

# P2P サービスにおける 物理ネットワークを考慮した 論理トポロジー設計手法

後藤 嘉宏

大阪大学 大学院基礎工学研究科

情報数理系専攻 博士前期課程

E-mail: [y-gotou@ics.es.osaka-u.ac.jp](mailto:y-gotou@ics.es.osaka-u.ac.jp)

# 研究の背景

- P2P サービス
  - Napster, Gnutella, Freenet など
  - サービス提供に特定の端末を必要としない
  - 各端末 (ピア) で論理ネットワークを構成し、資源を共有
  - 発展段階にあり通信品質が十分でない
    - 物理ネットワークの特性を考慮していない

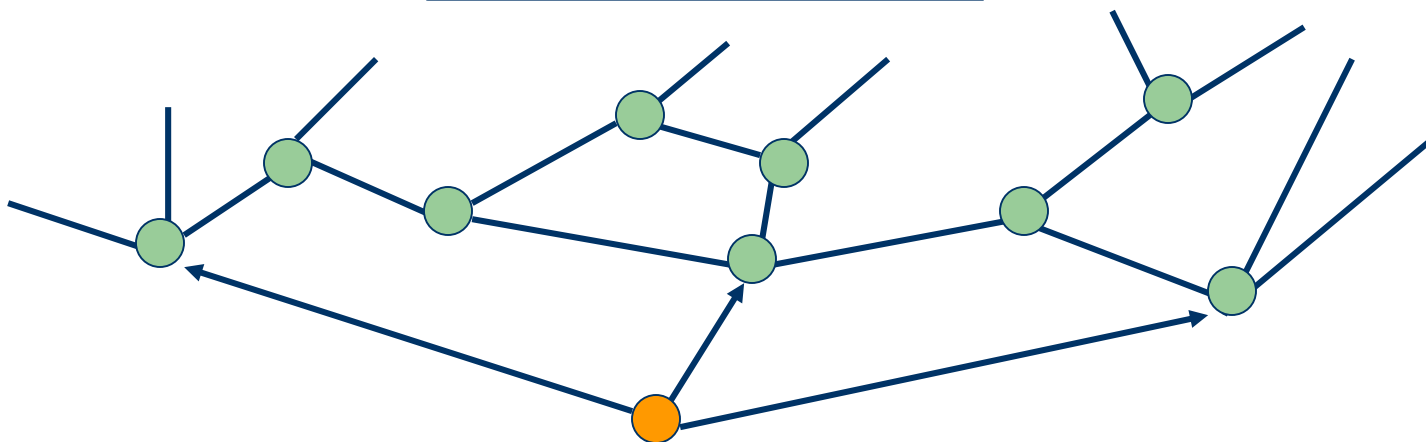
# P2Pサービス

- Gnutella を対象
  - ソースコードが広く公開
  - 改変が容易
- Gnutella におけるファイル取得
  - 論理ネットワークに参加
  - ファイル問い合わせのためのメッセージ送信
  - 目的ピアに接続しファイルを取得

