



Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

フロー特性を考慮した最長一致 検索アルゴリズムの性能評価



川辺 亮

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: r-kawabe@ics.es.osaka-u.ac.jp



発表の内容

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

Imagine all the people
Living for today

Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

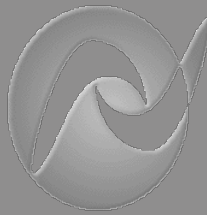
Imagine all the people
Living life in peace

Imagine no possessions
I wonder if you can
No need for great or hunger
A brotherhood of man

Imagine all the people
Sharing in the world

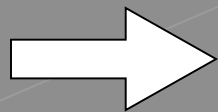
You may say I'm a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one

- 研究の背景
- 研究の目的
- 最長一致検索アルゴリズムの性能評価手法
 - 宛先アドレスのモデル化
 - 擬似トラヒックの生成
- シミュレーションによる評価結果
- 解析による評価結果との比較
- まとめと今後の課題



研究の背景

- 高速かつ広帯域なネットワークの要求
 - 回線容量の増加とルータの性能向上
- ルータの最長一致検索処理
 - アドレス検索やフロー識別が目的
 - 様々なデータ構造やアルゴリズムの提案
 - 目的に応じたものを選択する必要性



実用時の性能を予測することが重要



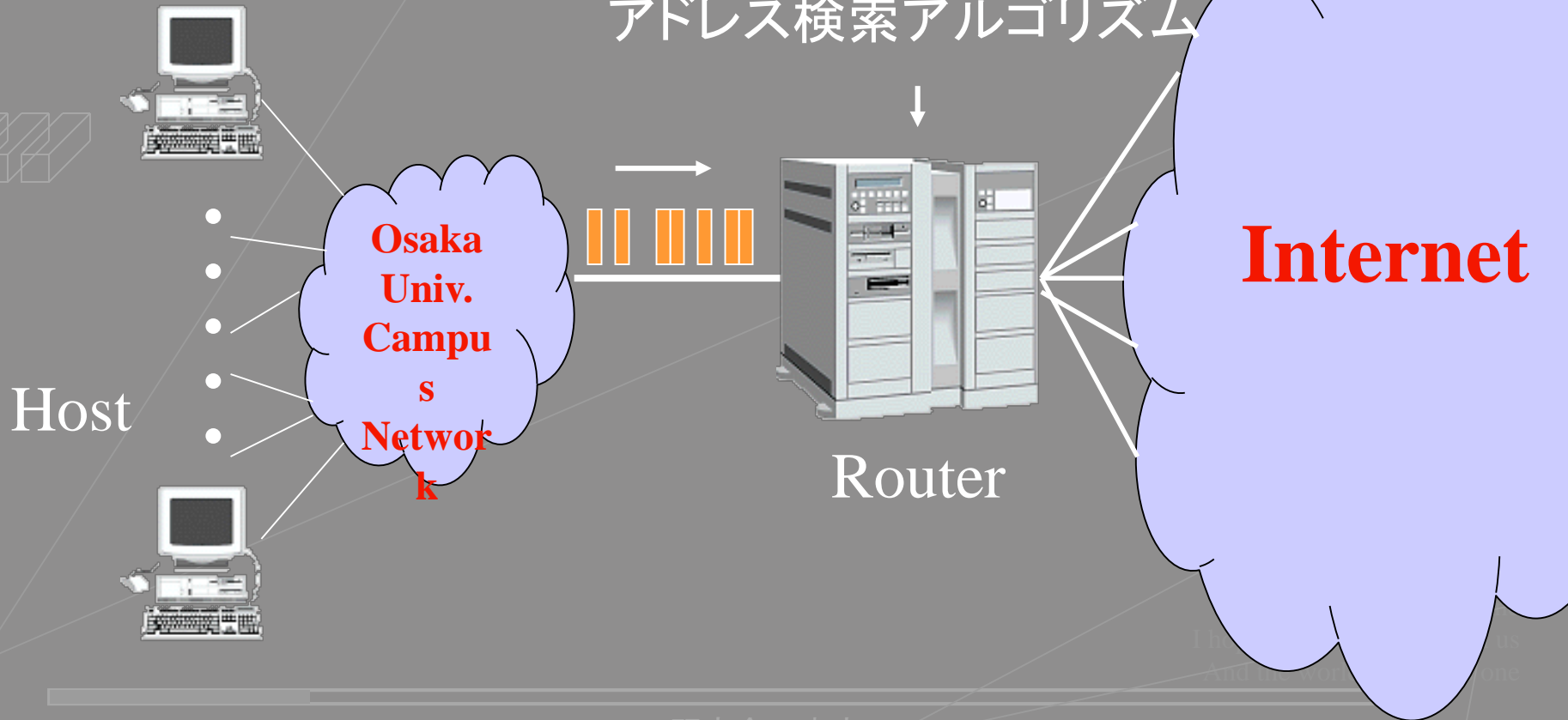
