

Adapnet : Stratégies adaptatives pour la gestion de données distribuées sur un réseau P2P

Nicolas Bonnel
Laboratoire Valoria
Université Européenne de Bretagne

Vendredi 5 Décembre 2008



Introduction

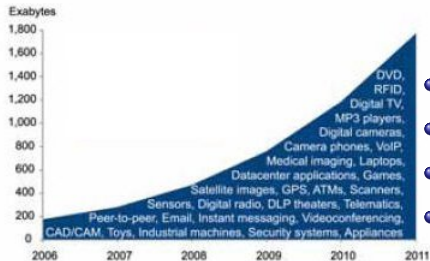
Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

La quantité de données croît de manière exponentielle :
2 Eo (2 milliards de Go) en 1999, 161 Eo en 2007 [5]



- Stockage de l'information
- Disponibilité des données
- Recherche d'information
- Transfert des données

Stockage distribué :

- Grilles
- Pair-à-pair
 - Recherche d'information : 2 stratégies d'exploration
 - Disponibilité des données : réplication

Introduction

Stratégies d'exploration non redondante

Réplication proactive uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

- 1 Introduction
 - Stockage distribué
 - P2P centralisé
 - P2P structuré
 - P2P non structuré
- 2 Stratégies d'exploration non redondante
 - Marche en spirale
 - Arbres de remplissage
- 3 Réplication proactive uniforme par estimation de densité
- 4 Conclusion

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

- 1 Introduction
 - Stockage distribué
 - P2P centralisé
 - P2P structuré
 - P2P non structuré
- 2 Stratégies d'exploration non redondante
 - Marche en spirale
 - Arbres de remplissage
- 3 Réplication proactive uniforme par estimation de densité
- 4 Conclusion

Introduction

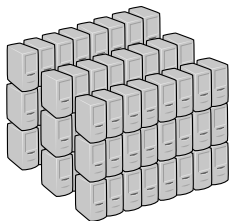
Stockage distribué
P2P centralisé
P2P structuré
P2P non structuré

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références



Grille :

- Réseau dédié
- Plusieurs milliers d'ordinateurs
- Bonnes connexions (latences, débits)
- Ex : Google, Grid5000, Egée

Caractéristiques :

- Stabilité
- Disponibilité de l'information
- Coûteux (acquisition des machines, entretien, électricité)

Introduction

Stockage distribué

P2P centralisé

P2P structuré

P2P non structuré

Stratégies

d'exploration non
redondante

Réplication

proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Amélioration des connexions à Internet des particuliers :

- Au niveau des débits : 56k → ADSL
- Au niveau de la durée : connexion facturée à la minute → forfaits avec connexion quasi-permanente

Développement des architectures pair-à-pair (P2P) :

- Vitesse de téléchargement en HTTP pas très élevée
- Avant, la connexion de l'utilisateur était limitante, maintenant c'est celle des serveurs qui l'est
- Les utilisateurs ont de la bande passante qui n'est pas utilisée, il peuvent jouer un rôle de serveur

Introduction

Stockage distribué

P2P centralisé

P2P structuré

P2P non structuré

Stratégies

d'exploration non
redondante

Réplication

proactive

uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Caractéristiques :

- Résistance aux pannes, grands réseaux
- Les utilisateurs rejoignent et quittent le réseau à n'importe quel moment
- 48% à 80% (selon les régions) du trafic Internet en 2007 [4]
- eDonkey [3] et BitTorrent [11] responsables de 70% à 97% du trafic P2P mondial

Différentes architectures P2P :

- Centralisées
- Structurées
- Non structurées

Introduction

Stockage distribué

P2P centralisé

P2P structuré

P2P non structuré

Stratégies

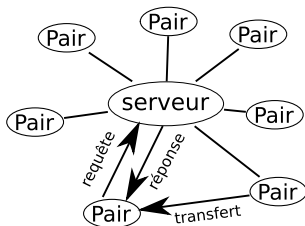
d'exploration non
redondante

Réplication

proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références



Caractéristiques :

- Un serveur centralise le contenu des nœuds du réseau
- Requête centralisées
- Téléchargement distribué

Différentes architectures :

- Napster [9] : pionnier, échange de petits fichiers (musique), profiteurs
- eDonkey [3] : fragmentation, files d'attente qui favorisent les contributeurs
- BitTorrent [11] : “un prêté pour un rendu”, diffusion rapide de gros fichiers

