

# 「準同一性」の定義に基づく ネットワーク形状の分散的管理 — 移動体通信における経路制御に向けて —

2U-4

中村 眞      藤井 章博      根元 義章

東北大学大学院情報科学研究科

## 1 はじめに

移動体通信を用いて構築された分散システムでは端末の移動に伴いネットワークの構造は時間と共に変化する。このような通信路を利用して効率良く経路制御を行うには、各分散ノードが正しいネットワークトポロジ情報を保有することが重要である。

しかし、分散システムが完全なトポロジ情報を常に保有することは通信回数が増加し困難である。そこで、本稿ではそれぞれの分散ノード近傍に着眼し、トポロジ情報の一部が真の形状に一致しているという状態を“準同一性”と定義する。この概念を用いて経路制御を実施するプロトコルを矛盾なく記述する。

## 2 移動体通信システムのモデル

無線通信網によって移動端末を相互に結合する通信システムをモデル化する。システムには集中制御をおこなう局は存在しない。ノードの個数は変化しないものとする。ネットワークの形状の変化は、緩慢である。すなわち、ある十分長い時間内にネットワーク全体で高々1つのエッジが消滅するか、あるいは新たにノード間を接続するよう出現するだけである。このような仮定の根拠は、移動体端末の移動に比べて通信速度は速いと想定している。

いま端末をノードに、双方向の通信が可能な通信路をエッジに対応させ、無向グラフで通信システムを扱うものとする。このときネットワークトポロジは隣接行列で表すことができる。時刻  $t$  におけるネットワークトポロジ情報が正確に記述で

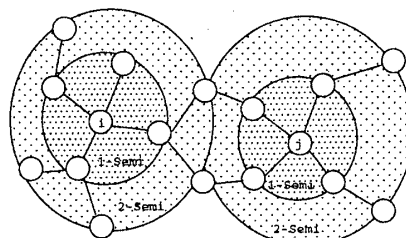


図1: ノード  $i, j$  における1次, 2次準同一性の範囲

きるとし、これを隣接行列で表したものを真のビューと呼び  $V^t$  と記述する。

つぎに時刻  $t$  におけるあるノード  $i$  で保持するネットワークトポロジを示す隣接行列を局所ビューと呼び  $v_i^t \{i \in N\}$  と記述する。

いま  $V^t = v_i^t \{v_i, t\}$  が満足される時、すなわち分散ノードがネットワークトポロジ情報を正確に把握している時、“同一性”を満足する情報を保持しているという。

一般には  $V^t$  と  $v_i^t$  を実時間で一致させることは困難であるが、個々のノード自身の近傍について正確な情報を保持すると、経路制御は実施可能となる。この考えに基づいて、次に1次準同一性と2次準同一性を定義する。

**1次準同一性** とは、全てのノードが直接通信可能な全ての接続関係を常に正しく把握している状態を指す。すなわち、 $e_i^* V^t = e_i^* v_i^t \{v_i, t\}$  が満足される時、全てのノード  $i$  で常に局所ビューの1次準同一性の保証を示す。ただし、ここで  $e_i^*$  はノード  $i$  の位置だけ“1”それ以外は“0”の縦ベクトルを意味する。

**2次準同一性** は、全てのノードが、そのノードに隣接するノード全てと、それにより中継され通信可能な接続関係について常に正しく把握している状態を指す。すなわち、 $e_j^* V^t = e_j^* v_j^t \{v_j \in \{e_i^* V^t\}, v_i, t\}$  が満足される時、全てのノード  $i$  において、2次準同一性の保証を示す。ただし、ここで  $\{e_i^* V^t\}$  は、ある局  $i$  で直接通信可能なノードの集合を意味する。

いま1次準同一性は、ノード自身が検知できる

Distributed Routing Management with Semi-Consistent Topology Informations

Makoto Nakamura, Akihiro Fujii, Yoshiaki Nemoto  
Graduate School of Information Sciences, Tohoku Univ.  
Aramaki, Aoba, Sendai, Miyagi 980-77, Japan