## 論理ネットワークへの参加

- ネットワーク上へのピアへ接続
- 接続ピアの障害に備え複数ピアへ接続

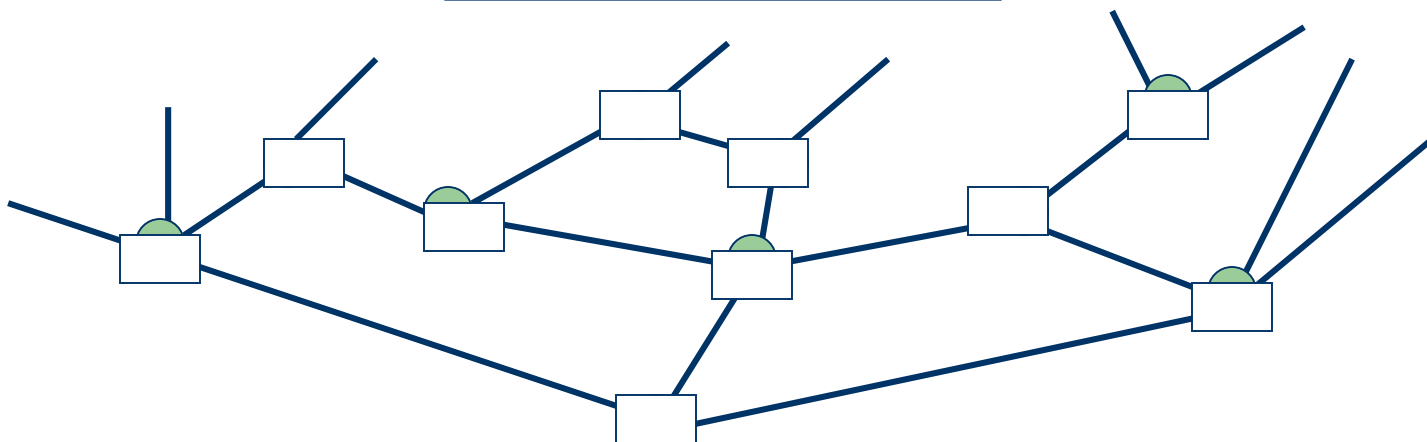
Gnutella 論理ネットワーク



## 問い合わせメッセージの送信

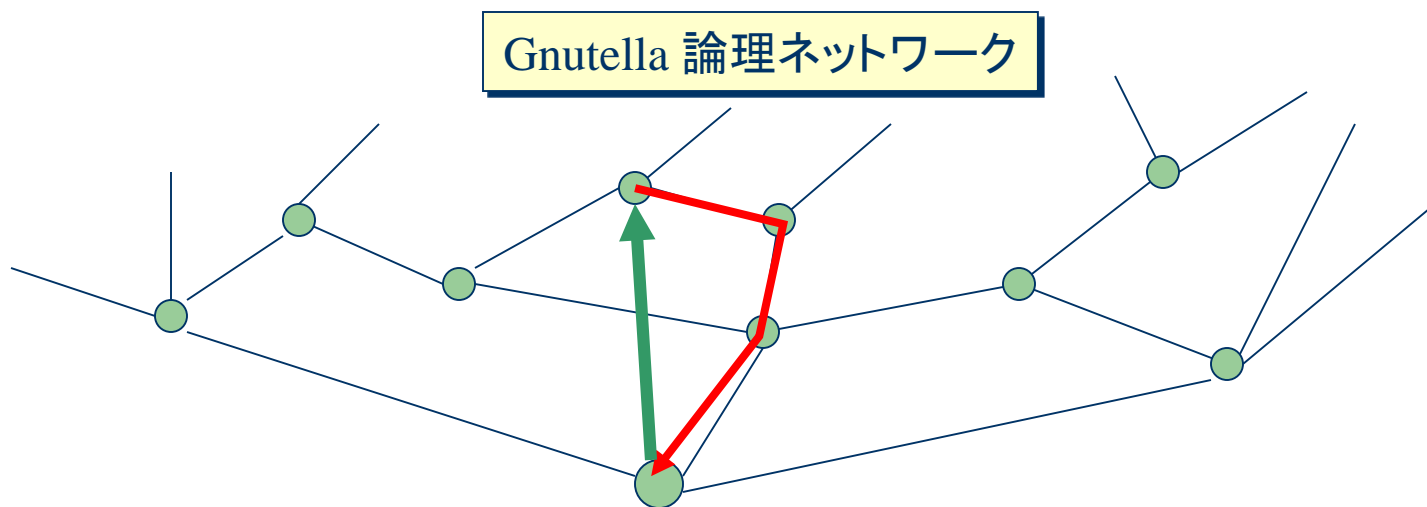
- ファイル名をキーとするクエリ(問い合わせ)メッセージを接続ピアに送信
- 各ピアは送られてきたクエリメッセージを隣接ピアに転送

Gnutella 論理ネットワーク



## 目的ピアへの接続とファイル取得

- クエリメッセージを受信したピアに該当ファイルが存在すれば、返答メッセージを送信
- 受信した応答メッセージの送信ピアに対して接続し、ファイルを取得
- 複数のピアからの応答メッセージが到着した場合
  - ピア(ユーザ)が判断し、接続ピアを決定



# 通信品質を考慮した P2P サービス

- 通信品質を向上させるための改善点
  - 論理ネットワークに参加
    - より広い到達範囲
  - ファイルの問い合わせ
    - より安定した論理ネットワークの接続性
  - ピアへの接続とファイル取得
    - 高速なファイル転送と安定した通信

