP
En-tête optionnel

- Mots de 4 octets
- Option courante
  - Maximum Segment Size (MSS)
    - Négociée pendant le SYN
    - Objectif : Ne plus fragmenter au niveau IP
  - Window scaling
    - Illustration du maximum théorique
    - Multiplicateur sur les tailles de fenêtre



111

I.3 – La connexion TCP

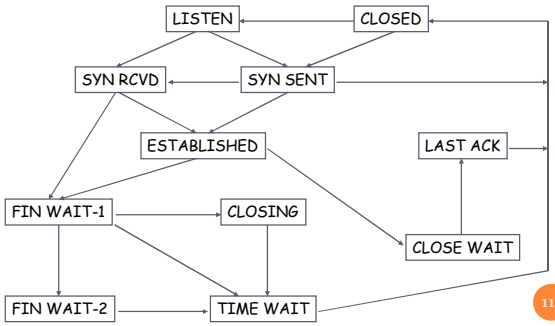
Résumé

- Ouverture de la connexion
  - « Three-Way Handshake »
    - Trois temps
    - Bidirectionnelle
  - Négociation des paramètres
- Communication
  - Segments du flot d'octets
  - Mécanisme à fenêtre coulissante
- Terminaison
  - Fermeture indépendante des sens de communication
  - Connexion unidirectionnelle (semi-fermeture)
- Réinitialisation
  - Drapeau RESET
  - Détection d'un dysfonctionnement

112

I.3 – La connexion TCP

Etat d'une connexion TCP



113

I.4 – La gestion de la fenêtre TCP

Echange de données

- Flux d'octets segmenté
  - Numérotation des segments
  - Octet par octet
- Buffer de réception
  - Stockage des segments hors s´equence
  - Contrôle de flux
- Buffer d'émission
  - Stockage des segments non acquittés
  - Contrôle de flux et reprise sur perte

114

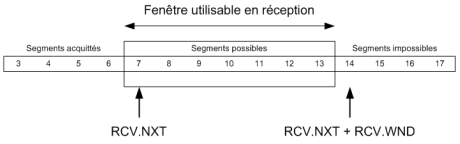
I.4 – La gestion de la fenêtre TCP
Notations

- Caractéristiques d'un émetteur
  - SND.UNA Premier octet non acquitté
  - SND.NXT Prochain octet à émettre
  - SND.WND Taille de la fenêtre d' émission
- Caractéristiques d'un récepteur
  - RCV.NXT Prochain octet attendu
  - RCV.WND Taille de la fenêtre de réception
- Caractéristiques d'un segment
  - SEG.ACK Prochain octet attendu par l'émetteur
  - SEG.LEN Nombre d'octets du segment
  - SEG.SEQ Numéro du premier octet du segment
  - SEG.WND taille de la fenêtre de réception véhiculée

115

I.4 – La gestion de la fenêtre TCP
La fenêtre en réception

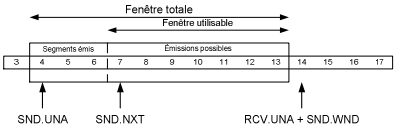
- Evolution de RCV.NXT
  - Réception d'un segment en séquence
- Evolution de RCV.WND
  - Réception d'un segment dans la fenêtre hors séquence
  - Consommation de données par l'application
- Accusé de réception (immédiat ou piggy-backé)
  - Réception d'un segment en séquence
  - SEG.ACK reçoit RCV.NXT (une fois RCV mis à jour)
  - SEG.WND reçoit RCV.WND (aka awnd)
- RCV.NXT + RCV.WND ne doit jamais décroître



116

I.4 – La gestion de la fenêtre TCP
La fenêtre en émission

- Fenêtre glissante
- Évolution de SND.UNA sur accusé de réception
  - Recevable si SND.UNA < SEG.ACK SND.NXT
- Évolution de SND.NXT sur demande de l'application
- Évolution de SND.WND sur réception d'un segment
  - SND.WND reçoit SEG.WND



117

I.4 – La gestion de la fenêtre TCP

Le timer de retransmission

- Problème
  - Différence avec un niveau liaison
  - Gigue non bornée
    - Chemins multiples
    - Aucune connaissance du réseau
  - Unique information = ACK
- Mesure expérimentale du RTT
  - Utilisation d'une moyenne glissante
  - SRTT reçoit alpha* SRTT + (1-alpha) * RTT
- Timer de réémission calculé en fonction de SRTT
  - RTO reçoit Béta* SRTT
  - Coefficient calculé en fonction de la variance du RTT
    - Une valeur communément utilisée est 2
    - Mais trop petite en cas d'instabilité

118

I.5 – Exercice TCP

Illustration de l'insuffisance du contrôle de flux

- Objectifs
  - Fenêtres
    - Fenêtre courante d'émission
    - Fenêtre de réception (awnd)
  - Accusés de réception cumulatif
  - Timer de retransmission
    - Retransmission Time Out
    - Calcul du RTO
- Questions
  - Donner la valeur d'awnd ?
  - Décrire le contenu de la fenêtre en A, B, C, D et E et expliquer son évolution.
  - D'où vient le problème?