研究の目的

- 最悪時の性能や限られた状況下での平均的な性能の予測が従来行われてきた
 - 実用されたときの性能とは差がある
- 実際のトラヒック特性を考慮した定常時の性能予測
 - トラヒック特性から構築されたモデルを利用し、少量のトレースデータからルータへの入力トラヒックを擬似的に生成
 - シミュレーションや解析による性能評価



適用例

性能評価を行う
アドレス検索アルゴリズム





性能評価手法の概要

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

Imagine all the people
Living for today

Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

Imagine all the people
Living life in peace

Imagine no possessions
I wonder if you can
No famine or hunger
No tear or sorrow
No knowledge of man's

Imagine all the people
Sharing in the world

You may say I'm a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one

- 宛先アドレスのモデル化

- ISGF

- 擬似トラフィック生成

- AGP, AGF

- 擬似トラフィックを入力としてアドレス検索アルゴリズムの動作シミュレーション



宛先アドレスのモデル化

- パケット宛先アドレス生成アルゴリズム[1]を使うことで、到着パケットの宛先アドレスをモデル化
 - ISGFに時間推進不変性を仮定
 - LRUスタックモデルを利用することにより宛先アドレスを生成

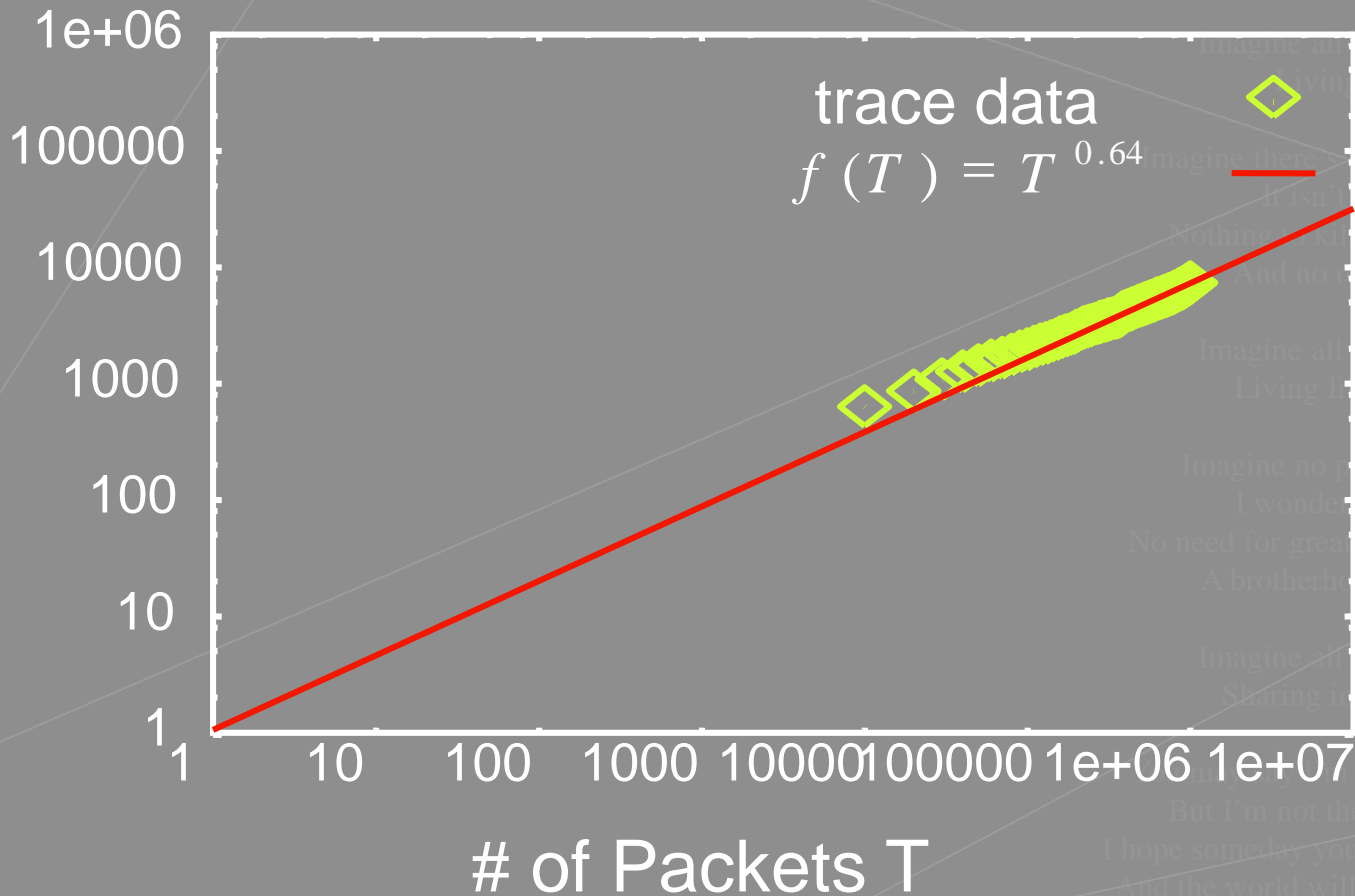
[1] 会田 雅樹, 安部 哲哉, “パケット宛先アドレス生成アルゴリズム,”
IEICE Tech. Rep. (IN99-91), pp. 19-24, July 2000