# 研究の目的

- 物理ネットワーク特性を考慮した論理ネットワーク構築手法
  - ネットワーク参加時
    - 接続ピア数と選択方法
  - クエリ送出時
    - メッセージ到達範囲
    - メッセージトラヒックによる影響
  - ファイル取得時
    - ピア選択方法

トラヒック計測に基づく論理ネットワーク特性の分析



# メッセージの到達範囲

- TTL (Time To Live)
  - メッセージ送信時に設定、転送毎に1減少
  - 接続ピアとのホップ数が TTL 以内のピアと通信可能
- 同時接続数

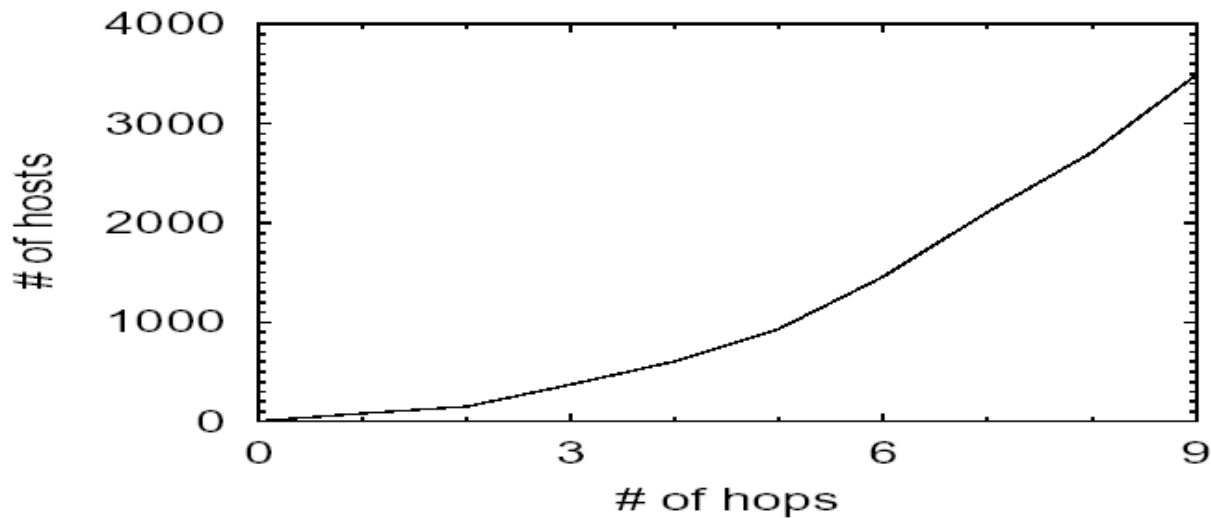
TTL, 同時接続数 を増加させることで拡大  
必要以上に大きくするとトラヒック量増大、ネットワーク負荷増