119

Partie II – Le contrôle de congestion

Plan (I)

II – 1 Contrôle de congestion dans TCP

- 2.1.1 – Contrôle de congestion et niveau du transport – le dilemme
- 2.1.2 – Une nouvelle fenêtre – cwnd
  - Obj = borner l'uwnd par une valeur représentative de l'état de congestion du système
- 2.1.3 – Le Slow Start
  - Obj = éviter les burts de segments émis au démarrage de la connexion
- 2.1.4 – Evolution de cwnd
  - Obj = réagir en fonction de la congestion en baissant le débit
  - Problèmes :
    - Comment détecter la congestion?
    - Comment réagir?
- 2.1.5 – Retransmission Time Out et cwnd
  - Obj = prendre en compte la retransmission comme un problème de congestion
  - Comment = Introduction de la phase de Contrôle de Congestion

120

PARTIE II – LE CONTRÔLE DE CONGESTION
PLAN (I)

- 2.1.6 – Le Fast Retransmit
  - Obj = détecter plus rapidement un problème sur le réseau (et donc réagir plus rapidement)
- Conclusion TCP Tahoe

II – 2 Evolutions basiques de TCP

- 2.2.1 – L'impact du Slow Start sur les performances de TCP
- 2.2.2 – TCP RENO
  - Obj : Ne pas considérer trop pénalisé le débit TCP suite à une perte détectée par ndup
  - Comment:
    - Introduction du Fast Recovery pendant la récupération d'une perte
    - Abandon du Slow Start si on arrive à récupéré de la perte
- 2.2.3 – TCP New RENO
  - Pb : Mauvais comportement de TCP RENO lors de pertes multiples
  - Obj : Amélioration du comportement de TCP lors de pertes multiples

II – 3 D'autres évolutions…

121

PARTIE II – LE CONTRÔLE DE CONGESTION
AU NIVEAU RÉSEAU

- Paradoxe du contrôle de congestion dans Internet
  - La congestion est un problème réseau
    - Détection = routeur
    - Routeur = entité clef de la congestion
      - Gestion de la congestion?
      - Saturation du buffer du routeur
      - Suppression de paquet
        - Lesquels?
        - Dépendance de la file d'attente et de sa gestion
  - Nature Best Effort d'IP
    - Pas gestion de congestion
    - Pas d'information

122

PARTIE II – LE CONTRÔLE DE CONGESTION
AU NIVEAU RÉSEAU

- Un premier niveau = routeur
  - Pas de gestion
    - Files FIFO
    - Injustice
  - Utilisation de files spécifiques
    - Round Robin
    - Mais comment distinguer les paquets?
      - Adresse IP => table de mémorisation
      - Tags?
  - Ajout de tags
    - Utilisation du champ ToS
    - Diffserv
    - Intserv
    - MPLS
    - Interne à un FAI
    - Mais gérer la congestion ce n'est pas la prévenir…
  - Prévenir
    - Explicit Congestion Notification

123

Partie II – Le contrôle de congestion
Au Niveau Réseau

- ECN [RFC 3168]
  - Principe
    - Avertir les entités de bout en bout d'une congestion pour leur communication
  - Besoin
    - Le protocole de bout en bout doit être capable de gérer la congestion
      - TCP, application spécifique
    - Négocier l'utilisation d'ECN
      - Avoir un retour!
    - L'émetteur doit recevoir une information de la congestion
      - Avoir un retour!
  - Comment
    - Champ TOS
    - Négociation de l'option ECN de bout en bout
    - Marquage aller/retour (0I et I0)
    - Marquage des routeurs « ECN capable » des paquets par CE (II) (Congestion Experienced)
    - Emission d'une information Backward à la source à la réception de II
      - Champ TCP reserved utilisé

124

Conclusion

- TCP
  - A la base
    - Contrôle de flux
    - Reprise d'erreur
    - Reséquencement
    - Multiplexage applicatif …
  - Mais…
    - Contrôle de flux peut s'avérer un handicap
    - Prise en compte de la congestion
      - Slow Start
      - Fast Retransmit
      - Fast Recovery
      - Congestion Avoidance
  - Multiples versions de TCP
    - Différence principale = comportement face à la détection d'une perte
    - A la base une perte = une erreur du support
    - Evolution vers une perte = une congestion
    - Mais pas que…
  - TCP est un protocole empirique
    - Observation du réseau
      - pas d'information réseau au niveau TCP
      - Fondé sur l'expérimentation
      - Quid de l'évolution?
    - La congestion reste un problème de niveau 3!

