

# Le Routage Multicast Hiérarchique

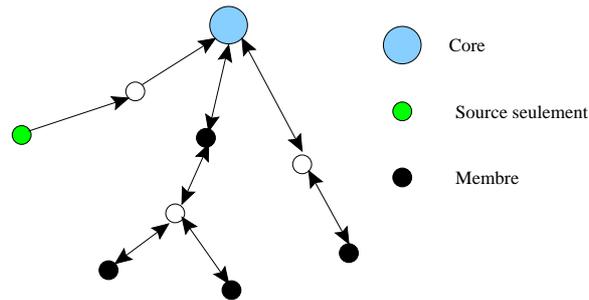
Chadi BARAKAT  
DEA Réseaux et Systèmes Distribués  
Université de Nice Sophia-Antipolis  
&  
Département INF-RES  
École Nationale Supérieure des Télécommunications  
Paris

## Plan de l'exposé

- Introduction: Le routage multicast.
- Les arbres partagés hiérarchiques.
- Le Routage Multicast Hiérarchique en ATM.
- Le Routage Multicast Hiérarchique dans l'Internet.
- Les modèles de simulation: Étude de performance.
- Interprétations des résultats.
- Conclusion.

## Le routage multicast

- *Définition*: Construction des arbres liant les membres.
- Les arbres basés sur chaque source (DVMRP, MOSPF, VC-mesh).
- Les arbres partagés:
  - Les approches théoriques (Steiner).
  - Le Center Based Tree (PIM, CBT, MCS en ATM).



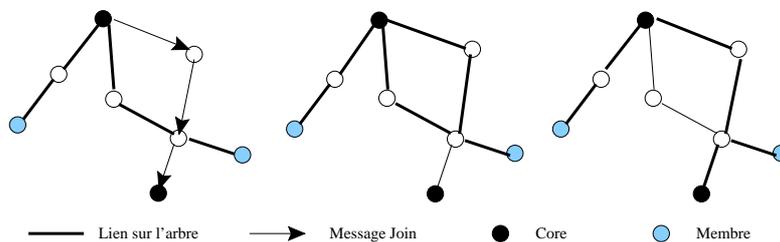
## Les arbres partagés hiérarchiques

- L'adoption de plusieurs centres (cores).
- Nécessité d'une organisation hiérarchique des cores.
- La hiérarchie est caractérisée par:
  - $N$ , le nombre de niveaux.
  - $n_i$ , le nombre de cores au niveau  $i$ .
  - $n_1 > n_2 > \dots > n_N = 1$
- Mécanisme de construction du backbone dans un réseau plat:
  - Un membre joint le core le plus proche quelque soit son niveau.
  - Un core joint le core le plus proche de niveau plus élevé.
- *Question*: Comment choisir les paramètres de la hiérarchie?

## Cas d'un réseau hiérarchique

- Pour avoir une meilleure performance:
  - Un core par domaine.
  - Un membre ou un core joint seulement le core de son domaine.
- *Résultat:* Les paramètres, et par suite la performance de l'arbre partagé, sont fonction de la hiérarchie du réseau.
- *Question:* Quelle est la meilleure organisation hiérarchique d'un réseau?