パケットが持つ宛先 アドレスの特性 (ISGF)

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

of Distinct Address $f(T)$



Imagine all the people
Living here for today
Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too
Imagine all the people
Living life in peace
Imagine no possessions
I wonder if you can
No need for greed or hunger
A brotherhood of man
Imagine all the people
Sharing this world
Imagine you're a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one



性能評価手法の概要

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

Imagine all the people
Living for today

Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

Imagine all the people
Living life in peace

Imagine no possessions
I wonder if you can
No famine or hunger
No tear or sorrow
No knowledge of man

Imagine all the people
Sharing in the world

You may say I'm a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one

- 宛先アドレスのモデル化
 - ISGF

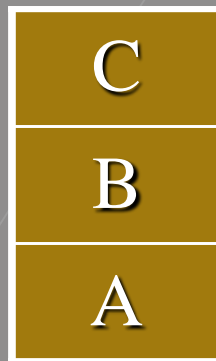
- 擬似トラフィック生成
 - AGP, AGF

- 擬似トラフィックを入力としてアドレス検索アルゴリズムの動作シミュレーション



AGP (Address Generation per Packet)

LRU
スタック



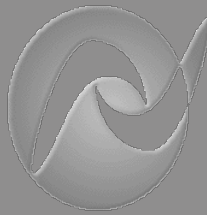