Introduction

Stockage distribué

P2P centralisé

P2P structuré

P2P non structuré

Stratégies

d'exploration non
redondante

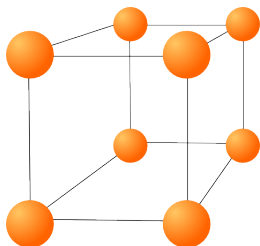
Réplication

proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Principe :



- La localisation des données est contrainte
- Topologie du réseau virtuel contrainte
- Table de hachage distribuée
- La donnée est stockée sur le nœud correspondant au hash de la donnée
- Différentes techniques pour diriger les requêtes ou copier les données

Caractéristiques :

- Les données peu répliquées sont faciles à retrouver
- Connaissance de la clé requise
- Le hachage détruit l'ordre sur les clés → problèmes pour les requêtes approchées
- Expressivité des requêtes restreinte

Introduction

Stockage distribué

P2P centralisé

P2P structuré

P2P non structuré

Stratégies

d'exploration non
redondante

Réplication

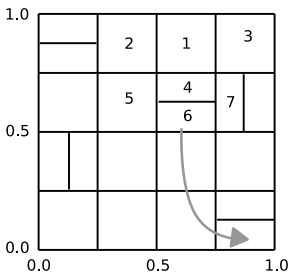
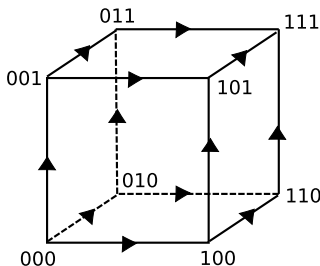
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Maillage de Plaxton [10] :

- Réseau de N nœuds
- Chaque nœud a $\approx \log(N)$ voisins
- Routage des messages en $\approx \log(N)$ sauts
- Chord [15], Tapestry [16], Pastry [13]



CAN [12] :

- Réseau de N nœuds
- Tore d -dimensionnel
- Chaque nœud a $\approx 2 \times d$ voisins
- Routage des messages en $\approx d \times N^{\frac{1}{d}}$ sauts

Introduction

Stockage distribué

P2P centralisé

P2P structuré

P2P non structuré

Stratégies

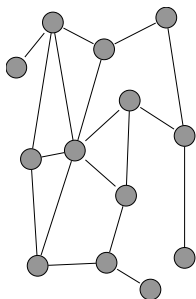
d'exploration non redondante

Réplication

proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références



Principe :

- Pas de contrainte au niveau de la localisation des données
- Pas ou peu de contrainte au niveau de la topologie du réseau virtuel
- Différents mode de propagation des requêtes (inondation, marche aléatoire, ...)

Caractéristiques :

- Les données peu répliquées sont difficiles à retrouver
- Les données très répliquées sont rapides à retrouver
- Adaptées aux réseaux très dynamiques
- Liberté sur l'expressivité des requêtes

Introduction

Stockage distribué
P2P centralisé
P2P structuré
P2P non structuré

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

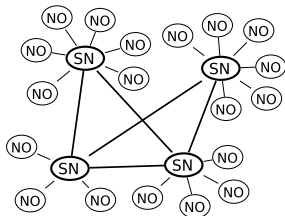
Références

Gnutella v0.4 [1] :

- Graphe aléatoire
- Inondation (recherche rapide, redondance) → taille du réseau limitée ($\approx 100\ 000$ nœuds)

Super pairs :

- Gnutella 0.6, FastTrack (Kazaa) [7]
- Les pairs qui ont plus de ressources (CPU, mémoire, bande passante ...) ont plus de responsabilités
- Réseaux de grande taille (plusieurs millions de nœuds)



Introduction

Stockage distribué
P2P centralisé
P2P structuré
P2P non structuré

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

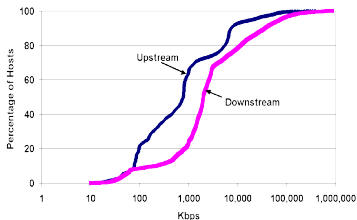
Références

Distribution cumulée des pairs en fonction de [14] :

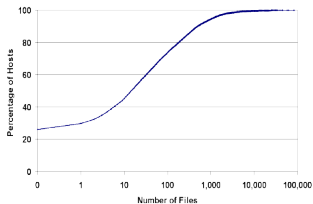
- Leur bande passante
- La quantité de fichier partagée