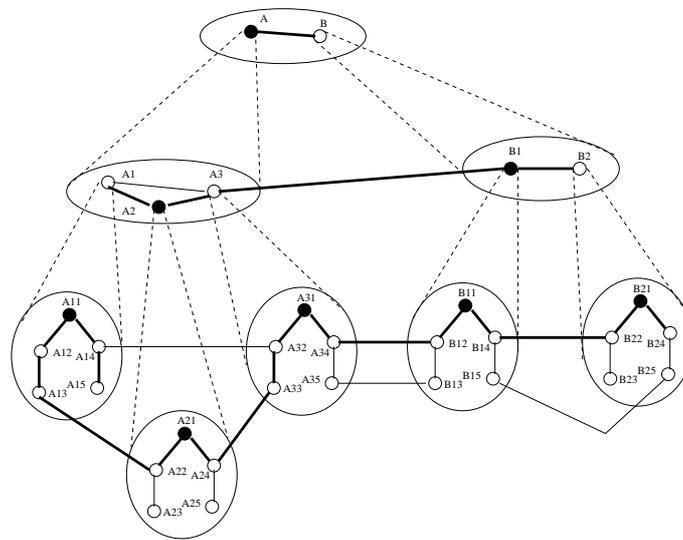
## Problème de boucles



*Solution:*

- Une branche de l'arbre est marquée par le niveau de la source qui l'a créée.
- Un noeud d'une branche  $X$  qui reçoit une demande d'établissement d'une branche  $Y$  fait:
  - l'arrêter si  $Y \leq X$ .
  - la laisser passer et se déconnecter de son core si  $Y > X$ .

## Routage Multicast Hiérarchique en ATM



## Routage Multicast Hiérarchique dans l'Internet

- OCBT:
  - Lie les membres par un backbone de cores organisé hiérarchiquement.
  - S'intéresse à un réseau plat.
  - Montre la disparition totale des boucles.
- HPIM:
  - S'intéresse à tout l'Internet.
  - Utilise des RPs de plusieurs niveaux.
  - Définit une partie de la signalisation nécessaire.
  - Limite les portées des groupes.
- GUM ou BGMP:
  - Adopte un arbre partagé à deux niveaux.
  - Chaque domaine utilise son propre protocole de routage multicast.

## Objectifs des simulations

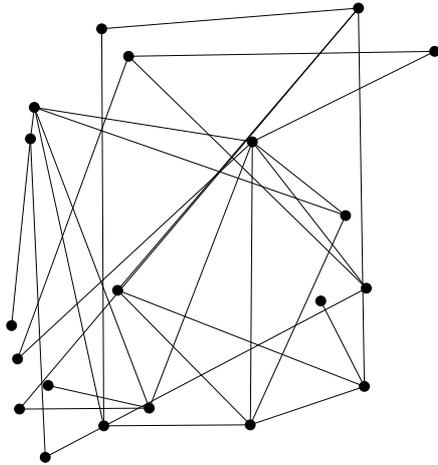
- Trouver le meilleur dimensionnement de l'arbre qui:
  - Minimise le coût de la bande passante.
  - Réduit l'effet de la concentration aux cores.
  
- Deux modèles pour trouver:
  - 1- Les meilleurs paramètres de l'arbre dans un réseau plat.
  - 2- La meilleure organisation hiérarchique d'un réseau.
  
- Un troisième modèle pour étudier la concentration aux cores.

## Générateur de graphes

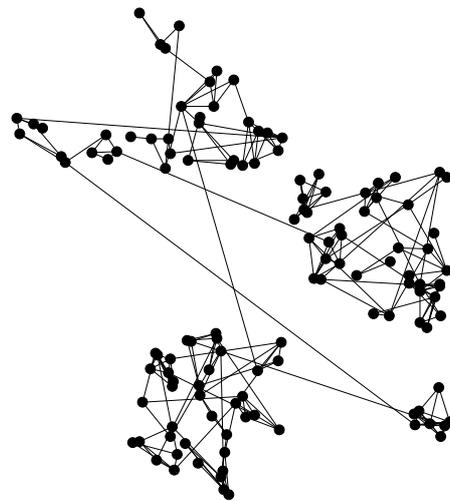
Le Générateur GT-ITM développé à Georgia Tech donne:

- Des graphes Pure Random pour modéliser les réseaux plats:
  - Les noeuds sont placés arbitrairement dans un carré.
  - Un lien est ajouté avec une probabilité  $p$  entre chaque paire de noeuds.
  
- Des graphes  $N$ -niveaux pour modéliser les réseaux hiérarchiques:
  - Construit le graphe en  $N$  étapes.
  - Part au niveau  $N$  d'un graphe Pure Random.
  - À chaque étape, un noeud est remplacé par un autre graphe Pure Random.

