

直接結合ネットワークのルータ回路におけるバッファの有効利用

深瀬 尚久, 三浦 康之

湘南工科大学

1. 概要

近年、チップ内の回路 (IP コア、回路ブロック、PE、メモリ、プロセッサ) をネットワークで結合する NoC (ネットワークオンチップ) が注目されている。NoC には、配線数の削減や接続できる回路数の増加などのメリットがある反面、チップ上での面積の増加や消費電力の増加などが問題となる。その為、限られたハードウェアリソースで性能の良いルータを構成する必要がある。ネットワークオンチップにおける通常のネットワークルータは、ルータ内のチャンネルにバッファを等分に割り当てられるのが普通であるが、このような方法ではバッファの利用効率が悪くなる。そこで本研究では、ルータ内のバッファを有効的に使用する方法をいくつか提案し、シミュレーションによる実験結果を示す。

2 ルータの構造

一般的なワームホールルータを図 1 に示す [1]。ルータは、デマルチプレクサ、FIFO、クロスバスイッチ、マルチプレクサ、制御回路から構成されている。ルータのバッファは FIFO で構成されており、通常は同じ量のハードウェアリソースが割り当てられている。

図 1 のような構造では、バッファの容量が等分に割り当てられているため、使用頻度の少ないチャンネルに割り当てられたメモリの領域が有効に活用されないという問題がある。たとえば、図 2 のように、チャンネル 0 のバッファが一杯でチャンネル 1 のバッファが使用されていない場合、バッファの領域が空いているにもかかわらずチャンネル 0 のフリットがバッファに入ることができない。この場合に使用されないチャンネル 1 のバッファをチャンネル 0 のために使用することにより、バッファの利用効率の向上が狙える。

3. フリット単位のバッファ共有

3.1 提案手法の流れ

従来法の問題を解決するための第一の方法と

Buffer Utilization for Router Circuit on Direct Network
†Naohisa Fukase, Yasuyuki Miura – Shonan Institute of Technology

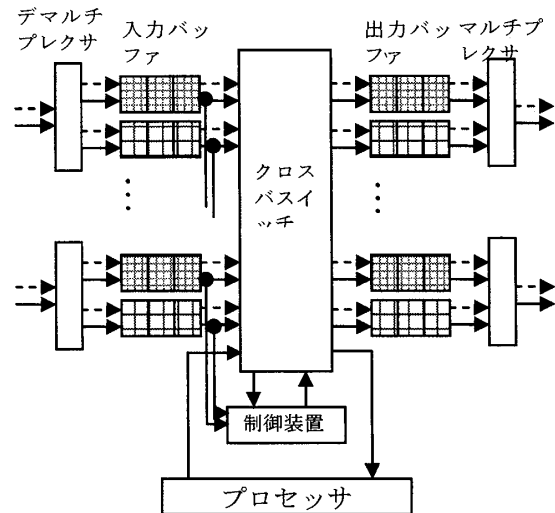


図 1 一般的なワームホールルータの構造

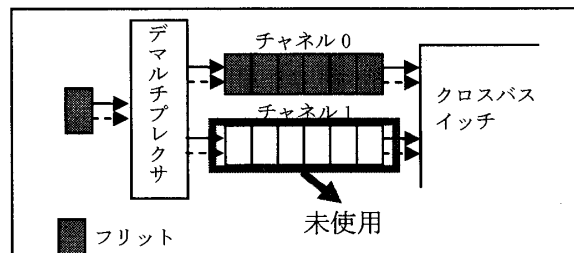


図 2 従来法の例

して、「フリット単位のバッファ共有」を提案する。この手法は各チャンネルまたはリンクのバッファを共有して使用できる様にするものである。ただし、バッファ全体をすべてのチャンネルで共有すると、デッドロックの発生を防ぐことができない [2] ため、各チャンネルの最低限の専有部分を残す必要がある。今回は、ルータのおの物理リンクにおける複数の仮想チャンネルのバッファを共有する「チャンネル共有」と、ルータのすべての物理リンクに対するすべての仮想チャンネルのバッファを共有する「リンク共有」の2種類を提案する。図 3 に、2 個のチャンネルにおけるフリット単位のバッファ共有の概念図を示す。