→ environnement hétérogène
→ problème d'équilibrage de charge pour les DHT

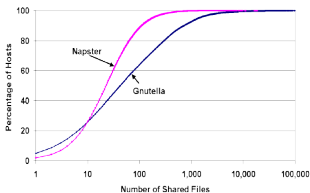
CDF of Downstream and Upstream Bottleneck Bandwidths (Gnutella)



CDF of Number of Shared Files (Gnutella)



CDFs of Number of Shared Files Excluding Hosts Sharing No Files



Introduction

Stockage distribué
P2P centralisé
P2P structuré
P2P non structuré

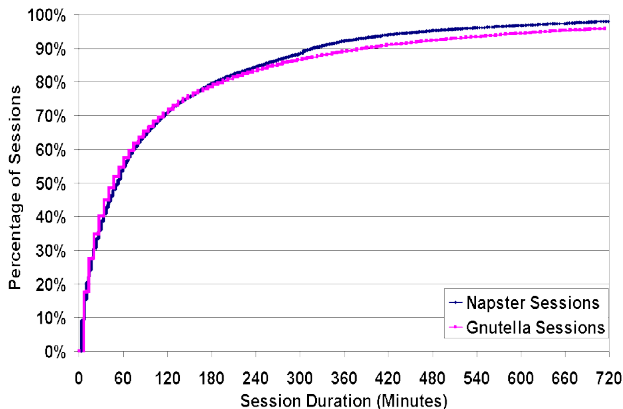
Stratégies d'exploration non redondante

Réplication proactive uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

Problème pour maintenir une topologie virtuelle dans un environnement très dynamique [14]



Introduction

- Stockage distribué
- P2P centralisé
- P2P structuré
- P2P non structuré**

Stratégies d'exploration non redondante

- Réplication proactive
- uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

- **Retrouver l'information** : dissocier le transport des requêtes de leur évaluation
- **Assurer la disponibilité de l'information** : réplication des données les plus rares par estimation de densité

→ interrogation d'une suite de pairs choisis au hasard

Objectifs

- Exploration :
 - Non redondante
 - Rapide
- Réplication uniforme

Introduction

Stockage distribué

P2P centralisé

P2P structuré

P2P non structuré

Stratégies

d'exploration non
redondante

Réplication

proactive

uniforme par

estimation de

densité

Conclusion

Références

- 1 Introduction
 - Stockage distribué
 - P2P centralisé
 - P2P structuré
 - P2P non structuré
- 2 **Stratégies d'exploration non redondante**
 - Marche en spirale
 - Arbres de remplissage
- 3 Réplication proactive uniforme par estimation de densité
- 4 Conclusion

Introduction

**Stratégies
d'exploration non
redondante**

Marche en spirale
Arbres de
remplissage

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

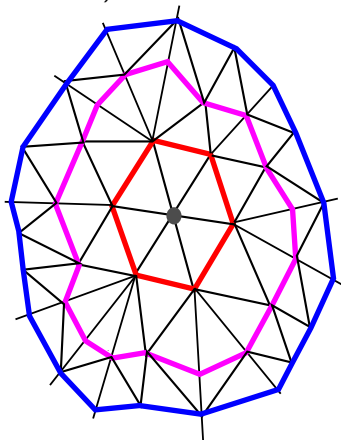
Conclusion

Références

Stratégie inspirée de la marche aléatoire et des courbes de remplissage (non redondante, pas de cache)

Principe :

- Anneaux concentriques
- Utilisation de pivots
- La mémorisation d'un anneau permet de construire le suivant
- Retour à la source en descendant le gradient de distance



Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Marche en spirale
Arbres de
remplissage

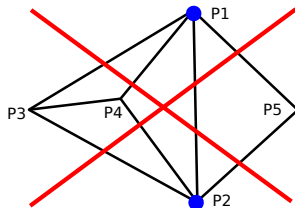
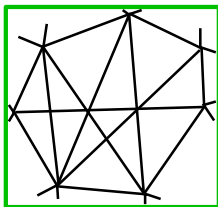
Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Nécessite une topologie dédiée :

- Graphe planaire : maillage triangulaire
- Invariant topologique : 2 voisins ont exactement 2 voisins en commun
- Topologie fermée (sphère)



→ Pas de nœuds avec une valence de 3

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Marche en spirale
Arbres de
remplissage