生成

トレースデータから得た宛先アドレスの集合をLRUスタックに格納

参照される確率 a_i に基づきアドレスを順次生成

生成された宛先アドレスを持つパケットを発生

$$a_i = \{ f(g(i-1) + 1) - (i-1) \} \\ - \{ f(g(i) + 1) - i \}$$



フローが持つ宛先アドレス の特性

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

Imagine all the people
Living for today

Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

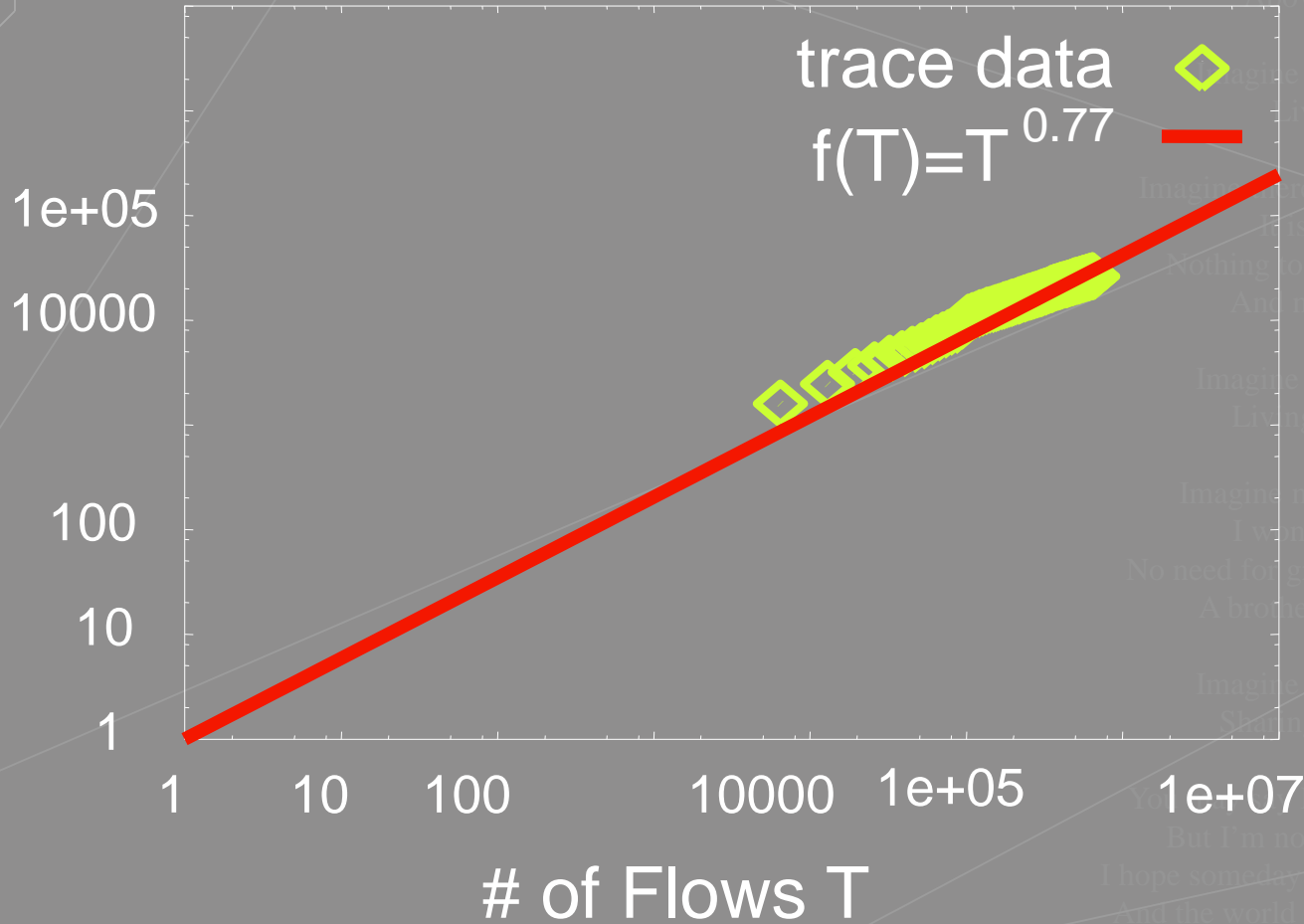
Imagine all the people
Living life in peace

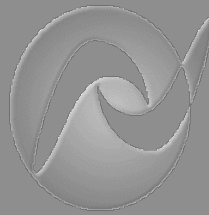
Imagine no possessions
I wonder if you can
No need for great or hunger
A brotherhood of man

Imagine all the people
Sharing in the world

You're a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one

of Distinct Address $f(T)$





AGF (Address Generation per Flow)

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

宛先アドレス フロー生成

フロー:
ポアソン到着

Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

Imagine all the people
Living life in peace

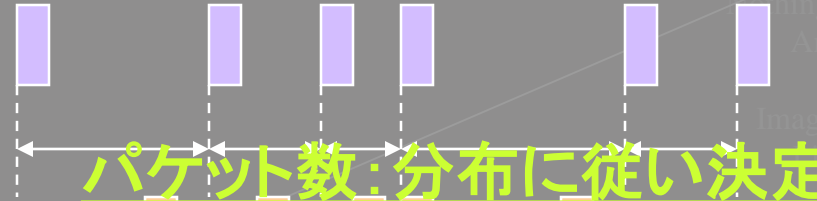
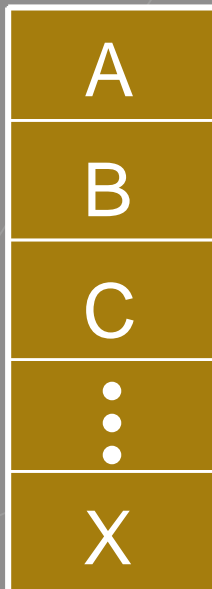
Imagine no possessions
I wonder if you can
No need for great or hunger
A brotherhood of man

