



Systèmes Pair à Pair

Master 2 Informatique - UFR S.A.T

Pr. Ousmane THIARE

`ousmane.thiare@ugb.edu.sn`
<http://www.ousmanethiare.com/>

12 septembre 2025

Introduction
Napster
Gnutella
Edonkey/Emule
Bittorrent

Chapitre 10 : Systèmes Pair à Pair

Chapitre 10 : Systèmes Pair à Pair

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

1 Introduction

2 Napster

3 Gnutella

4 Edonkey/Emule

5 Bittorrent



Systèmes Pair à Pair

Introduction

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

- Définition historique : Un système distribué où un nœud peut être à la fois client ou serveur
 - Plus vraiment de distinction entre les deux rôles
- Définition actuelle : Un système distribué utilisant les ressources localisées aux frontières d'Internet
- Premier système pair à pair connu : Napster
 - Chaque nœud était à la fois producteur et consommateur de fichiers mp3
- Propriétés
 - Décentralisation (Decentralised)
 - Dynamicité (Dynamic)
 - Auto configuration (Self configurable)
 - Auto cicatrisation (Self-healing)



Systèmes Pair à Pair

Principe

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

- Le P2P de fichier est né du «besoin» de partager
 - Mettre à disposition des autres des fichiers
 - Extension du « cercle des amis »
- Chaque pair met à disposition des autres des fichiers
 - Les downloads se font de pair à pair
- Principalement utilisé à la limite (hors) de la légalité
- Mais fort potentiel
 - Distribution de fichiers sans serveur centralisé (exemple : patch dans WoW)
 - Récupération des espaces libres sur plusieurs machines dans un LAN
- Principaux problèmes
 - Recherche
 - Passage à l'échelle, tolérance aux pannes
 - Équilibre entre download et uploads
 - Pollution



Systèmes Pair à Pair

Problèmes

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

■ Recherche

- Mécanismes pour trouver le fichier recherché
- Efficacité
 - Utilisation de la bande passante
 - Nombre de réponses
 - Temps

■ Passage à l'échelle

- Combien de pairs le réseau peut supporter en restant efficace

■ Résistance aux pannes

- Combien de pairs peuvent disparaître avant que le réseau ne soit plus efficace ?
- Liens avec la théorie de la percolation (étude à l'échelon global des effets d'actions locales)



Systèmes Pair à Pair

Problèmes

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

- Équilibre down/up
 - Partage de fichiers, implique... partage :)
 - Comment inciter certains à partager ?
- Pollution
 - Détecter les fichiers corrompus
 - Les éliminer du réseau



Systèmes Pair à Pair

Napster

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

■ Premier systèmes P2P

- Inventé par Shawn Fanning en 1999
- Utilise des serveurs centralisés pour l'indexation
- Transferts de fichiers en P2P

■ Vision utilisateur

- Les serveurs sont transparents, tout se passe comme si le partage se faisait de pair à pair

■ Pas de tolérance aux pannes

- Un fichier était complètement chargé depuis un autre pair
 - Si disparition du pair, disparition du fichier
- Dépendant des serveurs
 - Les détenteurs de droits ont fait fermer les serveurs, tuant le réseau

■ Passage à l'échelle

- Utilisation de serveurs multiples



Systèmes Pair à Pair

Napster

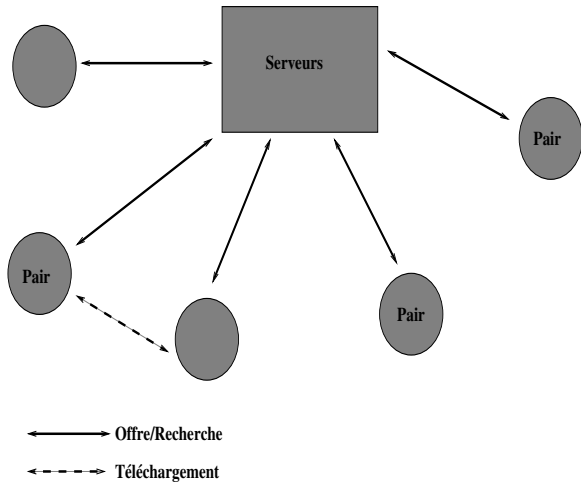
Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent



Systèmes Pair à Pair

Gnutella

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

- Système Pair à Pair totalement décentralisé
- Gnutella est un protocole
 - Pour partager des fichiers sur un réseau (Internet)
 - Construit comme remplaceant décentralisé de Napster
- Construit pour être tolérant aux pannes
 - “Gnutella can withstand a nuclear war and an army of lawyers”
- Spécification ouvertes, pas de standardisations
 - Plein de clients plus ou moins compatibles
 - Ajout de fonctionnalités
- Les plus connus : BearShare, LimeWire, Gnucleus