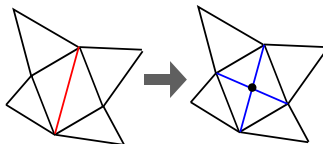
Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Arrivée d'un nœud :

- Suppression d'une connexion entre 2 nœuds
- Connexion aux 2 nœuds et à leurs 2 voisins communs



Adapnet

Introduction

Stratégies d'exploration non redondante

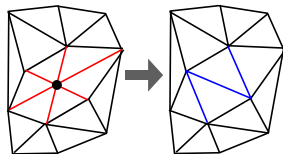
Marche en spirale
Arbres de remplissage

Réplication proactive
uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

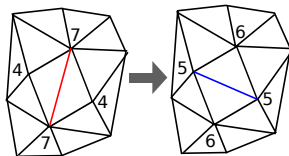
Réparation du maillage :

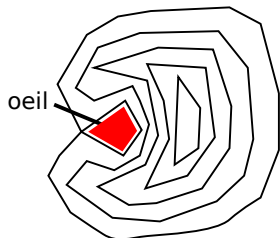


- Que des pannes (pas de départ des nœuds)
- Nécessaire pour préserver le maillage
- Si pas réparable → un autre nœud vient combler le trou

Optimisation du maillage :

- Aplatit la courbure
- Améliore la réparation





Apparition d'yeux :

- Topologie localement courbée
- Nœuds voisins dans la topologie mais distants dans le même anneau
- Voisinage inexploré

Résolution du problème :

- Détection : plus de 2 voisins dans le même anneau
- Solution : cloner le marcheur
- Yeux dans les yeux
- Marches parallèles → réduction des délais d'exploration

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Marche en spirale
Arbres de
remplissage

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Problèmes :

- Besoin de déformer la topologie pour favoriser le clonage des marcheurs et accentuer le parallélisme
- Besoin d'aplatir la topologie pour favoriser la réparation du maillage

→ Evolution vers les arbres de remplissage

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Marche en spirale
Arbres de
remplissage

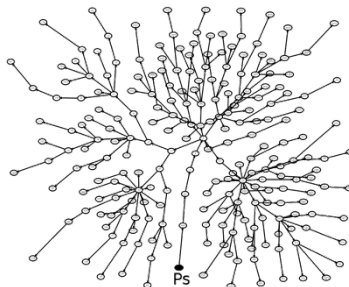
Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Arbres de remplissage :

- Pas de redondance, parallélisme, pas de cache
- Graphe planaire
- Interdiction de visiter deux fois le même nœud (Fil d'Ariane)



Maillage triangulaire :

- Exhaustivité
- Invariant : préserver le maillage (moins contraignant que pour la marche en spirale)
- Connectivité des pairs augmente avec leurs ressources
- Arrivée d'un nœud, réparation et optimisation du maillage plus simples

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Marche en spirale
**Arbres de
remplissage**

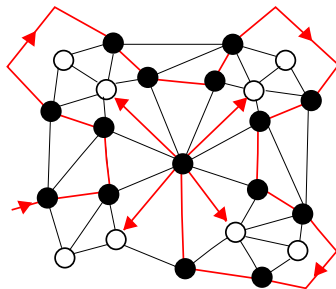
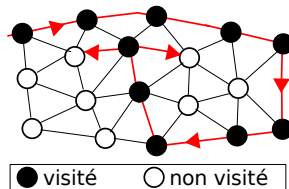
Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Principe :

- Voisinage d'un nœud = anneau
- Composantes connexes des nœuds non visités dans cet anneau
- Un marcheur dans chaque composante connexe (différentes heuristiques)
- Toutes les composantes connexes sont fermées sauf une



Introduction

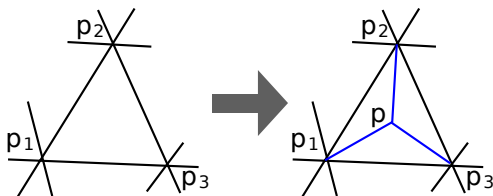
Stratégies
d'exploration non
redondante

Marche en spirale
Arbres de
remplissage

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

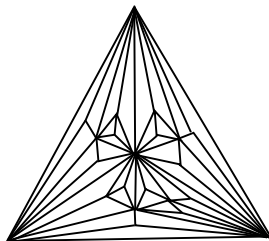
Conclusion

Références



Principe : Arrivée d'un nœud :