情報により比較的容易に実現できる。2次準同一性は、通信により検知した情報を隣接ノードに伝え、隣接ノード全てが情報を一致させる手続きにより達成される。以下では、この2次準同一性を実現する手続きを述べる。

### 3 2次準同一性を満足するプロトコルの概要

以下に移動端末上で矛盾なく2次準同一性を保証する手続きを述べる。以下の仮定を設ける。

**仮定1** システムで発生したエッジの変化はそのエッジ両端のノードで同時に即座に検知できる。

**仮定2** エッジの変化を検知したノードは、即座に局所ビューの更新が可能とする。

**仮定3** ノードは通信可能なエッジで結合された隣接する複数のノードに対して、同時に通知ができるものとする。

#### 2次準同一性を保証する手続き

1. エッジ変化を検出する。
2. 局所ビューの更新を開始する。同時に局所ビューをロックする。
3. 参照途中にロックが発生した場合、参照は中断し、更新後に再試行する。
4. 局所ビューが更新された直後、これを参照して隣接ノードに向けて同時に通知を行う。
5. 隣接ノードからエッジ変化の通知を受信すると隣接したノードは局所ビューの更新を開始する。同時に局所ビューをロックする。

この一連の手続きは連続して行う。

### 4 2次同一性の評価

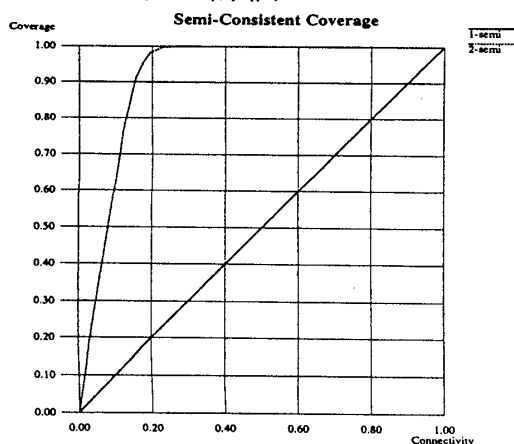


図2: 2次準同一性が占める空間

局所ビューを経路制御に利用する場合、宛先ノードまでの経路が正確に求まることが重要である。2次同一性が経路制御に効果的であるかは、この成立時に正しく把握されている経路だけで全てのノードに到達できるかにより評価できる。そこで、シミュレーションによりこれを評価する。

各ノードがある割合で均等かつランダムに別のノードへのエッジを持つ場合を考える。このような条件で、個々の局所ビューで2次準同一性の対象となるノードが全ノードに占める割合をシミュレーションした。

図2は、ノード数を100としてシミュレーションし、横軸にエッジの割合、縦軸に準同一性の対象となるノードの割合を取り、1次準同一性を実線、2次準同一性を破線で示す。個々のノードが全体の3割以上の別のノードとの間にエッジを持つ場合、2次準同一性の対象となるノードは全てのノードに及ぶ。すなわち7割の直接エッジを持たないノードに対して2次準同一性で把握されている経路で到達可能であることを示している。

### 5 むすび

本研究では近傍のトポロジ情報を一致させる“準同一性”という概念を導入した。“準同一性”は少ない通信回数で正しく獲得できる。

2次準同一性は、隣接するノードの接続関係までを正確に各ノードが分散管理する。

シミュレーションにより2次準同一性の成立によって、経路制御に必要なネットワークトポロジ情報が得られることが明らかになった。

今後は2次準同一性を実際に経路制御へ応用する場合について検討する。

### 参考文献

- [1] Lamport, L.: “Time, clocks, and the ordering of events in a distributed system.” *Commun. ACM* 21, 7 pp.558-565 (July 1978).
- [2] Neiger, G. and Toueg, S.: “Simulating synchronized clock and common knowledge in distributed systems.” *J. of ACM* 40, 3 pp.334-367 (April 1993).
- [3] Schiper, A. and Sandoz, A.: “Uniform reliable multicast in a virtually synchronous environment.” *Proc. of IEEE ICDCS-93*, pp.561-568 (May 1993)