- 特性に応じて適切に設定する必要
- ネットワーク特性の分析により適切なパラメータ導出

# TTL による効果

- TTL増加に従って到達可能ピア数は増える
- TTL  $t$  での到達可能ピア数を  $r(t)$  とする

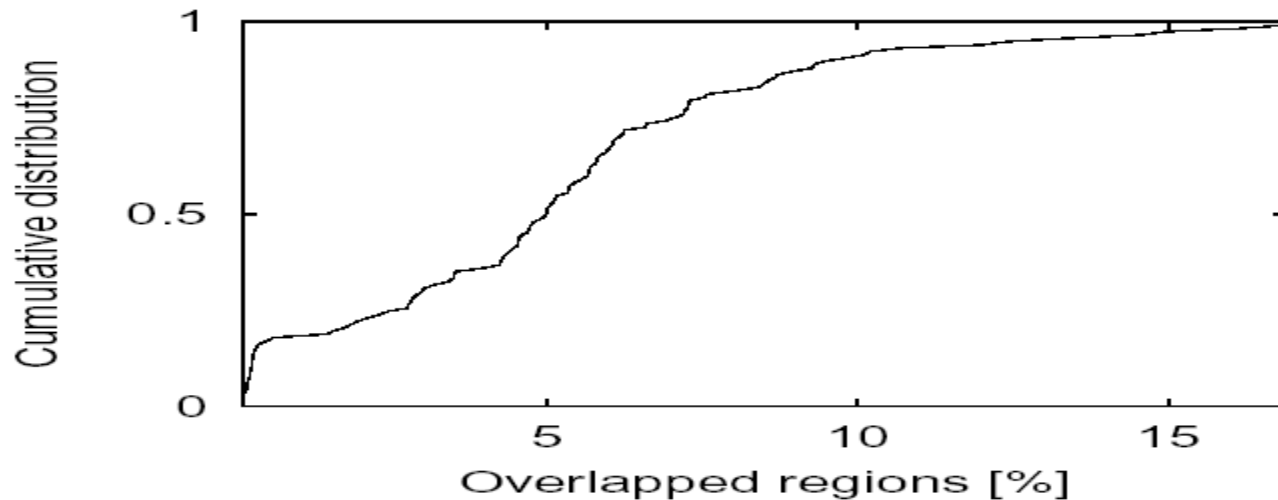
TTLと到達ピア数の関係



# 同時接続ピア数による影響

- 接続数を増やせば到達可能範囲が拡大
- 到達可能範囲の重複により効果は減少

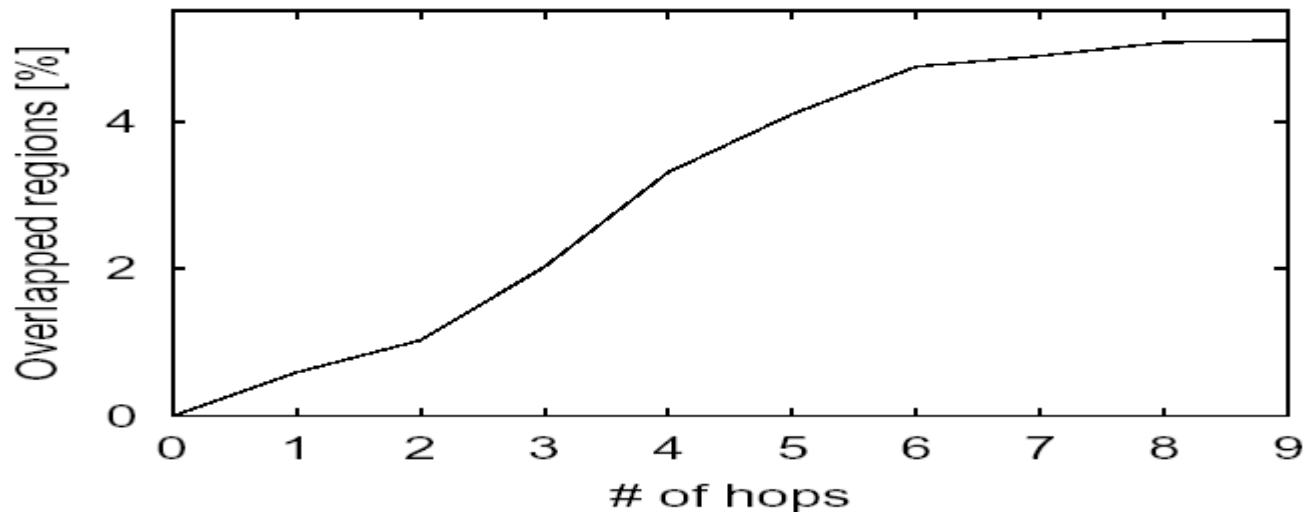
到達範囲の重複度分布



# TTL と重複部分の関係

- TTL が小さいうちは重複度も小。TTL に従って大きくなる
- TTL  $t$  での重複度を  $v(t)$  とする

TTL と重複部分の関係



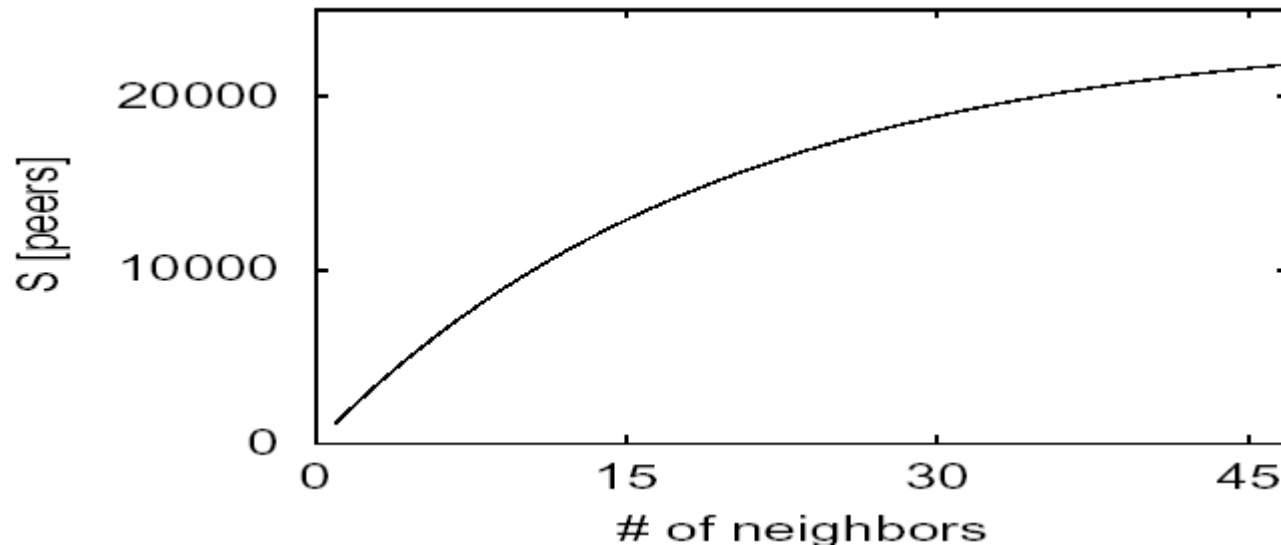