- *k plus vieux triangles*
- Sélection de k nœuds au hasard
- Récupération du plus vieux triangle associé à chaque nœud
- Connexion aux 3 nœuds du plus vieux triangle parmi les k



Introduction

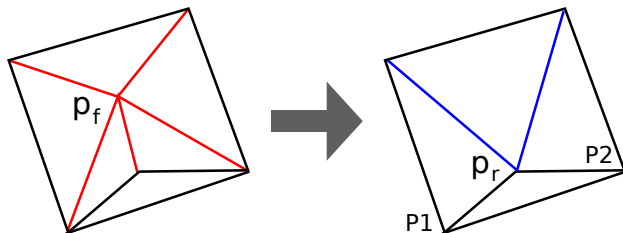
Stratégies
d'exploration non
redondante

Marche en spirale
**Arbres de
remplissage**

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références



Panne d'un nœud :

- Valence de 3 \rightarrow pas de réparation (plus de $\frac{2}{3}$ des cas)
- Connaissance à 2 sauts
- Choix du remplaçant : message propagé dans le voisinage de P_f (utilisation d'heuristiques)
- Le remplaçant P_r ne doit avoir que 2 voisins communs avec P_f
- P_r se connecte à tous les anciens voisins de P_f sauf P_1 et P_2
- Optimisation : échange de voisinage

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondanteMarche en spirale
Arbres de
remplissageRéplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

LightFlood [6] :

- Topologie : construction d'un arbre
- Inondation dans un arbre → pas de redondance mais topologie fragile
- Au début inondation classique (peu redondant) puis inondation dans l'arbre (plusieurs graines)
- Nécessite un cache pour stocker les requêtes déjà vues et éliminer la redondance dans l'arbre
- Perte d'exhaustivité : collisions dans l'arbre

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Marche en spirale
Arbres de
remplissage

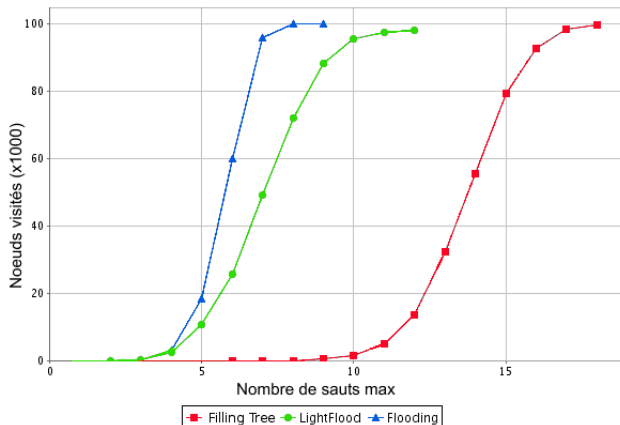
Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Etude de la couverture en milieu statique :

Adapnet



- Délais d'exploration supérieurs par rapport à Lightflood
- Exploration exhaustive par rapport à Lightflood

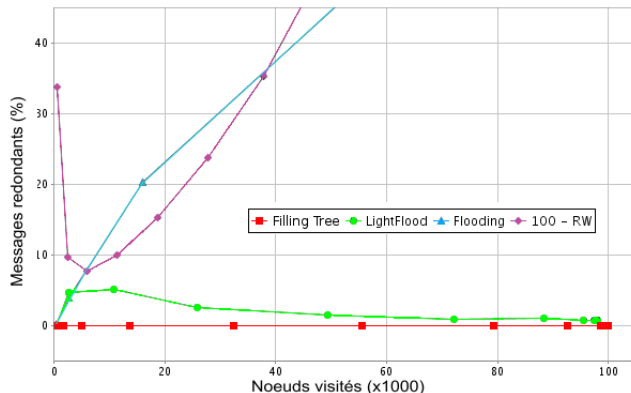
Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondanteMarche en spirale
**Arbres de
remplissage**Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Etude de la redondance en milieu statique :



- Plus le nombre de nœuds à atteindre est important, plus l'écart se resserre
- Pas besoin de cache sur les nœuds pour écarter les requêtes déjà vues