Systèmes Pair à Pair

Gnutella

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

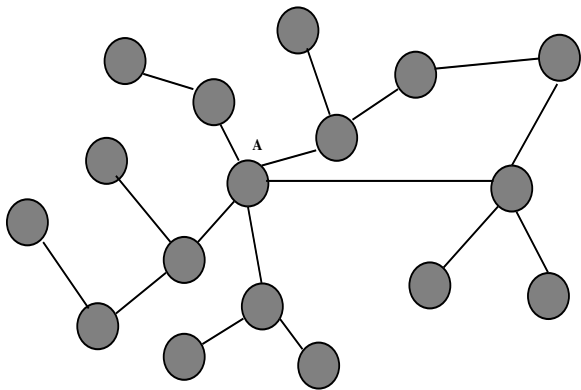
Bittorrent

Principes

- Tous les nœuds sont égaux et ont 3 rôles
 - Producteur : partage de fichiers avec les autres nœuds
 - Consommateur : téléchargement de fichiers
 - Routeur : Maintient de l'infrastructure du réseau
- Chaque nœud a un ensemble (limité) de voisins avec lesquels il peut communiquer
 - Formation d'un réseau logique (overlay network)
 - Pas forcément adapté au réseau physique
- Les messages envoyés servent à
 - Maintenir l'infrastructure
 - Chercher/annoncer des fichiers
- Un nœud est obligatoirement un routeur, même si aucun fichier n'est partagé
- Le transfert de fichiers se fait entre deux nœuds via http
- Routage = inondation



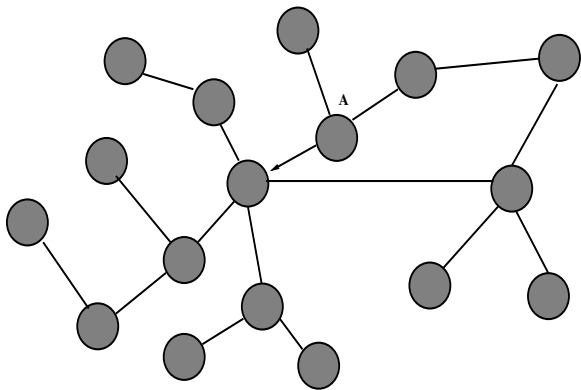
Inondation (étape 1)



Le nœud A envoie un message de recherche, avec un TTL de 3



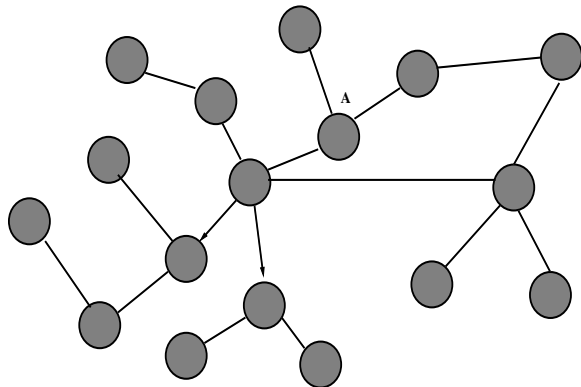
Inondation (étape 2)



Le TTL est décrémenté par les autres clients, il vaut maintenant 2



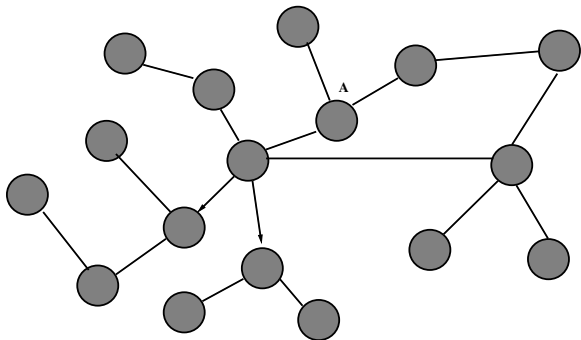
Inondation (étape 3)



Le TTL est à nouveau décrémenté, il vaut 1



Inondation (étape 4)



Le nœud B reçoit le message pour la seconde fois, il ne le retransmet pas Le TTL vaut 0, la transmission s'arrête, le nœud E ne reçoit pas le message



Problèmes

- L'inondation ne passe pas à l'échelle
 - Quelle que soit la taille du réseau, un nœud est limité par son horizon (en général TTL=7)
- La recherche de fichiers se fait par nom
 - Deux fichiers aux noms différents peuvent avoir le même contenu
 - Très sensible à la pollution
- Les messages d'architecture constituent une part importante du trafic de chaque nœud
- Les nœuds sont identifiés par IP et port
 - Impossible de retrouver un nœud qui a subi une panne temporaire
- Protocole de download primitif (http)
 - Source unique
 - Pas de download en parallèle



Quelques faits

- La popularité des recherches suit la même loi que les pages webs
 - Les technologies de cache ont de bons résultats
 - Mettre en cache les résultats de recherches pendant 30 min réduit le trafic de 50%
- Free riding (leechers)
 - 66% des nœuds ne partagent aucun fichier
 - 73% des nœuds partagent moins de 10 fichiers
 - 37% des fichiers sont partagés par 1% des nœuds
 - Encore très proche du client/serveur
- Certains nœuds prennent une grande importance dans le réseau
 - Ils partagent beaucoup de fichiers
 - Ils ont beaucoup de connexions
- Rejoint une structuration à la Napster



