

Osaka University

ネットワークの相互接続構造が大域的な信頼性に与える影響の評価

大阪大学基礎工学部情報科学科
村田研究室 竹下結花

2013 / 2 / 19

Osaka University

研究の背景

- インターネットの普及と発展**
 - 利用形態の多様化による通信品質要求の多様化
 - 社会基盤として、故障耐性の重要性
- 障害発生時の信頼性を高める研究**
 - 通信機能、性能の維持

単一のネットワークが対象

↓

インターネットは、複数のネットワークが相互に接続することで構築

↓

単一のネットワークだけでなく、複数のネットワーク間の相互接続構造を考慮した信頼性の向上が求められる

Osaka University

研究の目的とアプローチ

単一のネットワークだけでなく、複数のネットワーク間の相互接続構造を考慮した信頼性の向上を目指す

ネットワーク間の相互接続構造と、障害に対する信頼性の関係を明らかにする

- 大域ネットワークの構築**
 - 一対の同一な局所ネットワークを構築
 - 局所ネットワークの階層の設定
 - 最も次数の大きいノードを最上位層とする
 - 最上位層のノードからのホップ数を、各ノードの階層とする
 - 局所ネットワーク間を様々に接続
- 障害に対する信頼性の評価**
 - 単一障害
 - 複数同時障害

Osaka University

大域ネットワークの構築手法

- ノードペア (i, j) を確率的に接続**

$$P(i, j) \propto e^{-D_{ij}/\lambda} e^{-x_{ij}/\zeta} \quad [1]$$

(λ, ζ は調整可能なパラメータ)

 - D_{ij} : (i, j) の最短経路にあるノードのうち、最も高い階層
 - x_{ij} : (i, j) 間の距離 ($x_{ij} = (d_i^2 + d_j^2 + d_{ij}^2)^{1/2}$) [1]の距離
 - j' : i の属する局所ネットワーク内で、j と同じ位置のノード
- λ, ζ の値の与え方により様々な構造を構築可能**
 - λ を大きくすると、様々な階層のノードが接続されやすい
 - ζ を大きくすると、ホップ間距離の離れたノードが接続されやすい

第 2 層のノード i と第 3 層のノード j を接続する場合の例

[1] P. S. Dodds, D. J. Watts, and C. F. Sabel, Information exchange and the robustness of organizational networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 100, pp. 12516-12521, Oct. 2003.

Osaka University

評価に用いたパラメータ設定と接続構造

- 故障耐性が高くなるパラメータ λ, ζ を調査**
 - λ, ζ の値を様々に変更し、信頼性の指標 (後述) が高くなる値を明らかにする

λ	ζ	相互接続構造
∞	∞	Random (R)
∞	0.05	Local Team (LT)
0.05	∞	Random Interdivisional (RID)
0.05	0.05	Core-periphery (CP)
0.1~0.9	0.1~0.9	Multiscale (MS)

[1] を参考に決定

[1] P. S. Dodds, D. J. Watts, and C. F. Sabel, Information exchange and the robustness of organizational networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 100, pp. 12516-12521, Oct. 2003.

Osaka University

評価環境

- 信頼性の評価指標**
 - 故障後の平均ホップ長 H : 大域ネットワーク内の任意のノードから、任意のノードまでに要する最短ホップ長の平均を表す

$$H = \frac{\sum_{i \in B} \sum_{j \in B} d_{ij}}{|B|(|B| - 1)}$$
 - N : ネットワークのノード数
 - B : ネットワークに含まれる到達可能なノード集合のうち最も大きな集合
 - d_{ij} : ノード i からノード j までの最短ホップ長
- 大域ネットワーク構築に用いた値**
 - ノード数: 1000, 2000 個
 - 平均次数: 2, 3
 - 局所ネットワーク構造: BA モデル
 - 局所ネットワーク間リンク: 50, 100, 200 本

Osaka University 7

単一障害に対する信頼性

ノードがランダムに故障していく場合の評価
(100 通りの故障パターンを試行)

- 平均ホップ長
 - CP, LT, MS (0.3,0.1) が値を低く抑えることが出来ている
 - LT はネットワークのノード数や平均次数によるばらつきがある

ノード数: 1000
平均次数: 2
局所ネットワーク間リンク: 50

ノード数: 2000
平均次数: 3
局所ネットワーク間リンク: 100

Osaka University 8

複数同時障害に対する信頼性

あるノードと、そのすべての隣接ノードが一度に故障した場合の評価
(100 通りのノードの選び方を試行)

ノード数: 2000
平均次数: 3
局所ネットワーク間リンク: 100

- 無作為にノードを選んだ場合 (■)
 - CP が MS (0.3,0.1) よりも値を低く抑えることが出来ている
- 中心部のノードを選んだ場合 (◆)
 - 無作為な場合と比べて、CP の値は悪くなっている
 - MS (0.3,0.1) は値を低く抑えることが出来ている

MS (0.3,0.1) が、ネットワークのノード数や平均次数に関わらず、安定して平均ホップ長を抑えることが出来ている

Core-periphery 構造のイメージ

Osaka University 9

まとめと今後の課題

- まとめ
 - 異なる相互接続構造を持つネットワークの障害に対する信頼性を評価
 - ネットワークの中心部およびその周辺を密に相互接続し、かつノードの位置に関わらず様々なノードを相互接続に用いることで、ネットワークの上部のみを密に接続するよりも、障害に対して高い信頼性を維持
 - 平均ホップ長を短く抑えることが出来た

- 今後の課題
 - 構造の異なる局所ネットワークを用いた場合に、どのようなノードを相互接続に用いれば信頼性が向上するかを明らかにする