125

Internet Avancé- IV

Un Petit Tour sur les Applications

126

2A Apprentissage Info&Réseaux

Julien Fasson – julien.fasson@enseeiht.fr

PLAN

1 – Rouages applicatifs

Le modèle de communication
Domain Name Server
File Transfer Protocol
HyperText Transfer Protocol

2 – Un brin d'administration

Simple Network Management Protocol
Dynamic Host Configuration Protocol

3 – Pair à Pair ou la révolution Internet ?

4 – De la sécurité sinon rien !

127

1 – ROUAGES APPLICATIFS
OBJECTIFS ET PLAN

- « Fondamentaux » applicatifs d'Internet
  - Le Dialogue Client / Serveur
- Pour communiquer
  - Connaître l'adresse IP du serveur ?
  - Connaître le nom du serveur ?
  - DNS
- Télécharger des données
  - Ex : FTP
- Naviguer sur le Web
  - Récupérer et Restituer des informations de navigation
  - Pages Web
    - Informations visibles
    - Méta-informations
  - Naviguer => HTTP

128

1.1 – LE MODÈLE DE COMMUNICATION

- Client / Serveur
  - Largement inspiré du modèle TCP
  - Client
    - Origine de la communication
    - Emet la requête
  - Serveur
    - A l'écoute des clients
    - Traitement de demandes qui peuvent être nombreuses
- Modèle de trafic lié
  - Asymétrie
    - Client requête (signalisation) (-)
    - Serveur rend un service (données) (+)
  - On parle d'un modèle commercial
    - Justification du modèle des accès pour les particuliers
    - Justification technique = partage de la ressource en upload plus délicate

129

1.2 – Domain Name Server
Le Besoin

- Mémoriser des adresses IP
  - Analogie numéro de téléphone
  - Nom
- Correspondance?
  - Statique
    - Fichier host ou host.txt
    - Problème de la maintenance de la liste
  - Annuaire dynamique
    - Centralisé ou distribué?
- DNS

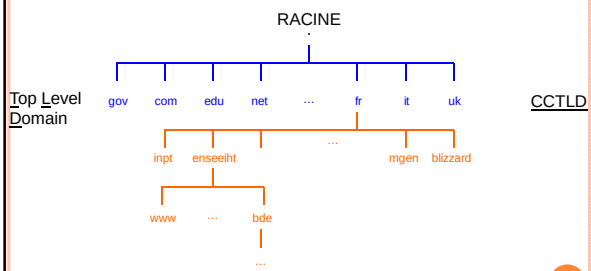
130

1.2 – Domain Name Server
Généralités

- Annuaire distribué
  - nom symbolique <-> adresse IP
  - chaque domaine gère sa partie
- Définition
  - d 'un protocole de communication [RFC 1034] [RFC 1035]
  - d 'une politique de délégation [RFC 1591]
- Fondé sur
  - Une organisation de l'espace
  - Un système de serveurs hiérarchisés
  - De nombreux clients appelés resolver
- Deux parties
  - Un protocole de communication
  - Une politique de répartition des noms de domaines

131

1.2 – Domain Name Server
Organisation de l'espace des noms (I)



132

1.2 – Domain Name Server

Organisation de l'espace des noms (II)

- Fully Qualified Domain Name
  - www.enseeiht.fr. = Nom absolu
  - www = hôte (serveur web)
  - Profondeur maximale = 127 niveaux
  - 255 caractères max
- Notion de zone
  - Ex: enseeiht.fr
  - Peut être subdivisée (bde.enseeiht.fr)
  - Deux ou plus serveurs de noms DNS par zone
    - Primaire
    - Secondaire(s)

133

1.2 – Domain Name Server

Serveurs de noms DNS

- Serveurs DNS
  - Serveurs Racines
    - 13 serveurs au monde
  - Serveurs de domaine
    - Autorité sur une zone
    - Déclaré au serveur de domaine directement supérieur
- Dialogue
  - Resolver et DNS primaire
  - DNS zone avec DNS zone parente
- Logiciel
  - Plus commun = BIND (*Berkeley Internet Name Domain*)

134

1.2 – Domain Name Server

Resolvers

- Définition
  - Processus client qui contacte les serveurs de noms
- Rôles
  - Dialogue avec le serveur de nom
  - Interprétation des réponses
  - Restituer l'information au logiciel appelant
  - Mise en place d'un système de cache local