Systèmes Pair à Pair

Edonkey/Emule

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

Edonkey

- Similaire à Napster
 - Serveurs utilisés pour l'indexation
 - Transfert direct entre les clients
- Données identifiées par des valeurs de hachage
- Clients sont identifiés par des IDs
- Chaque client est connecté à un seul serveur en TCP/IP
 - Connexions multiples en UDP



Edonkey

- Le contenu à partager est divisé en morceaux (chunk)
- Un client peut télécharger des morceaux en parallèle de plusieurs clients
- Une fois téléchargé, l'intégrité d'un morceau est vérifiée
 - Utilisation des informations de hachage
- Chaque morceau téléchargé est automatiquement mis en partage
 - Obligatoire par le logiciel, rien dans le protocole



Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

Téléchargement

- Le client A envoie une requête à un serveur
- Le serveur répond avec une liste d'ID de clients
- Le client A peut contacter les clients pour télécharger les morceaux



Limitations

- Un client ne voit que les fichiers disponibles sur le serveur auquel il est connecté
 - Requêtes possibles vers d'autres serveurs en UDP
 - Aucune garantie de réponse, et augmente la charge des serveurs
- Toujours des free-riders
 - Le ratio down/up est géré par le client
 - Très facile à contourner avec un client « maison » (mldonkey) ou du traffic-shapping
- Les pairs sont très faciles à identifier
 - L'adresse IP est très facile à retrouver avec l'ID
 - Liste des partages de chaque client disponible (mais peut être interdit)



Systèmes Pair à Pair

Bittorrent

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

- Système P2P avec serveurs (trackers)
- Les trackers ne font que coordonner les clients
 - Aucune connaissance des données distribuées
 - Peu gourmand en ressources
- Les données distribuées sont décrites dans des fichiers .torrent contenant
 - Le nom du fichier
 - Sa taille
 - Des informations de hachage
 - L'URL du tracker
- Pas de mécanismes de recherche
- Le protocole essaie de forcer le partage
 - Probablement le plus réussi actuellement



Systèmes Pair à Pair

Bittorrent

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

- Pour télécharger, un client donne au tracker
 - Des informations sur ce qu'il recherche
 - Ses ports disponibles
- Le tracker retourne une liste de pairs ayant le même intérêt
- Les clients peuvent alors se connecter entre eux
- Les données sont divisées en morceaux (typiquement 250KB)
- Les morceaux peuvent être téléchargés chez n'importe quel pair
- Pour démarrer, un pair spécial ayant le contenu complet est nécessaire : la graine (seed)



Connexions

- Les connexions entre pairs ont plusieurs états
 - interested : indique qu'on veut downloader quelque chose
 - choked : indique qu'on refuse d'uploader
- Sert à maintenir des informations entre les pairs
- Utilisé pour décider du sens d'écoulement des informations
- Un pair download ssi
 - Il a indiqué interested
 - Il n'est pas choked par l'autre pair



Systèmes Pair à Pair

Bittorrent

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

Connexions

- Un pair upload ssi
 - Il n'a pas choocked l'autre pair
 - Si l'autre pair est interested
- Il est impératif de maintenir ces 2 états à jour
 - Un pair choocked indiquera quand même qu'il est interested



Systèmes Pair à Pair

Bittorrent

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent

Connexions

- Un connexion est marquée interested si le pair a des pièces qui nous intéressent
- Un pair peut temporairement refuser d'uploader vers un autre pair : il l'étouffe (choke)
 - Sert à indiquer qu'on ne veut pas envoyer de données, si par exemple on ne download rien
 - Un client choke toujours une seed (la seed ne veut pas recevoir de données)
 - Utile pour maintenir des connexions ouvertes sans rien envoyer
- Les décisions d'étouffement sont prises toutes les 10 secondes
 - Évite de basculer trop rapidement entre choked/unchoked



Connexions

- On étouffe les 4 pairs qui ont le meilleur upload (i.e envoient des fichiers vers vous avec le meilleur débit) et sont intéressés
 - Permet de maximiser le download
- Les pairs qui ont un meilleur upload mais ne sont pas intéressés sont dé-étouffés
 - Si ils deviennent intéressés ils remplacent le(s) plus mauvais des 4 précédents



Systèmes Pair à Pair

Bittorrent

Introduction

Napster

Gnutella

Edonkey/Emule

Bittorrent



- Recherche :
 - Utilisations de serveurs web recensant des fichiers torrent
 - Modération, élimination de la pollution
- Certains trackers forcent un ratio download/upload
 - Si en dessous du ratio, alors un pair ne peut plus downloader
- Rend moins facile la collecte d'informations
 - Seuls le tracker et le serveur web ont des informations globales
 - Il faut avoir le fichier .torrent et donc avoir une cible
 - Mais étant donné un tracker, très facile d'avoir la liste des pairs
- Modèle économique
 - Chaque pièce à une valeur dans le protocole
 - Une pièce rare sera demandée par beaucoup de clients, et donc permettra d'en downloader d'autres
 - Une pièce très répandue ne sera jamais needed