## Exemple des graphes utilisés



Graphe Pure Random, 20 noeuds,  $p=0.15$



Graphe N-niveaux,  $N=3$ , 125 noeuds

## Arbre de référence

- Implémentation d'une récente heuristique du Steiner.

- L.T. KOU, K. MAKKI. An even faster approximation algorithm for the steiner tree problem in graphs. *Congressus Numerantium*, 59 (1987), pp. 147-154.

## Premier modèle: Réseaux plats

- *But*: Les paramètres de l'arbre qui minimisent son coût.
- Paramètres du modèle:
  - $M$ , la taille du réseau.
  - $D$ , degré des noeuds (fixé à 3). On a  $p = \frac{D}{M-1}$ .
  - $G$ , la taille du groupe.
  - $N$  et  $n_i$ , les paramètres de l'arbre.
- *Sortie*: Rapport de coût  $Ratio(M, G, N, n_i) = \frac{C_H}{C_S}$ .

## Deuxième modèle: Réseaux hiérarchiques

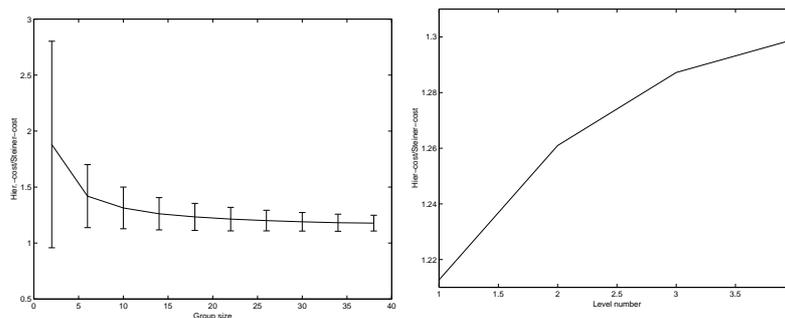
- *But*: Les paramètres du réseau qui minimisent le coût de l'arbre.
- Paramètres du modèle:
  - $N$ , le nombre de niveaux.
  - $m_i$ , le nombre moyen de noeuds dans un domaine au niveau  $i$ .
  - $M = m_N \times m_{N-1} \times \dots \times m_1$ .
  - $G$ , la taille du groupe.
- *Sortie*: Coût de l'arbre  $C_H(N, m_i, G)$ .

## Troisième modèle: Étude de la concentration

- Effet de la concentration:
  - Saturation des liens autour des cores.
  - Blocage des demandes de connexion.
  
- Le modèle conçu:
  - Assigne une capacité  $C$  aux liens.
  - Génère successivement des groupes de taille aléatoire.
  - Ignore les liens saturés pendant l'exécution de l'algorithme de Dijkstra.
  - Bloque une demande lorsqu'un chemin au core n'est pas trouvé.
  - S'arrête lorsque le nombre de blocages atteint un seuil.
  - Donne les numéros des demandes qui ont subi un blocage.

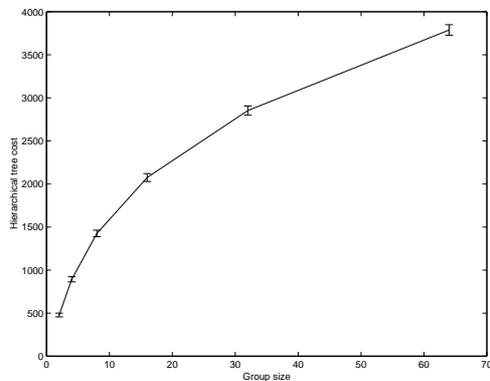
### Modèle 1: *Ratio* en fonction de $G$ et $N$

- Interprétation 1: Compensation des coûts.
- *Interprétations 2:*
  - L'anarchie dans la connexion des noeuds.
  - La dispersion du trafic multicast.
- Le dimensionnement optimal: un seul core.