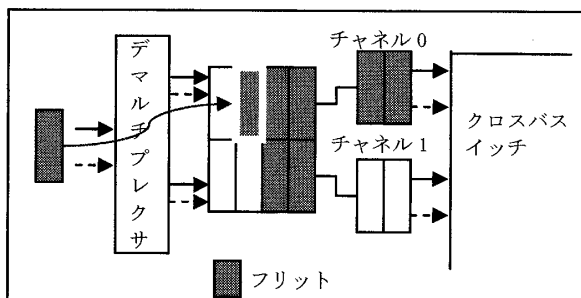


図3 フリット単位のバッファ共有

3.2 実装に関する検討

FIFO の実装には、メモリ部分本体の他に、FIFO を制御するための様々な回路が必要になる。今回は単純な比較を行うため、バッファ本体とポインタ部に注目する。従来のリングバッファ型 FIFO の場合、入力場所を記すポインタと出力場所を記すポインタの二種類が必要となる。フリット単位のバッファ共有の機能を実装するには従来法に必要な二種類のポインタに加えて、バッファの前後の繋がりを示す二種類のポインタとバッファ一つの状態を表すビットが、すべての共有バッファに必要なことになる。これらは、FIFO の容量が大きくなるに従って非常に大きなものとなるため、現実的な実装は難しくなる。

4. ブロック単位のバッファ共有

フリット単位のバッファ共有はハードウェア量の関係から現実的でないため、解決案としてブロック単位のバッファ共有を提案する。この手法は、幾つかの領域をまとめたブロックを共有する単位として使用したものである。今回のブロックのサイズは(バッファの総量) / 8(チャンネル数) - 2(各チャンネル専用)とする。

5. 性能評価

5.1 ポインタ等の容量

物理リンク数が 4、各物理リンクの仮想チャンネル数が 2 の 2D トーラス網における、各手法のポインタ等のサイズを表 1 に示す。これより、ブロック単位のバッファ共有はフリット単位のバッファ共有よりもハードウェア量が大幅に少ない事が分かる。また、従来法と比較しても実現可能な量であることが分かる。

5.2 通信性能比較

物理リンク数が 4、各物理リンクの仮想チャンネル数が 2 の 2D トーラス網において、従来法と二種類の提案手法の通信性能評価を行った。

全リンクのバッファ総数が 512 フリットの場合の、256 フリットを 1 パケットとした際の評価

表 1 各手法のポインタ等の容量

	従来法	フリット単位	ブロック単位
バッファ数	容量合計 (bit)	容量合計(bit)	容量合計(bit)
32	32	272	208
64	48	768	240
128	64	1848	304
256	80	4272	320
512	96	9640	336
1024	112	21408	400

結果を図 4 に示す。グラフの横軸が平均スループット、縦軸がパケットの平均転送時間で、各 PE のパケット発生確率を変化させた時のネットワークの平均スループットと平均転送時間をプロットしたものである。図 4 に示すように、フリット単位のバッファ共有、ブロック単位のバッファ共有ともに、従来法と比べてスループットが向上していることが分かる。

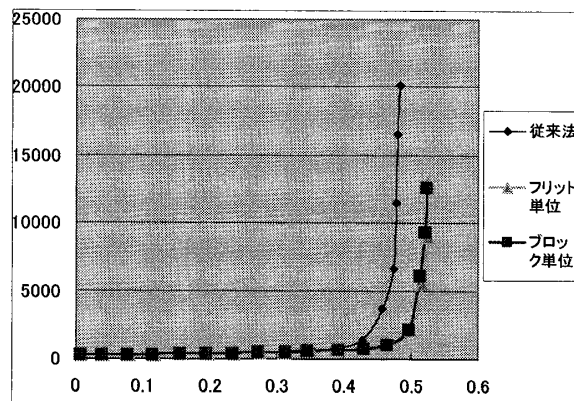


図 4 通信性能の評価結果

6. まとめ

本稿では、ルータ内のバッファを有効的に使用する二種類方法を提案し、シミュレーションによる実験結果を示した。結果、「ブロック単位のバッファ共有」では、実現可能なハードウェアコストで高い通信性能が実現できた。今後は、さらに詳細な実装上の検討を行う。

参考文献

[1] L.M.Ni and P.K.McKinley, A Survey of Wormhole Routing Techniques in Direct Networks, Proc of the IEEE, Vol.81, No.2, pp.62-76, 1993.
 [2] W.J. Dally and H.Aoki, Deadlock-Free Adaptive Routing in Multicomputer Networks Using Virtual Channels, IEEE Trans. On Parallel and Distributed Systems, Vol,4, pp. 466-475, 1993