# TTL と接続ピア数による 到達範囲の導出

- $r(t)$ ,  $v(t)$ 、同時接続数  $k$  より到達可能範囲を導出

$$S(t, k) = \sum_{i=1}^k (-1)^{i-1} \binom{k}{i} v(t)^{i-1} r(t)$$

# 到達範囲数値例

同時接続数と到達範囲の関係



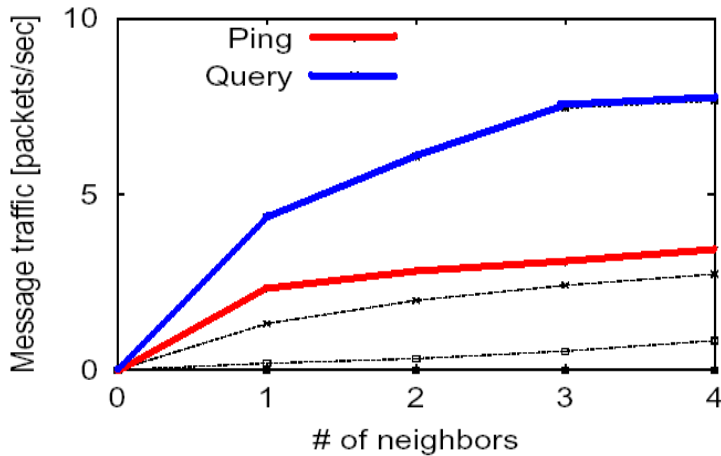
- 同時接続数 $k$ の増え方に対し、到達可能ピア数 $S$ の増え方は徐々に小さくなる
- $S$ に閾値を定め、適切な $k$ を求めることが可能

# メッセージトラヒックによる影響

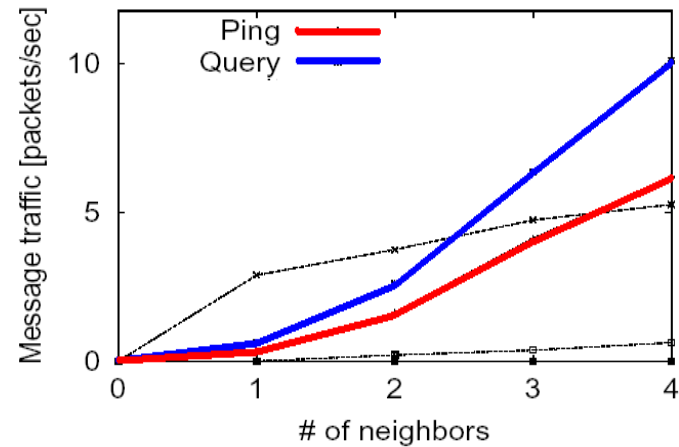
- 到達範囲が拡大する一方で、メッセージトラヒックは増大
- パラメータ設定にはメッセージトラヒックの影響も考慮すべき
- Gnutellaのメッセージ
  - Ping,Pong,Query,Query Hit,Push
  - プロトコルの転送仕様からパラメータとメッセージ量の関係を考察

