

確率モデルに基づく相互結合網のルーティング性能評価法の検討

杉岡 純平[†] 三浦 康之^{†‡} 深瀬 尚久[‡]

湘南工科大学工学部情報工学科[†] 湘南工科大学工学研究科電気情報工学専攻[‡]

1. はじめに

ネットワーク・オン・チップ (NoC) においては、複数のプロセッサを相互に結合し、ネットワークを構成して、それらを並列に動作させ処理を行う。ネットワークの性能評価の方法として、ネットワークの負荷の量に伴うスループットとパケットの転送時間を動的シミュレーションによって評価するアプローチがある。通常はシステム内部の構造を模したシミュレーションを行っているが、現実のネットワークの動作に基づくアプローチは、シミュレーションの結果に揺らぎがあるため、信頼性にやや欠けるといえる問題がある。そこで、本研究では、確率論に基づいたアプローチにより、相互結合網の性能解析を行う。本稿では、簡単のため多段結合網を対象とし、単フリット通信を前提とした通信性能解析を行う。

2. 相互結合網のルーティング

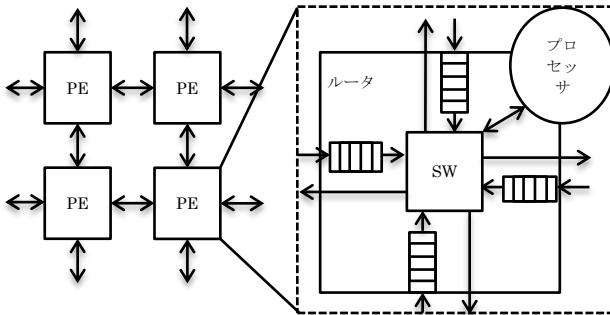


図1 相互結合網

図1に、一般的なNoCの相互結合網の構造を示す。図1のように、各PEに存在するルータによりPE間が結合している。ルータにはパケットの流れを円滑にするためのバッファが設けられている。このバッファの容量がルータの性能を左右する。従来、確率モデルに基づいた結合網の性能評価を行った例はある^[1]が、バッファの容量に着目した評価の事例はほとんど存在しない。本稿ではこの点に着目した評価を行う。

Consideration of the Routing Performance Evaluation Method for Interconnection Network Based on the Probabilistic Model
[†]Junpei Sugioka, ^{†‡}Yasuyuki Miura, [‡]Naohisa Fukase,
[†]Shonan Institute of Technology Department of Information Engineering, [‡]Shonan Institute of Technology Graduate School Department of Electricity and Information Engineering

3. 確率モデルに基づく通信性能評価

・モデルの構築

ルータには、バッファメモリが存在しているので、ルータにフリットが入ってくる確率/出て行く確率をもとに、スイッチのバッファメモリにどのくらいのデータがたまるかを確率的に計算し性能を求める。図2にバッファの構造を示す。図2のように、確率 λ でバッファにフリットが入り、確率 μ でバッファからフリットが出て行くことが可能となる。

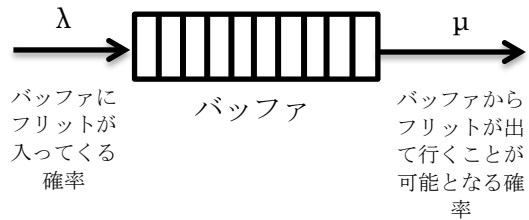


図2 バッファメモリ

バッファにいくつのフリットが存在しているかを状態として考える。Bをバッファのサイズとすると、時刻tにバッファの状態がiとなる確率 $P_t(i)$ は、

$$P_t(0) = P_{t-1}(0) \times (1 - \lambda) + P_{t-1}(1) \times \{\mu(1 - \lambda)\} \quad \dots(1)$$

$$P_t(1) = P_{t-1}(0) \times \lambda + P_{t-1}(1) \times \{1 - \lambda(1 - \mu) - \mu(1 - \lambda)\} + P_{t-1}(2) \times \{\mu(1 - \lambda)\} \quad \dots(2)$$

$$P_t(i) = P_{t-1}(i - 1) \times \{\lambda \times (1 - \mu)\} + P_{t-1}(i) \times \{1 - \lambda(1 - \mu) - \mu(1 - \lambda)\} + P_{t-1}(i + 1) \times \{\mu(1 - \lambda)\} \quad \dots(3)$$

$$P_t(B - 1) = P_{t-1}(B - 2) \times \{\lambda(1 - \mu)\} + P_{t-1}(B - 1) \times \{1 - \lambda(1 - \mu)\} - \{\mu(1 - \lambda)\} + P_{t-1}(B) \times (1 - \mu) \quad \dots(4)$$

$$P_t(B) = P_{t-1}(B - 1) \times \lambda(1 - \mu) + P_{t-1}(B) \times (1 - \mu) \quad \dots(5)$$