Imagine all the world
Sharing in the world

You may say I'm a dreamer
But I'm not the only one
I have seen the world through
And the world will be as one



LRU
スタック



パケット数: 分布に従い決定

パケット: ポアソン到着



時刻 t



性能評価手法の概要

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

Imagine all the people
Living for today

Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

Imagine all the people
Living life in peace

Imagine no possessions
I wonder if you can
No famine or hunger
No tear or sorrow
No knowledge of man

Imagine all the people
Sharing in the world

You may say I'm a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one

- 宛先アドレスのモデル化

- ISGF

- 擬似トラフィック生成

- AGP, AGF

- 擬似トラフィックを入力としてアドレス検索アルゴリズムの動作シミュレーション



性能評価対象

- Patricia Tree 検索

- 二分木を拡張した木構造を用いたアドレス検索

- Pointer Cache 法 [2]

- CAMによる検索と Patricia Tree による検索を組み合わせたもの

[2] M. Uga, K. Shiomoto, “A fast and compact longest prefix look-up method using pointer cache for very long network address,” in *Proceedings of IEEE ICCCN '99*, pp. 1240-1247, Apr. 1999



比較対象となる他の 入カトラヒック

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

Imagine all the people
Living for today

Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

Imagine all the people
Living in peace

Imagine no possessions
I wonder if you can
No need for great or hunger
A brotherhood of man

Imagine the people
Sharing in the world

You may say I'm a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one

- Actual Traffic

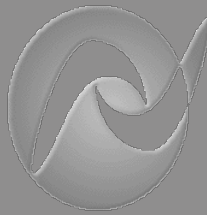
- トレースデータと同じパケット順でポアソン到着

- Random Traffic

- ランダムに決定した宛先IPアドレスを持つパケットがポアソン到着

- Trace-Random Traffic

- トレースデータに含まれる宛先アドレスを持つパケットがランダムな順にポアソン到着



シミュレーションモデル

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

- シミュレーション時間中にパケットロスの起こらない最大の到着レートを最大スループットとする
- パラメータ設定
 - フローの平均到着間隔
 - 同一フロー内の平均パケット到着間隔
 - フローごとのパケット数: 対数正規分布 + パレート分布

Imagine all the people
Living for today

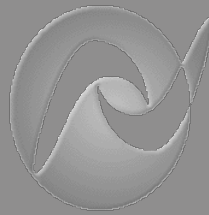
Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

Imagine all the people
Living life in peace

Imagine no possessions
I wonder if you can
No need for great or hunger
A brotherhood of man

Imagine all the people
Sharing in the world

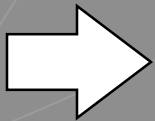
You may say I'm a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one

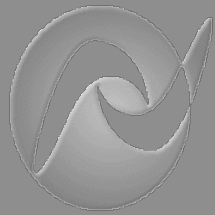


最大スループット (Patricia Tree)

	最大スループット	誤差
Actual	4.63 mpps	--
Random	8.33 mpps	79.9 %
Trace-Random	4.67 mpps	0.86 %
AGP	4.63 mpps	0.00 %
AGF	4.52 mpps	2.38 %

従来広く行われているランダムな宛先アドレス
を与える手法と比べ、Trace-Random, AGP, AGFでは大
幅な改善が見られる

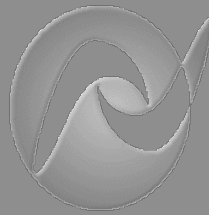




最大スループット (Pointer Cache 法)

	最大スループット	誤差
Actual	35.2 mpps	--
Random	58.8 mpps	67.0 %
Trace-Random	36.5 mpps	3.69 %
AGP	35.0 mpps	0.57 %
AGF	35.0 mpps	0.57 %

