

3U-3

ルート競合待避用バッファを有する  
マンハッタン・ストリート・ネットワークの特性評価

植 草 宏 和 土 井 英 司  
( N T T 通 信 網 総 合 研 究 所 )

1. まえがき 複数のリング状ネットワークを格子状に配置した多重リングネットワークは、複数の入出力リンクを有し、ルート選択自由度、耐障害性が高い等の特徴から高スループットが期待されMAN、LANへの適用が検討されている。特に、格子状多重スロットリングのMANへの適用例として、非蓄積転送方式のMSN(マンハッタン・ストリート)が提案され(1)、性能向上を目的とした送出リンクバッファを有する蓄積転送方式MSNの解析、評価が行われている(2)、(3)、(4)。本稿では、各ノードに1パケット長の待避バッファを設け最適リンク競合回避を図り、さらにルーティング時に最大3パケットを考慮しリンク利用率向上を図った蓄積転送形の優先転送ルールを提案し、シミュレーションによるMSN方式との性能比較評価を行ったので結果を報告する。

2. ルーティング

2. 1 MSN方式: MSNの中継ノードでのルーティング手順は、着信ノードが原点となる座標変換を実行し、座標上原点収束方向に規定された最適リンク方向を基準にルーティングルールに従った最短ルート選択を行うものである。MSNルールは、以下に示す1パケット中継時の基本ルールと2パケット競合時ルールの2ルールから構成される。

(基本ルール) 最適リンク方向に合致する送出リンクが唯一に定まる場合、その送出リンクを選択する。それ以外の場合は確率1/2で送出リンクを選択する。

(競合時ルール) 各パケットの最適リンクが唯一に定まり各最適リンク方向が異なる場合、各パケット共最適パスを選択する。それ以外の場合は確率1/2で送出リンクを選択する。

しかし、MSNのルーティング方式が非蓄積形であることから、2パケット中継時に最適リンク競合による迂回リンク選択パケットが発生し、遅延増加(平均到達ホップ数)によるネットワーク性能低下を引き起こす。

2. 2 提案方式: 提案方式は、MSN同様座標変換後の最適リンク方向を用いたルーティングを行う。特徴は、①最適リンク競合回避が可能な1スロット時間待避させるバッファを設ける、②最大3パケットまでの優先ルーティングを行うことにより、最適リンク競合の回避を図り、リンク使用効率向上を可能とした非蓄積転送方式である。以下提案方式に適用した優先順位、ルーティング手順・ルールを説明する。

(優先順位)

優先順位は、ルーティングを実行するパケットの選択時(最大3パケット)ならびに最適リンク選択パケット決定時に用い、パケット履歴情報(経過ホップ数)と種別情報(待避バッファ内パケット、リンク入力パケット、外部入力パケット)から以下(1)とした。

- 待避バッファ内パケット >
- リンク入力パケット(経過ホップ数: 小) >
- リンク入力パケット(経過ホップ数: 大) >
- 外部入力パケット----- (1)

(手順)

ルーティング手順は、(1)の優先順位により、ルーティング対象となるパケットを最大3パケット選択する。次に対象パケットの最適リンク方向と数に応じて下記ルールによりルーティングを行う。

(ルール)

ルールは、ルーティング対象パケット組合せから最適リンク競合の有無で非競合時、競合時に分類し、さらに各場合で最適リンクが唯一に定まるパケットの存在とリンク競合パケット数により分類した計4ルールから構成される。

(非競合時ルール)

(RULE1) 最適リンクが唯一に定まるパケットが1つ以上存在する場合: 最適リンクが唯一に定まるパケットを最適リンクに送出し、残パケットは優先度順に他方リンク、待避バッファに各々送出、格納する。

(RULE2) 最適リンクが唯一に定まるパケットが1つも存在しない場合: 最優先パケットを確率 1/2でリンク送出し、残パケットは優先度順に他方リンク、待避バッファへ各々送出、格納する。

(競合時ルール)

(RULE3) 2パケット競合時: 競合パケット間で高優先パケットを最適リンクに、低優先パケットを待避バッファに各々送出、格納する。さらに残パケットが存在する場合は他方リンクに送出する。

(RULE4) 3パケット競合時: パケットの優先度順に最適リンク、待避バッファ、他方リンクへ送出、格納する。

3. 評価モデルとシミュレーション条件 図1に評価モデルを示す。モデルはネットワーク構成ノードをモデル化したもので、両方式の相違は図中波線部分(リンク競合待避用バッファ部)の有無である。表1に主なシミュレーション条件を示す。また評価に際し以下①-③の仮定をおいた。  
①ネットワークの各構成リングは同期しており、各ノード