Introduction

Stratégies d'exploration non redondante

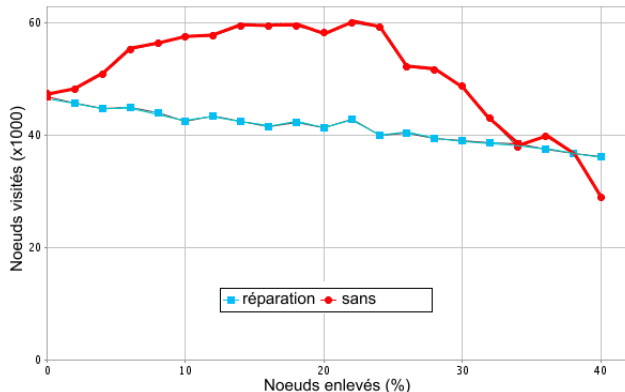
Marche en spirale
Arbres de remplissage

Réplication proactive
uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

Couverture à TTL constant en milieu dynamique :



- Trous dans le maillage augmentent le parallélisme
- Forme du réseau → pas de redondance
- Propriété intéressante pour un réseau dynamique
- Perte d'exhaustivité qui augmente avec le nombre de trous

Introduction

Stratégies d'exploration non redondante

Marche en spirale
Arbres de remplissage

Réplication proactive uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

- 1 Introduction
 - Stockage distribué
 - P2P centralisé
 - P2P structuré
 - P2P non structuré
- 2 Stratégies d'exploration non redondante
 - Marche en spirale
 - Arbres de remplissage
- 3 Réplication proactive uniforme par estimation de densité
- 4 Conclusion

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

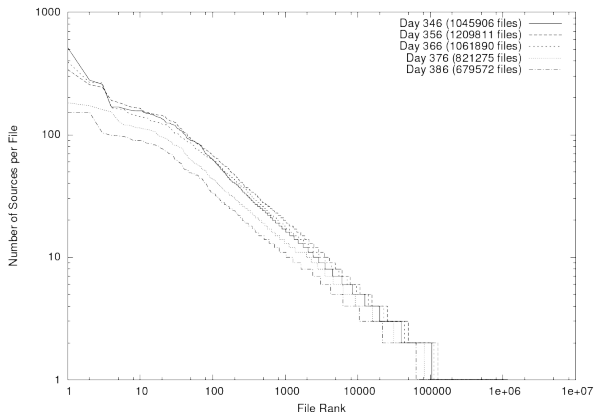
**Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité**

Conclusion

Références

Dans des système de partage de fichiers :

- Les copies des données sont créées par les utilisateurs qui téléchargent les données
- Les données ne sont pas toutes aussi populaires [2]



Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

**Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité**

Conclusion

Références

Réplication uniforme :

- Toutes les données possèdent le même nombre de copies
- Minimise la taille de l'espace à explorer pour décider du rejet d'une requête
- Existe pour les architectures P2P structurées mais pas pour celles non structurées

Réplication proactive :

- On réplique les données avant qu'elles ne disparaissent
- Consommation de bande passante plus élevée mais mieux répartie
- Existe pour les architectures P2P structurées mais pas pour celles non structurées

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Principe :

- Les utilisateurs mettent à disposition un cache utilisé par le système
- Pour chaque nœud : estimation de la densité des réplicas au voisinage
- Exploration du voisinage et dénombrement du nombre de réplicas de chaque donnée
- Les données peu répliquées sont copiées dans les caches d'autres nœuds
- Politique de gestion de cache : suppression des données qui ont la plus forte densité
- Possibilité de paramétrer la taille de l'espace d'échantillonnage

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Mesure de l'uniformité de la réplication avec l'écart type relatif des quantités de rélicas de chaque donnée

Pour les arbres de remplissage :

- Propagation suivant le plus grand voisinage à 2 sauts → l'écart type relatif des quantités de rélicas augmente !
- Propagation suivant le plus petit voisinage à 2 sauts offre les meilleures performances pour la réplication uniforme
- Délais d'exploration plus élevés mais moins gênant pour la réplication qui tourne en tâche de fond que pour une recherche immédiate

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

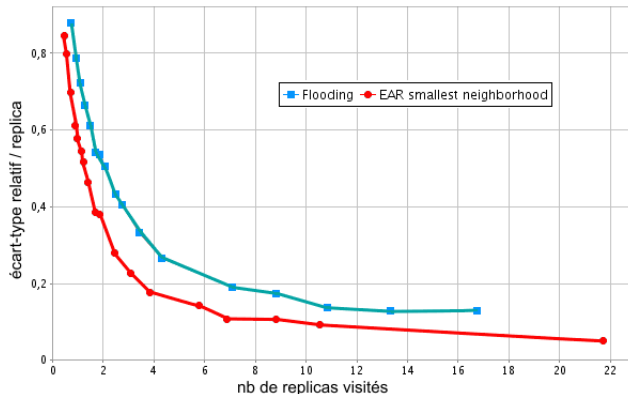
Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Exploration nécessaire en milieu statique :

Adapnet



- Besoin de visiter 4 nœuds avec EAR, 8 avec l'inondation
- Ecart dû à la taille de l'espace d'échantillonnage qui varie plus pour l'inondation ?