# メッセージトラフィックによる影響 (Ping/Query)

- ピアに対する問い合わせメッセージ



受信メッセージ  $T(k)$



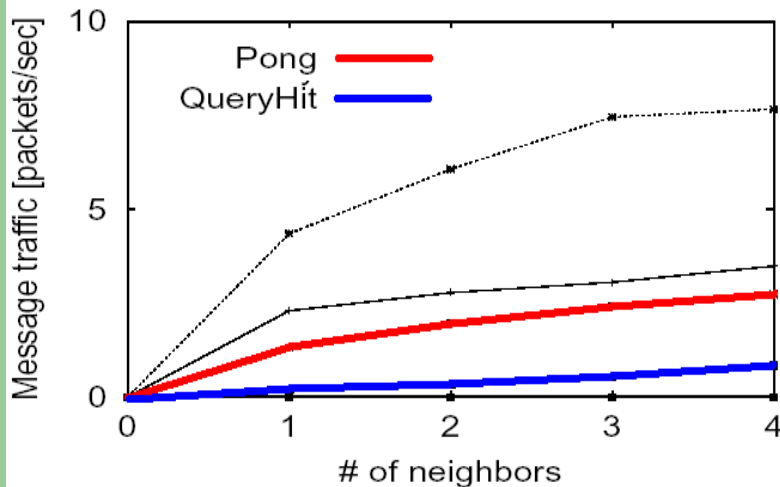
送信メッセージ  $kT(k)$

$T(k)$  : TTL=7 のときのメッセージ到達範囲

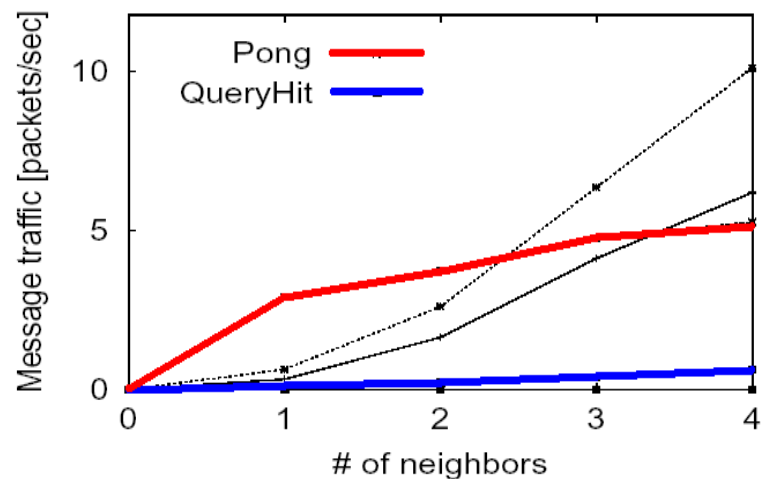


# メッセージトラフィックによる影響 (Pong/Query Hit)

- Ping, Queryに対する返答

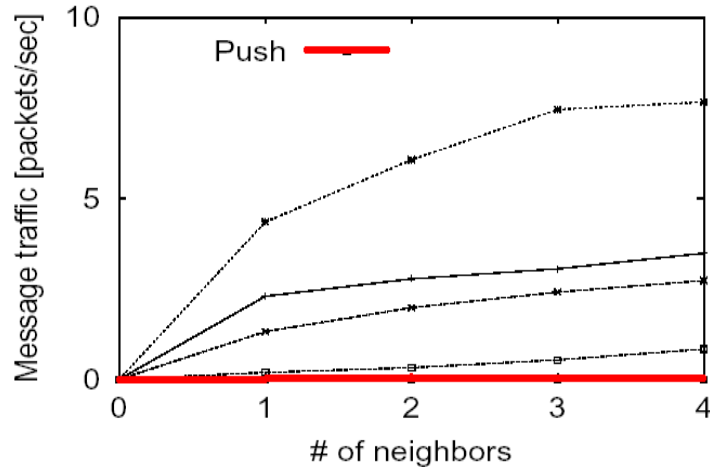


受信メッセージ  $T(k)$

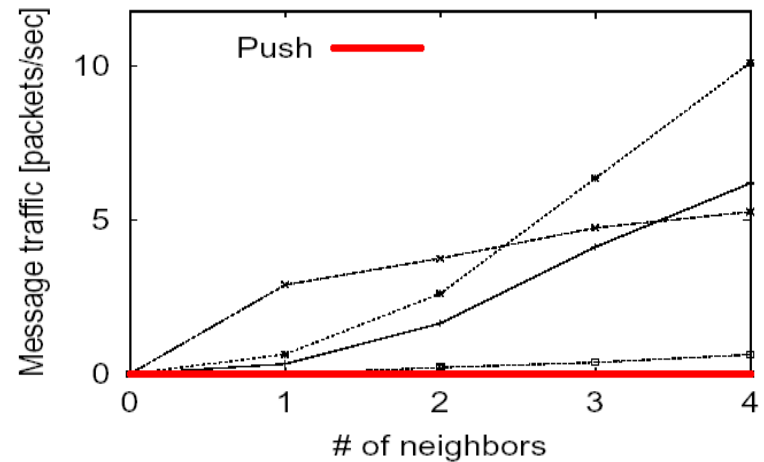


送信メッセージ  $T(k)$

# メッセージトラフィックによる影響 (Push)



受信メッセージ



送信メッセージ

- ファイル要求時に提供ピアがファイアウォール内にあるという状況のみに用いられメッセージの絶対量が少ない

# メッセージトラヒックの影響を考慮した パラメータ設定

- $t, k$  を大きくすることでメッセージ到達範囲は広くなるが、メッセージによる負荷が増大
- メッセージトラヒックが利用する上限帯域を決定し、上限内で到達範囲が広がる  $t, k$  を決定

# ネットワーク特性を考慮した ピア接続手法

- 論理ネットワーク構成のためのピア接続
- 物理ネットワークの特性を考慮することで安定した接続を維持
  - メトリック
    - ホップ数
    - 共有リンク数
    - 存在時間
    - 帯域
    - RTT

# 接続ピア選択時に 考慮するメトリック(1)

- ホップ数
  - リンク障害の影響を抑えることが期待できる
  - ネットワークの性能予測には精度が不十分
- 共有リンク数
  - リンク障害発生時のピアへの影響を軽減
  - 測定のための計算コストがやや大きい
- 論理ネットワーク上での存在時間
  - ネットワークの安定が期待できる
  - 定期的な観測が必要で、定常的な負荷が発生

# 接続ピア選択時に 考慮するメトリック(2)

- 帯域
  - 直接的な指標
  - ここで挙げた他のメトリックに対して計測のためのトラフィック消費量が多い
- RTT (Round Trip Time)
  - Pingなどで容易に直接計測可能
  - 変動が大きく誤差が生じやすい