135

1.2 – Domain Name Server

Le protocole (I)

- Messages
  - Questions
  - Réponses
  - Utilisation d'UDP
- Principe
  - Renvoyer le message au serveur DNS le plus apte à répondre
- Deux modes d'interrogation des serveurs
  - Itératif
    - Envoie de l'info la plus détaillée dont le serveur dispose
  - Récursif
    - Serveur prend en charge la suite des requêtes
  - Dépendant du serveur interrogé
    - Notion de serveur maître
    - Couplage des modes

136

1.2 – Domain Name Server

Le protocole (II)

Illustration en cours

137

1.2 – Domain Name Server

DNS et sécurité

- Point critique d'Internet
  - DNS permet de faire association
    - nom symbolique
    - Adresse IP
  - Faux DNS = Fausse réponse
- Points faibles
  - Aucune préoccupation de sécurité
  - Interception et forge
  - Déni de service
- Solutions
  - DNSSEC
  - Ne pas se référer à n'importe quel DNS!

138

1.3 – FILE TRANSFER PROTOCOL

GÉNÉRALITÉS

- Transfert (explicite) de fichier
  - Modèle Client/Serveur
  - Serveur FTP
    - Arborescence de fichiers
    - Commandes FTP pour lister, ajouter, télécharger…
- Supporte l 'hétérogénéité
  - OS
- Fiable : basé sur TCP
- [RFC 114] [RFC 765] [RFC 959]

139

1.3 – FILE TRANSFER PROTOCOL

PRINCIPE

- Trois « Interfaces »
  - Interface utilisateur (dépendant du logiciel)
    - Cyberduck, gftp, CuteFTP…
  - Plan commandes
  - Plan de données
- Deux modes
  - Mode actif
  - Mode passif

140

1.3 – FILE TRANSFER PROTOCOL

CONNEXION DE CONTRÔLE

- Ouverture de connexion TCP
  - Du Client
  - Vers le port 21 serveur
- Commandes
  - En texte (telnet)
  - Contrôle d 'accès
    - USER, PASS, CWD, QUIT, …
  - Paramétrage du transfert
    - PORT, TYPE, …
  - Service
    - RETR, STOR, ABOR, …

141

1.3 – File Transfer Protocol

Connexion de données

- Mode Actif
  - Ouverture d'une connexion
    - Du serveur
    - Vers le port 20 du client
  - Problèmes
    - Firewall
    - NAT
- Mode Passif
  - Choix d'un port par le serveur
  - Envoie du port au client
  - Ouverture de la connexion par le client

142

1.4 – HyperText Transfer Protocol

- Protocole
  - Client/serveur
  - TCP
  - Ouverture de connexion par le client vers le port 80 du serveur
- Client HTTP
  - Navigateur web
    - Grande concurrence
      - IE, Mozilla-Firefox, Chrome, Opera…
    - Interprétation HTML
  - Aspirateur de sites
  - Robots d'indexation
    - Moteur de recherche
- Serveur HTTP
  - Apache
  - Internet Information Services
  - Web Zeus
- Exercice :
  - Différents Messages et Encapsulation pour envoyer le premier GET de la page d'accueil à un serveur WEB

143

2 – Un brin d'administration

Plan

144

2.1 – SIMPLE NETWORK MANAGMENT PROTOCOL

UN BESOIN

- Superviser
  - Détections pannes matériel
  - Mauvaise configuration
  - Mauvais comportement
  - Performances
- Administration et configuration
  - Du réseau
  - Des différents équipements
    - Serveurs
    - Routeurs
    - …
  - Des différentes configurations
- Gestion de la sécurité
- A distance

145

2.1 – SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL

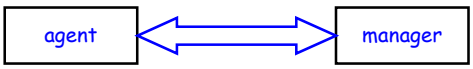
GÉNÉRALITÉS

- Un protocole
  - Trois versions
    - v1 [RFC 1157] (en 87-89)
    - v2 [RFC 1441]
    - V3 [RFC 2571] (plus de sécurité)
  - Sur UDP – à destination du port 161 pour les requêtes
  - Récolte d'informations pour le superviseur
  - Standard pour TCP/IP
- Trois éléments
  - Superviseur
  - Nœuds = équipement supervisé
  - Agents = interface de communication sur noeud
- Base de données arborescente
  - Management Information Base
  - Base de donnée d'un équipement
  - Consultation/modification
  - Structure hiérarchique
  - MIB II [RFC 1213] (TCP/IP)