アドレス検索アルゴリズムの種類にかかわらず
この手法により最大スループットの評価は可能



入力キュー長の変動

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

Imagine all the people
Living for today

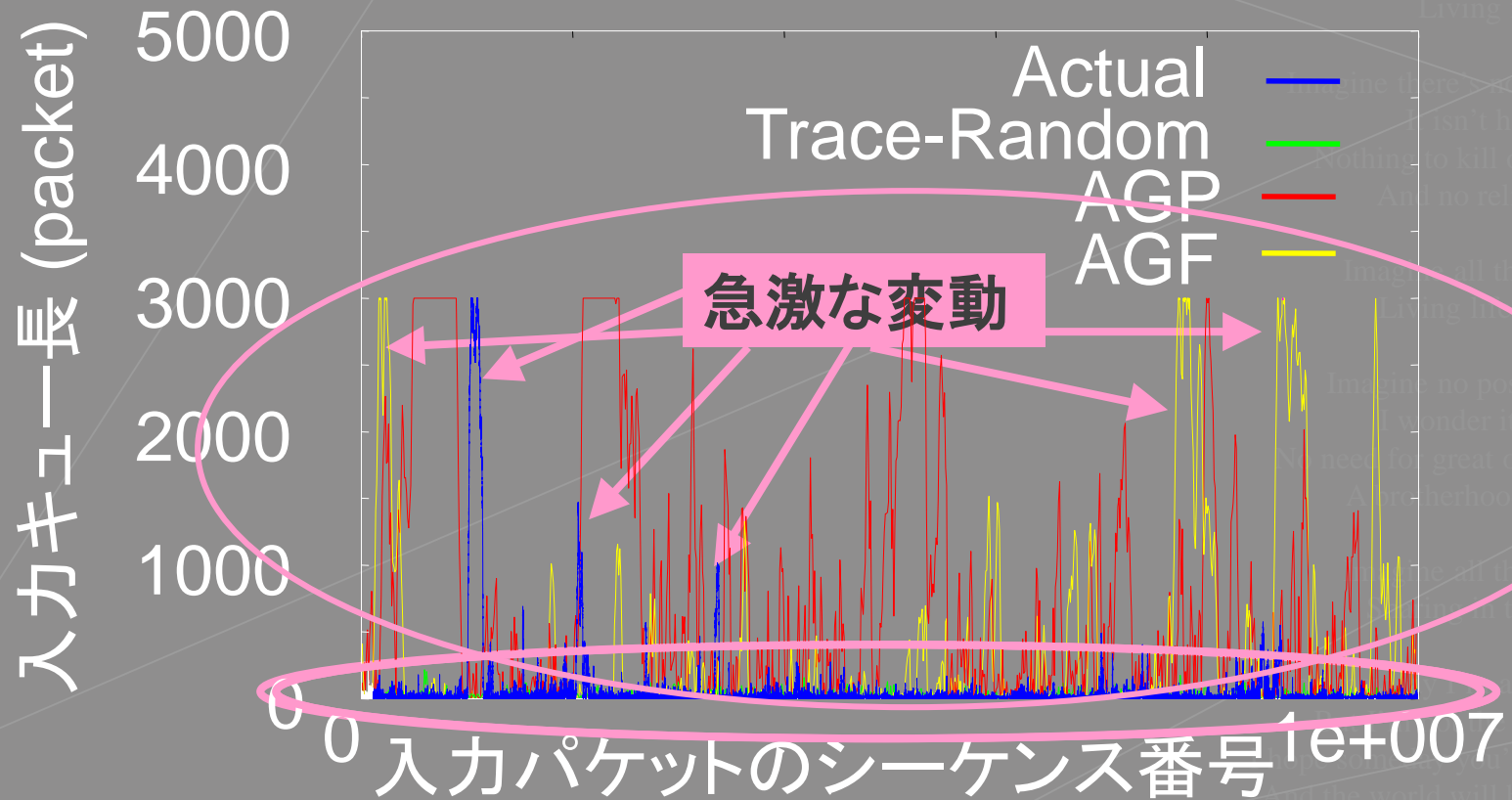
Imagine there's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

Imagine all the people
Living lives in peace

Imagine no possessions
I wonder if you can
Need for great or hunger
A brotherhood of man