となる。

図3にバッファの状態遷移図を示す。図のノード中の数字はバッファの状態 (バッファに何個のフリットが入っているか) を示す。

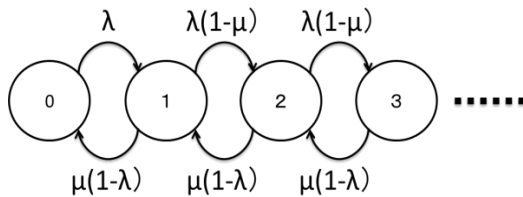


図3 状態遷移図

・スループットと通信時間

本稿の方法では、スループットはλとする。通信時間 T_t の計算式は以下ようになる。

$$T_t = \sum_{i=0}^B (i + 1) \times P_t(i) \quad \dots(6)$$

4. 性能評価

フリットレベルでのシミュレーションと確率モデルでのシミュレーションの結果の比較を行った。ここで、フリットレベルシミュレーションとは、ネットワーク中のフリットの動きを忠実に表現したソフトウェアシミュレーションである。

本実験に用いたネットワークトポロジを図4に示す。ネットワークトポロジは、3段の多段結合網である。

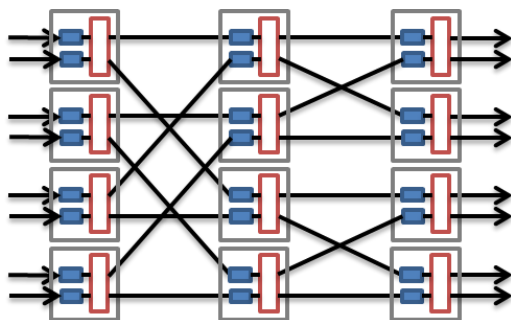


図4 多段結合網

図5~7にシミュレーション結果を示す。図に示すようにフリットレベルシミュレーションと、確率モデルシミュレーションの結果は、ほぼ一致した。

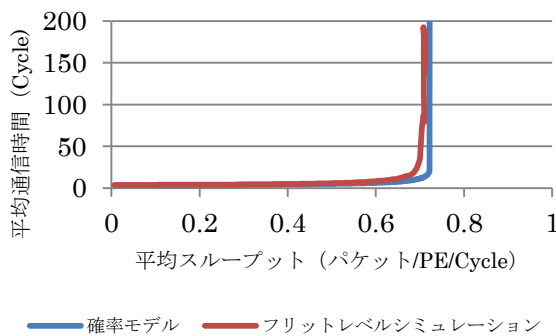


図5 両手法の比較 (バッファ数=16)

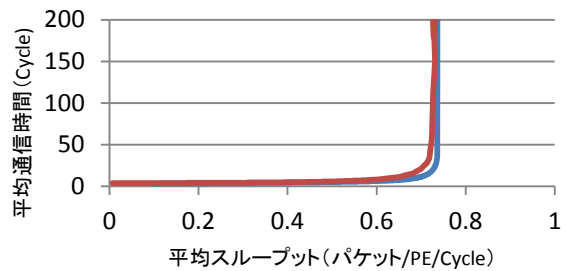


図6 両手法の比較 (バッファ数=32)

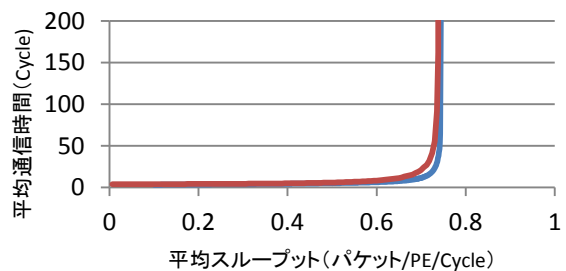


図7 両手法の比較 (バッファ数=64)

5. まとめ

本稿では確率論に基づいた相互結合網の性能解析により、バッファの容量の異なる条件での評価を行い、従来のフリットレベルシミュレーションと比較した。結果として、確率モデルによるシミュレーションと従来のフリットレベルシミュレーションの結果がほぼ一致した。今後は、ワームホールルーティング^[2]のモデルを構築する。さらに、仮想チャネルを用いたモデルを考え、リンク間共有法^{[3] [4]}の評価を行うのが最終的な目的となる。

参考文献

[1] W.J. Dally, Virtual-Channel Flow Control, IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, Vol.3, No.2, pp.194-205,1992.02.
 [2] L.M.Ni and P.K.McKinley, A Survey of Wormhole Routing Techniques in Direct Networks, IEEE Computer, pp.62-76, 1993.02.
 [3] 深瀬尚久, 三浦康之, 渡辺重佳, 直接結合網のルータ回路におけるバッファのリンク間共有法の提案, 電気学会論文誌, Vol. 132(2012), No. 10, pp.1675-1688, 2012.10.
 [4] Naohisa Fukase, Yasuyuki Miura, M.M.Hafizur Rahman, and Shigeyoshi Watanabe, The Performance Evaluation of Link-Sharing Method of Buffer in NoC Router, Proc. of 4th International Workshop on Advances in Networking and Computing, pp.567-571, 2013.12.