146

2.1 – SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL

LE PROTOCOLE – RÔLE DE L'AGENT ET DU SUPERVISEUR

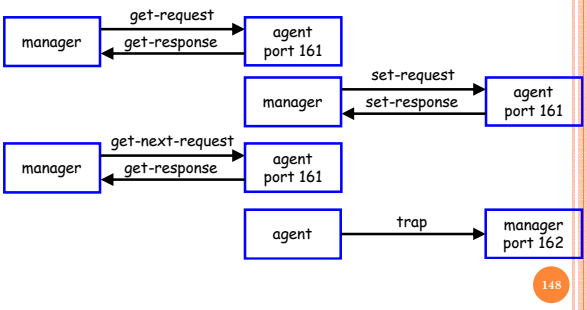


- Agent
  - élément d 'administration local
  - émet des alertes (trap)
- Superviseur
  - interface utilisateur
  - envoie des ordres aux agents (get, get_next, set)

147

2.1 – Simple Network Management Protocol

Le protocole – les échanges



148

2.2 – Dynamic Host Configuration Protocol

Un besoin

- Configurer
  - Un profil réseau
    - Interface IP
    - Route par défaut
    - DNS
    - …
  - Machines utilisateurs
    - Nombre
    - Similitudes et différences
- Configuration manuelle
  - Adressage statique
    - Maintenance
    - Prise en otage d'adresses
- Configuration automatisée
  - DHCP

149

2.2 – Dynamic Host Configuration Protocol

Généralités

- Dynamic Host Configuration Protocol
  - Protocole Client/Serveur
  - Fondé sur UDP
    - Port 67 (requête à destination du serveur)
    - Port 68 (réponse à destination du client)
- Configuration au démarrage
  - Adresse IP d 'une machine et masque du réseau
  - Route par défaut
  - Adresse du DNS
  - Adresse du serveur TFTP pour OS
- Allocation dynamique/temporaire d 'adresses
- [RFC 2131], [RFC 1533]

150

2.2 – Dynamic Host Configuration Protocol

Principe

- Requête du client
  - Diffusion sur le réseau
  - DHCP DISCOVER
- Offre du serveur (ou des serveurs)
  - Unicast au client
  - DHCP OFFER
- Choix de l'offre
- Demande au serveur
  - Diffusion sur le réseau
  - DHCP REQUEST
- Confirmation et informations du serveur
  - DHCP ACK

151

3 – Pair à Pair ou la révolution d' Internet?

Plan

152

3.1 – Principe

Réseau d'overlay

- Pair à pair c'est quoi?
  - Communication d'égal à égal
  - Opposition au modèle client/serveur
    - « Client et serveur à la fois »
- Réseau d'overlay
  - Réseau de recouvrement
    - « Réseau au dessus du réseau »
  - Mise en œuvre
    - Tunnel
    - Routage applicatif
  - Utilité
    - Test de protocole
    - Gestion et maintenance
    - Partage de ressources
  - Nœud du réseau = processus applicatif sur une machine

153

3.1 – Principe
Aux Origines

- Né en 1995 aux Etats-Unis
  - Besoin de partage de données
  - Universités
- Napster
  - 1999 – création par Shawn Fanning
  - 2000 – 23 millions d'utilisateurs
  - 2002 – Napster fermé
- Mais d'autres ont déjà pris la relève
  - KaZaA, Morpheus…

154

3.1 – Principe
Première génération de pair à pair

- Index central
  - Permet de trouver les machines associés à un fichier
- Principe
  - Client connaissent différentes adresses de serveur
  - Client indexe auprès du serveur leurs fichiers partagés
  - Interrogation des serveurs
  - Dialogue entre client
- Problèmes
  - Légaux
  - Vulnérabilité des serveurs centraux
  - Responsabilité direct du fournisseur de service
- Logiciels
  - Napster
  - Audiogalaxy
    - Accords très rigoureux bloquant la quasi-totalité des fichiers à partir de 2002

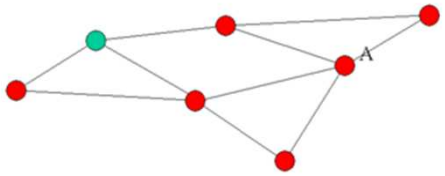
155

3.1 – Principe
Deuxième génération de pair à pair (I)

- Index par machine du réseau
  - Interrogation de proche en proche
  - Utilisation d'un cache pour les connaître les machines (Gwebcache)
- Principe
  - Client indexe leurs fichiers partagés
  - Client contacte un voisin (grâce à un cache pour trouver le premier)
  - Voisin renvoie ses voisins connus et ainsi de suite
  - Dialogue entre client en passant par les pairs
- Problèmes
  - Différences de capacités des noeuds
- Logiciels
  - Gnutella v0.4

156

3.1 – Principe
Deuxième génération de pair à pair (II)