Imagine all the people
Living in the world

Imagine a greater
Only one
If only we could
Imagine that Il join us
And the world will be as one





待ち行列理論を用いた解析

- シミュレーションによる性能評価
 - ネットワークの詳細な情報が分かる
 - コンピュータの計算コストが大きい
- 待ち行列理論 (M/G/1) を用いた解析による性能評価
 - コンピュータの計算コストが小さい



シミュレーション結果と解析結果 の比較(パケット転送遅延)

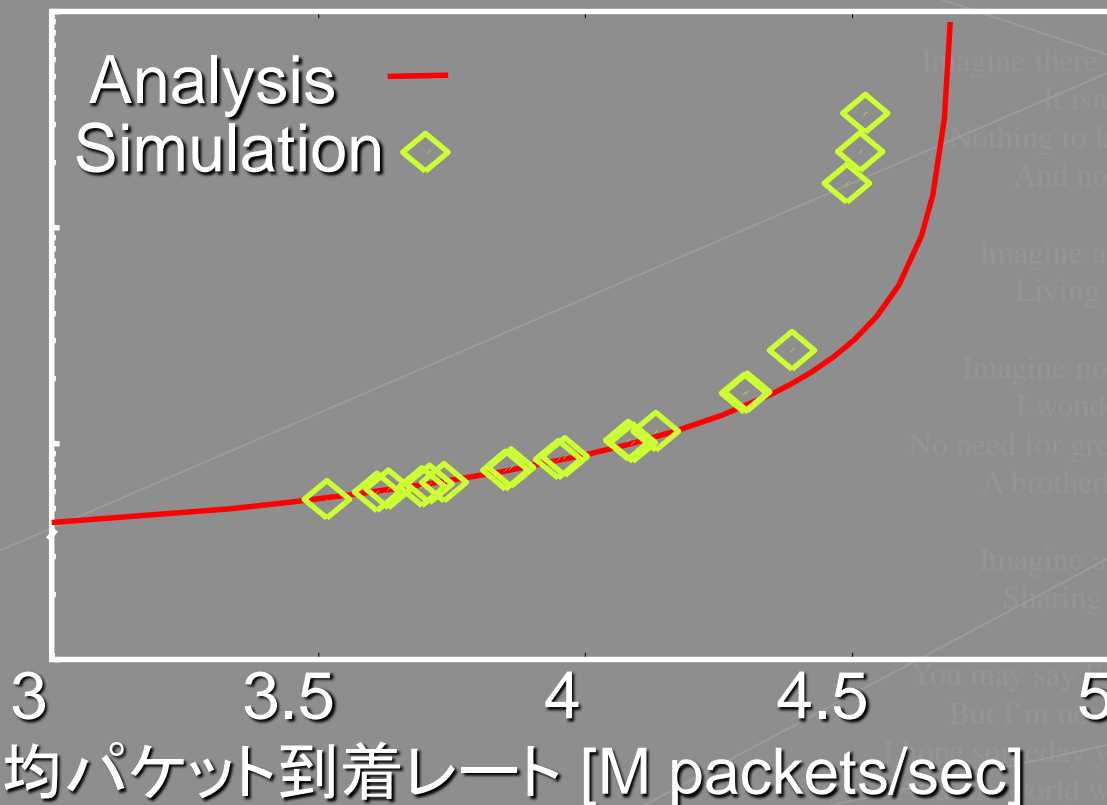
平均パケット転送遅延[nsec]

100000

10000

1000

100



平均パケット到着レート [M packets/sec]



まとめと今後の課題

Imagine there's no heaven
It's easy if you try
No hell below us
Above us only sky

- フロー特性を考慮したトラヒックを生成し、アドレス検索アルゴリズムの性能評価
 - シミュレーションによりアドレス検索アルゴリズムの性能を比較的正しく評価
 - M/G/1 による解析の問題点を指摘
 - フロー識別アルゴリズムへの応用が今後の課題

Imagine all the people
Living for today

There's no country
It isn't hard to do
Nothing to kill or die for
And no religion too

Imagine all the people
Living life in peace

Imagine no possessions
I wonder if you can
No need for great or hunger

A handful of money
Imagine the people
Sharing in the world

You may say I'm a dreamer
But I'm not the only one
I hope someday you'll join us
And the world will be as one