Introduction

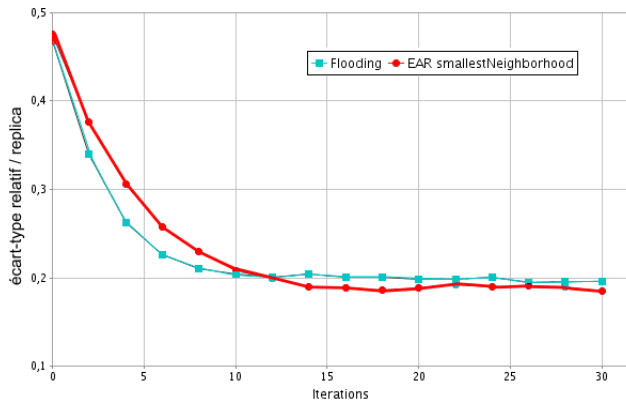
Stratégies d'exploration non redondante

Réplication proactive uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

Uniformité de la réplication en environnement dynamique :



- Réplication tous les 10% de nœuds renouvelés
- Les nouveaux nœuds ont des caches vides
- Phase transitoire puis régime permanent

Introduction

Stratégies d'exploration non redondante

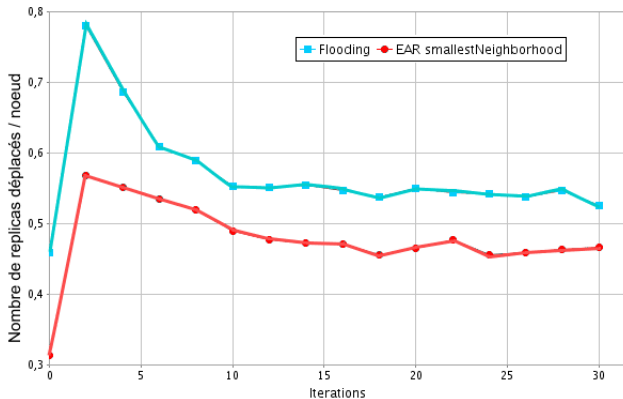
Réplication proactive uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

Coût de la réplication en environnement dynamique :

Adapnet



- Réplication tous les 10% de nœuds renouvelés
- Les nouveaux nœuds ont des caches vides
- Gain important par rapport à l'inondation

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

- 1 Introduction
 - Stockage distribué
 - P2P centralisé
 - P2P structuré
 - P2P non structuré
- 2 Stratégies d'exploration non redondante
 - Marche en spirale
 - Arbres de remplissage
- 3 Réplication proactive uniforme par estimation de densité
- 4 Conclusion

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Synthèse :

- Réseaux P2P non structurés
- Retrouver l'information
- Assurer la disponibilité de l'information

Marche en spirale :

- Utilisable pour la réplication
- Problème pour la recherche car délais trop longs

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Exploration par arbre de remplissage :

- Topologie dédiée mais peu coûteuse à maintenir
- Peu de réparation à effectuer
- Les nœuds ayant plus de ressources ont une plus grande connectivité
- Fonctionne en environnement dégradé (trous non réparés)
- Recherche : propagation en fonction du plus grand voisinage à 2 sauts
- Réplication : propagation en fonction du plus petit voisinage à 2 sauts
- Performances dépendantes des nœuds de haute valence
→ faible résistance aux attaques ciblées

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Réplication proactive uniforme par estimation de densité :

- Etude préliminaire : données de taille homogène
 - Pas adaptée à des faibles taux de réplication (exploration trop coûteuse)
 - Le problème devient l'élimination de la redondance
 - Les arbres de remplissage ne nécessitent pas de cache
 - Possibilité d'utiliser plusieurs heuristiques → plus souple que l'inondation
 - Taille de voisinage à peu près homogène avec l'heuristique du plus petit voisinage à 2 sauts
- Meilleures performances que l'inondation dans certains cas