157

3.1 – Principe
Troisième génération de pair à pair

- Distinction entre pair
  - Pair = connexion bas débit
  - Superpair = connexion haut débit
- Principe
  - Client indexe leurs fichiers partagés auprès des superpair
  - Fonctionnement basé sur un réseau de superpair
- Logiciels
  - Gnutella v0.6
  - Kazaa sur FasTrack (réseau)

158

3.1 – Principe
Les Nièmes générations

- Prise en compte de l'asymétrie
  - Utilisation d'ADSL
  - Téléchargement multiple
- Coopération
  - Fragments téléchargés directement disponibles au partage
  - Point de téléchargement par fichier échangés
  - Donneurs multiples
- Indexation par hachage
  - Overnet
- Logiciels
  - eDonkey, eMule et mlDonkey sur réseau eDonkey
  - BitTorrent

159

3.2 – Une révolution d'Internet
Quelques réflexions

- Ouverture vers le monde
  - Rapide diffusion
  - Démocratisation de la musique
  - Naissance de nouveaux artistes et nouvelles vagues musicales
- Ouverture des réseaux
  - Multiplication du principe pair à pair pour
    - Distribution OS (Redhat)
    - Jeux en réseau
    - Voix sur IP (skype)
- Mais
  - Enjeux « Ethiques »
  - Enjeux Economique

160

3.2 – Une révolution d'Internet
Quelques chiffres

- Déformation du trafic Internet en 2005-2006
  - Plus de 80% de la masse du trafic mondial?
    - Sur certains réseaux d'accès
    - Poids de la signalisation
  - Déforme le modèle classique et asymétrique du client serveur
  - Peur = la fin d'Internet
- La quasi-totalité des Internautes ont un logiciel de P2P (2006)
  - 40% des internautes français téléchargent de la musique illicitement
  - amalgame

161

4 – De la sécurité sinon rien!

- Ben rien alors!
- La sécurité
  - loin de la préoccupation de l'internaute lambda
  - infection par des logiciels communs
- Buts de l'infection
  - Évolution du « tour de force »
    - Destruction de fichier
    - Mise à mal d'un système d'exploitation
    - Destruction du système (BIOS, périphérique, …)
  - A l'arnaque, la fraude et le crime organisé

162

INTERNET AVANCÉ V

AUTOUR D'IP

163

2A Apprentissage Info&Réseaux

Julien Fasson – julien.fasson@enseeiht.fr

PRÉSENTATION DU SUJET

- Précédemment
  - Internet = IP
    - Simple
    - Limites
      - Congestion => TRANSPORT
      - Adressage => réseau privé & NAT
      - …
- Une autre version d'IP?
  - Plusieurs solutions
    - Que doit-on intégrer?
    - Que doit-on changer?

    => IPv6
  - Hétérogénéité?
    - Les tunnels

164

PARTIE I – IPV6
HISTORIQUE

- Besoins
  - Augmentation rapide du nombre d'utilisateurs d'Internet
    - En 1990 – moins d'un million d'utilisateurs d'Internet
    - En 2000 – 250 millions d'utilisateurs d'Internet
    - En 2010 – plus de 2 milliards d'utilisateurs d'Internet
  - Impact sur
    - L'espace d'adressage
      - *2^{32} adresses = 4.29 milliards d'adresses*
      - *Mais problème de l'attribution*
      - *Pénurie d'adresses?*
    - La taille des tables de routage
      - *Explosion des tables de routages?*
    - La sécurité devient préoccupante dans Internet
      - *Utilisation commerciale grandissante*
    - La mobilité

165

Plan

- Partie 1 – IP version 6
  - Historique
  - Principe et Fonctionnement
  - En-tête IPv6
  - L'adressage IPv6
  - Auto-configuration
  - « Nouveaux » Protocoles
- Partie 2 – IP et tunnel
  - Principe
  - Generic Routing Encapsulation
  - IPsec
- Partie 3 – Multicast IP
  - Principe
  - Listing de protocoles

166

Partie I – IPv6
Historique

- Appel à un nouveau protocole dans le début des années 90
  - Plusieurs Propositions
    - Dont l'utilisation d'adresses au niveau Transport
    - Et Simple Internet Protocol Plus, le futur IPv6
  - Elaboration des différents critères techniques
    - Décembre 1994 – RFC 1726 Critères
    - Janvier 1995 – RFC 1752 Recommandations
  - Elaboration du protocole
    - Décembre 1995 – RFC 1883 spécifications d'IPv6
    - Décembre 1998 – RFC 2460 finalisations d'IPv6