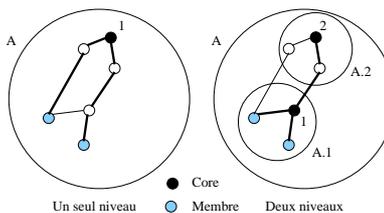
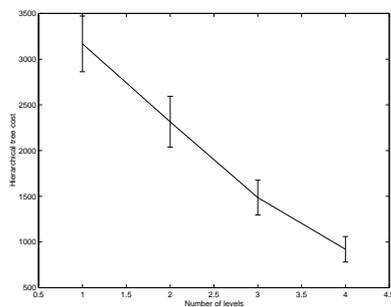
### Modèle 2: $C_H$ en fonction de $G$

- *Interprétation:* L'agrégation devient plus probable.



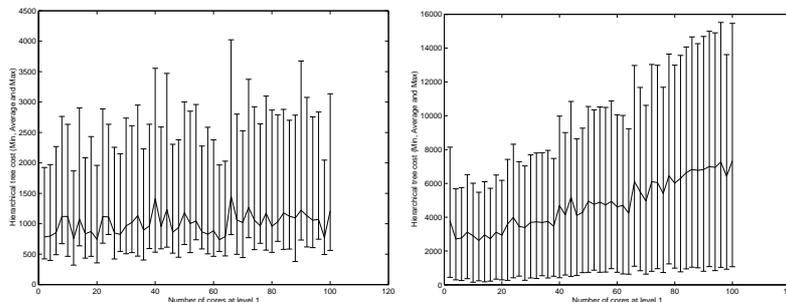
### Modèle 2: $C_H$ en fonction de $N$

- *Interprétation:* Agrégation du trafic multicast.



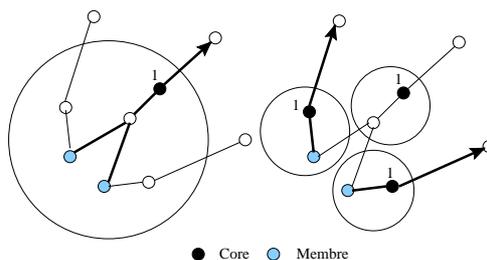
### Modèle 2: $C_H$ en fonction de $m_i$

- Pour  $N = 2$ :



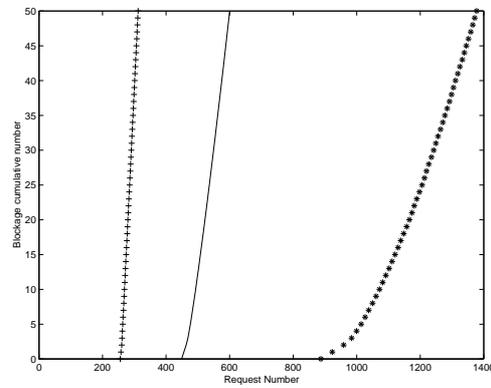
### Modèle 2: $C_H$ en fonction de $m_i$ (suite)

- *Interprétations:*
  - L'ajout de domaines à un niveau disperse le trafic.
  - Pas de trafic à être dispersé en cas des petits groupes.
- Pour les autres  $N$ : Meilleur coût pour de petites  $m_i$ .
- Meilleure organisation du réseau:
  - Un grand nombre de niveaux.
  - De petits domaines de taille "2" aux niveaux  $N$  à 2.



### Modèle 3: Effet de $N$ sur le blocage

- Un grand  $N$  fait retarder davantage le début du blocage.
- *Interprétation*: Raccourcissement des chemins.
- *Décroissance de la pente*: La hiérarchie rend la saturation moins totale.



++++  $N = 1$     ----  $N = 2$     \*\*\*\*  $N = 3$

### Conclusion

- Une approche scalable.
- Un seul core dans un réseau anarchique.
- L'organisation optimale: un grand  $N$  et de petites  $m_i$ .
- À étudier:
  - Effet de cette organisation sur le routage unicast?
  - Effet de la hiérarchie sur la QoS (délai)?