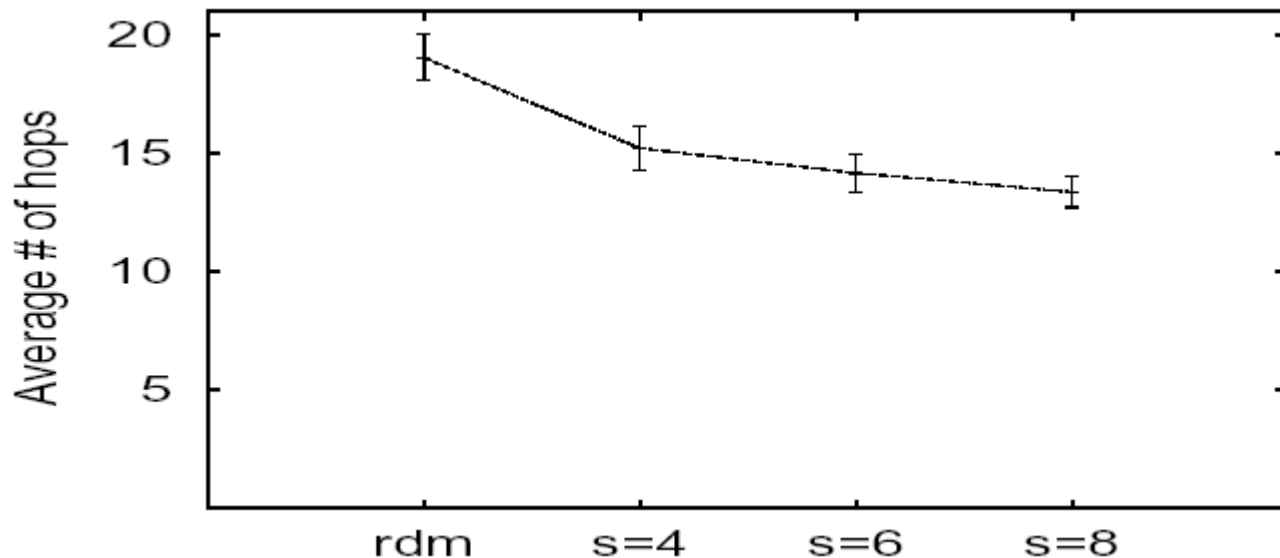
# ホップ数を考慮したピア選択手法

- ピアに到着する pong メッセージから、論理ネットワーク上の他のピア情報を記録
- 記録されたピア集合から再接続先のピアを決定
  - このときホップ数が最小のものを選択
- 記録するピア数を変化させる
  - 0 : 従来と同様ランダムにピア選択
  - 記録ピア数が 4, 6, 8 の場合を評価

# ホップ数を考慮したピア選択手法 - シミュレーション結果 -

- 500ピアのデータを用いたシミュレーションで評価
- ピア選択手法の変更により、ランダムの場合と比べてホップ数が小さい傾向になるよう影響を与えられている

ピア選択手法と平均ホップ数の関係

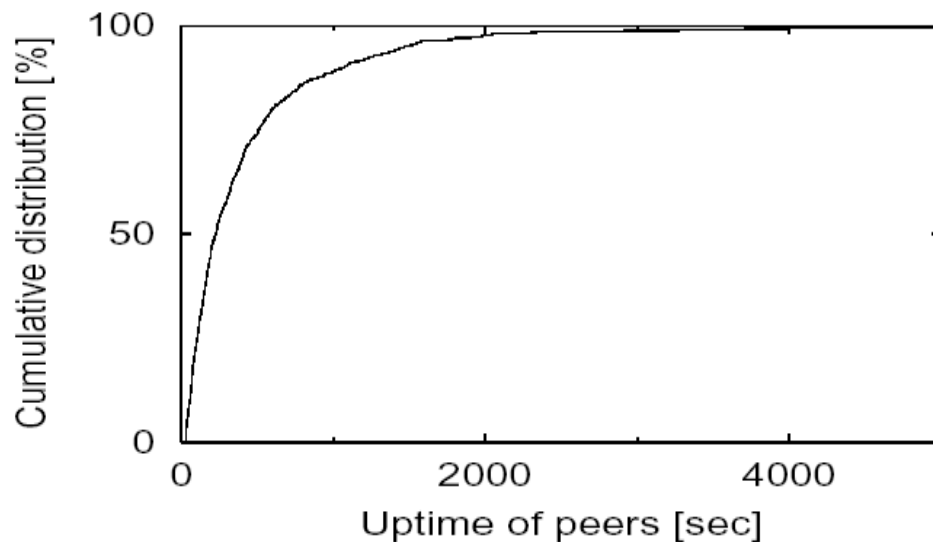




# 存在時間に基づくピア選択手法

- 論理ネットワーク上における存在時間が長いピアを選択
  - 存在時間が長いピアはその先も存在している可能性が高く、安定した接続が期待できる

ピア間接続持続時間分布



多くは短時間で接続が失われる  
残りの一部は長時間の接続が保たれる

# 存在時間に基づくピア選択手法

- キャッシュ上の各ピアについて、pongメッセージにより存在を確認して存在期間を記録
- 再接続時に確認されている存在期間が最長のものを選択
- 存在時間にもとづくピア選択により、ピアに対する接続性が向上
  - 平均接続時間の増大
  - 再接続回数の減少

	ランダム	長時間存在ピア選択
平均時間 (秒)	430	487
再接続回数 (回)	483	385

# まとめと今後の課題

- まとめ

- 論理ネットワーク構築におけるパラメータ特性を調べ、導出法を提案した
- 物理メトリックを考慮したピア選択手法を提案した
  - 物理ホップ数とピアの存在時間を例に有効性を検証

- 今後の課題

- TTL  $t$  と  $r(t)$  の関係
- パラメータと検索能力の関係から適切なパラメータ設定法を導く
- ファイル取得時のメトリックを考慮したピア選択