167

Partie I – IPv6
Principe et Fonctionnement

- Fonctionnement équivalent à IPv4
- Mais
  - Augmentation de la taille des adresses
    - x4 bits = 128 bits (notation en hexa)
  - Structuration augmentée de l'adresse
  - En-tête restructurée
    - Simplification pour le routage
    - Ajout d'options via les extensions d'en-tête
  - Multicast natif
  - Sécurité
  - Auto-configuration
  - …

168

PARTIE I – IPV6
EN-TÊTE IPV6

169

PARTIE I – IPV6
EN-TÊTE IPV6 (II)

- Version d'IP => 6
- Traffic Class => priorité ou CoS
- Flow Label => label du flux
- Payload Lenght => taille de la charge utile (avec les en-têtes optionnelles – pas certain –)
- Next Header => Indique quel type d'en-tête suit dans la charge utile
  - Classiquement c'est un protocole au dessus d'IP (TCP, UDP, OSPF, ICMP,…)
  - Ou un en-tête optionnel
- Hop Limit ⇔ TTL

170

PARTIE I – IPV6
EN-TÊTE IPV6 (III)

- Quelques options
  - Fragmentation (Fragment Header) – à noter que la fragmentation n'est réalisable que par la source du datagramme
  - Sécurité
    - Authentication Header
    - Privacy Header
  - Lecture du contenu
    - End-to-End => lecture que par le destinataire final
    - Hop-by-hop => traitement par les nœuds intermédiaires
  - Routage par la source (routing header)

171

PARTIE I – IPV6
L'ADRESSAGE IPV6 – NOTATION

- La notation
  - Notation en Hexadécimale
  - 1 Octet = représentation sur deux chiffres
  - Groupement deux octets par deux octets
  - Séparation par ':'
  - Exemple:

  2011:adde:0000:05a0:0000:0000:bc2f:8101
- Simplification de la notation
  - Suppression des suites de zeros

  2011:adde::05a0:0000:0000:bc2f:8101

  2011:adde:0000:05a0::bc2f:8101
  - Suppression des zeros non significatifs

  2011:adde:0:5a0::bc2f:8101

172

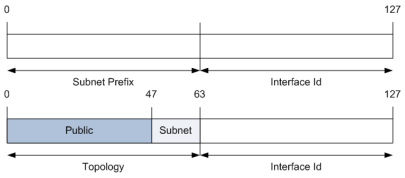
PARTIE I – IPV6
L'ADRESSAGE IPV6

- Des types différents d'adresses
  - Adresses Globales Unicast
  - Adresses Anycast
    - Adresse correspondant à « une machine parmi d'autres »
  - Adresses Site local
  - Adresses Link local
  - Adresses Multicast
  - Adresses spécifiques/réservées
    - Compatibles IPv4
    - Mapping d'une adresse IPv4
    - Adresses de rebouclage
    - …
  - PAS d'adresses de diffusion

173

PARTIE I – IPV6
L'ADRESSAGE IPV6

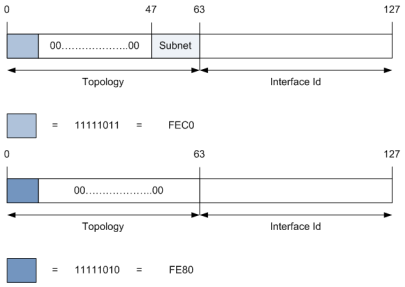
- Unicast et Anycast - unique



174

PARTIE I – IPV6
L'ADRESSAGE IPV6

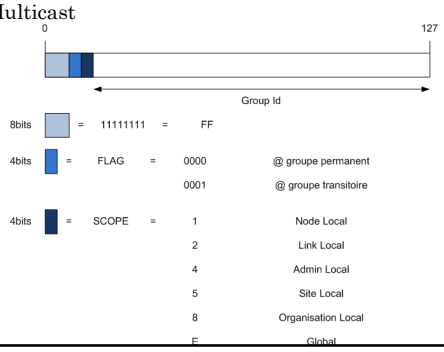
- Site Local et Link Local



175

PARTIE I – IPV6
L'ADRESSAGE IPV6

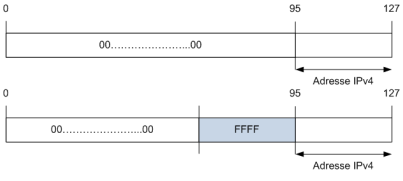
- Multicast



176

PARTIE I – IPV6
L'ADRESSAGE IPV6

- Adressage spécifique
  - Adresse Compatible => utilisation en mode tunnel
    - Le paquet IPv6 est encapsulé en IPv4 et l'adresse IPv4 destination est celle compatible
  - Adresse « Mappée » => utilisation en mode dual stack