Introduction

Stratégies d'exploration non redondante

Réplication proactive uniforme par estimation de densité

Conclusion

Références

Arbres de remplissage :

- Pannes simultanées dans un voisinage à régler
- Placement des nœuds ayant le plus de ressources à certains endroits
 - Récompenser les nœuds qui contribuent
 - Améliore la résistance aux pannes et aux attaques

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Réplication proactive uniforme :

- Réglage adaptatif de la taille de l'espace d'échantillonnage
- Fragmentation des données
- Mise à jour des versions des réplicas
- Combiner réplication et anticipation de requêtes (apprentissage du profil de l'utilisateur)

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

- [1] Clip2.
The gnutella protocol specification v0.4, 2002.
- [2] S.B. Handurukande, A.M. Kermarrec, F. Le Fessant, L. Massoulié, and S. Patarin.
Peer sharing behaviour in the edonkey network, and implications for the design of server-less file sharing systems.
SIGOPS Oper. Syst. Rev., 40(4) :359–371, 2006.
- [3] O. Heckmann and A. Bock.
The edonkey 2000 protocol.
Technical report, 2002.
- [4] Ipoque.
The impact of p2p file sharing, voice over ip, skype, joost, instant messaging, one-click hosting and media streaming such as youtube on the internet, oct 2007.
- [5] Itwire.
Itwire homepage, 2007.
<http://www.itwire.com/content/view/10211/53/1/0/>.
- [6] S. Jiang, L. Guo, X. Zhang, and H. Wang.
Lightflood : Minimizing redundant messages and maximizing scope of peer-to-peer search.
IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 19(5) :601–614, 2008.
- [7] J. Liang, R. Kumar, and K. Ross.
Understanding kazaa, 2004.
- [8] M.Desbrun, M. Meyer, P. Schröder, and A.H. Barr.
Discrete differential-geometry operators for triangulated 2-manifolds.
pages 35–57. Springer-Verlag, 2002.

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

- [9] Napster.
Napster homepage, 2001.
<http://www.napster.com/>.
- [10] C.G. Plaxton, R. Rajaraman, and A.W. Richa.
Accessing nearby copies of replicated objects in a distributed environment.
In *ACM Symposium on Parallel Algorithms and Architectures*, pages 311–320, 1997.
- [11] J.A. Pouwelse, P. Garbacki, D.H.J. Epema, and H.J. Sips.
The Bittorrent P2P file-sharing system : Measurements and analysis.
In *4th Int'l Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS)*, feb 2005.
- [12] S. Ratnasamy, P. Francis, M. Handley, R. Karp, and S. Shenker.
A scalable content addressable network.
Technical Report TR-00-010, Berkeley, CA, 2000.
- [13] A. Rowstron and P. Druschel.
Pastry : Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems.
Lecture Notes in Computer Science, 2218, 2001.
- [14] S. Saroiu, K. Gummadi, and S. Gribble.
Measuring and analyzing the characteristics of napster and gnutella hosts, 2003.
- [15] I. Stoica, R. Morris, D. Karger, M.F. Kaashoek, and H. Balakrishnan.
Chord : A scalable peer-to-peer lookup service for internet applications.
In *SIGCOMM '01 : Proceedings of the 2001 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications*, pages 149–160, New York, NY, USA, 2001. ACM.
- [16] B.Y. Zhao, J.D. Kubiatowicz, and A.D. Joseph.
Tapestry : An infrastructure for fault-tolerant wide-area location and routing.
Technical Report UCB/CSD-01-1141, UC Berkeley, apr 2001.

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références

Dans le cas de maillages triangulaires sur une 2-variété, l'opérateur de courbure gaussienne en un sommet x est donné par [8] :

$$\kappa_G(x) = \frac{2\pi - \sum_{j=1}^{\#f} \theta_j}{A_{Mixed}}$$

- $A_{Mixed} \geq 0$
- $\#f$: nombre de triangles
- On considère que toutes les arêtes ont la même longueur
→ $\forall j \in [1..f], \theta_j = \frac{\pi}{3}$

→ $\kappa_G(x)$ est du signe de $\frac{\pi}{3}(6 - f)$

Introduction

Stratégies
d'exploration non
redondante

Réplication
proactive
uniforme par
estimation de
densité

Conclusion

Références