177

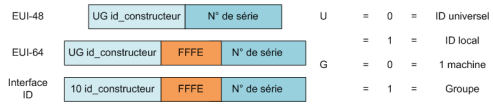
PARTIE I – IPV6
L'ADRESSAGE IPV6

- L'adresse de *loopback*
  - ::1
- L'adresse non déterminée
  - ::
- La notion de masque
  - Principe identique à IPv4
  - Notation abrégée /x

178

PARTIE I – IPV6
AUTO-CONFIGURATION

- Utilisation de l'identifiant d'interface
  - En fonction de l'adresse MAC de l'interface (Extented Unique Interface – 48)
  - Mais il faut « mapper » 48 bits dans 64 bits



179

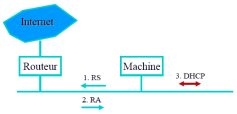
PARTIE I – IPV6
AUTO-CONFIGURATION

- Neighbor Discovery
  - Utilisation sur le même support physique
  - Principe:
    - découvrir les voisins
    - déterminer les adresses de niveau 2 des voisins (ARP)
    - localiser les routeurs (DHCP)
    - Information et avertissements (ICMP)
  - 5 types de paquets (ICMPv6?)
    - Neighbor Solicitation (NS)
    - Neighbor Advertisement (réponse à une NS)
    - Redirect
    - Router Solicitation (RS)
    - Router Advertisement (RA)

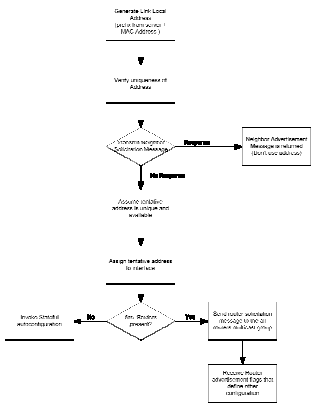
180

PARTIE I – IPV6
AUTO-CONFIGURATION

- Neighbor Discovery
  - Utilisation de messages ICMPv
  - Router/Neighbor Sollicitation
  - Router/Neighbor Advertisemen
- Auto-configuration avec serve
  - DHCPv6
  - Mix BOOTP et DHCP
- Auto-configuration sans serveur
  - Utilisation de la construction d'adresses



181



182

PARTIE I – IPV6
« NOUVEAUX » PROTOCOLES

- IPv6 intègre directement certains ajouts à IPv4
  - Path MTU Discovery
  - QoS (mais problème similaire à IPv4)
  - Meilleure gestion de la mobilité (MIPv6 cf. 3eme année)
  - Sécurité
    - Authentification
    - Intégrité
    - Confidentialité

183

Partie II – IP et Tunnel

Principe

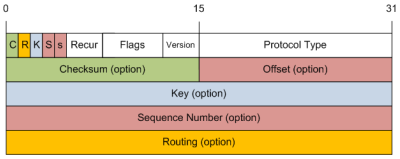
- Tunnel
  - Un principe très répandu dans l'interconnexion
    - Cf cours d'interconnexion
    - Exemple de l'ADSL
  - Principe
    - Encapsuler un message protocolaire pour passer à travers une autre forme de technologie (ou pas)
    - Construction d'un sur-réseau
    - Invisible pour le protocole encapsulé
  - Utilisations
    - Interconnexion de réseaux locaux/privés d'entreprises
      - De manière sécurisé
      - Masquage et inaccessibilité vis-à-vis de l'extérieur
      - Être sur le même réseau local à distance
    - Télétravail…

184

Partie II – IP et Tunnel

Generic Routing Encapsulation

- GRE
  - Dernier RFC 2890 en 2000 par CISCO
  - Objectif = encapsuler un protocole dans un autre
    - Aussi appelé IP Tunneling
  - Un en-tête très simple



185

- Illustration en TP

Partie III – Multicast

Principe

- Illustration Tableau

186

Partie IV – Real Time Protocol

Principe

- RFC 3550
  - Juillet 2003
  - Remplaçant le RFC 1889 de Janvier 1996
- Unidirectionnel
  - Construit pour un flux multimédia
  - Vidéo (Realplayer à la base?)
  - Comment faire pour la voix?
- Protocole de contrôle séparé
  - RTCP
  - Utilisation de Feedback
- Basé sur UDP
  - TCP peut adapté au multimedia

187

Partie IV – Real Time Protocol

En-Tête

- RFC 3550
  - Juillet 2003
  - Remplaçant le RFC 1889 de Janvier 1996
- Unidirectionnel
  - Construit pour un flux multimédia
  - Vidéo (Realplayer à la base?)
  - Comment faire pour la voix?
- Protocole de contrôle séparé
  - RTCP
  - Utilisation de Feedback
- Basé sur UDP
  - TCP peut adapté au multimedia

188