には1スロット時間毎に最大2パケットのリンク入力がある。

- ②各ノードに単位時間内に生起するパケットの数およびパケットの宛先指定は均一である。
- ③各ノードでのルーティング処理時間は1スロット時間内とし、競合時待避バッファでの待時間は1スロット時間とした。

**4. 結果と考察** 提案方式のリンク競合回避効果を調べるため、迂回発生率ならびに高負荷時(負荷0.8)におけるノード間到達ホップ数分布の比較を行った。図2、3に各々迂回発生率の負荷特性、到達ホップ数分布を示す。図中実線、波線表示が各々提案方式、MSN方式である。図2より迂回発生率は、高負荷(負荷0.8)時提案方式がMSNに比べ約13%改善された。しかし、完全なリンク競合回避が達成される訳ではなく、中継時RULE4により迂回リンクを選択するパケット約2%が存在する。図3より提案方式の到達ホップ数分布は、リンク競合回避効果により、MSNルールでの5ホップ(評価網における最短ホップ数の最大値)以上の迂回領域(斜線部)がほぼ消滅した分布形状となった。平均ホップ数はMSNの4.2ホップに対し、3.0ホップと約1.2ホップ改善され、4×4構成多重リングネットワークにおける平均最短ホップ数の理論値2.93に近く、高負荷時でも最短ルート選択率が高いことがわかる。また最大ホップ数は、両方式共16ホップと等しく、伝送方向が交互に異なる格子状多重リングネットワークでは1迂回で2-6ホップ数増加することから、平均2-3回迂回していると予想される。

**5. まとめ** 2入出力の格子状多重リングネットワーク各ノードにリンク競合時待避用バッファを設けた優先転送ルールを適用することにより、以下のことを明かにした。

- (1)高負荷時の最適送出力リンク競合発生率を2%まで抑制できた。
- (2)平均ホップ数を3.0と平均ホップ数の理論値2.93の1.04倍とすることができた。

**今後の課題** 提案ルールの遅延時間評価を進め、音声メディア等への適用に関し検討する。

**謝辞** 本検討を進めるにあたり御指導頂いた通信網総合研究所個別通信網研究部の木下グループリーダーならびにシミュレータ作成に協力頂いた同志社大学郭峰氏に感謝いたします。

**参考文献** (1)N. F. Maxemchuk: Routing in The Manhattan Street Network, IEEE Trans. Comm., May 1987, Vol. COM-35, No. 5, pp. 503-512 (2)A. G. Greenberg, J. Goodman, "Sharp Approximate Analysis of Adaptive Routing in Mesh Networks," Proc. of International Sem. on Teletraffic Analysis and Comp. Perf. Eval., The Netherland, June 1986. (3)N. F. Maxemchuk, "Comparison of Deflection and Store-Forward Techniques in the Manhattan Street and Shuffle-Exchange Network", Proc. INFOCOM'89, April. 25-27, Ottawa, pp. 800-809. (4)元石, 東覚, 清松, "各ノードにバッファを有するマンハッタン・ストリート・ネットワークの特性評価", 情報処理学会研究会IN89-3, pp. 13-18.

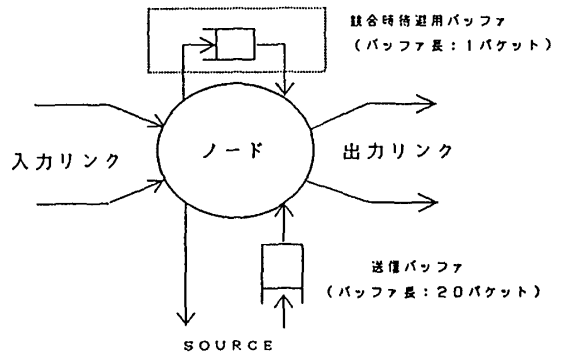


図1 評価モデル

表1 シミュレーション条件

網構成: 4 × 4 双方向トラス網
伝送速度: 5 0 Mbps
伝送路長: 1 km
フレーム構成: 24 スロット
発信局バッファ長: 20 パケット長

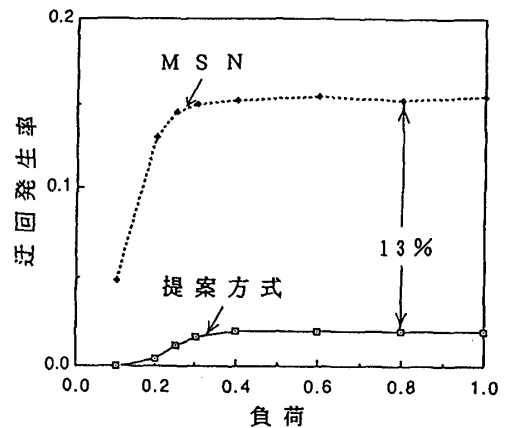


図2 迂回発生率の負荷特性

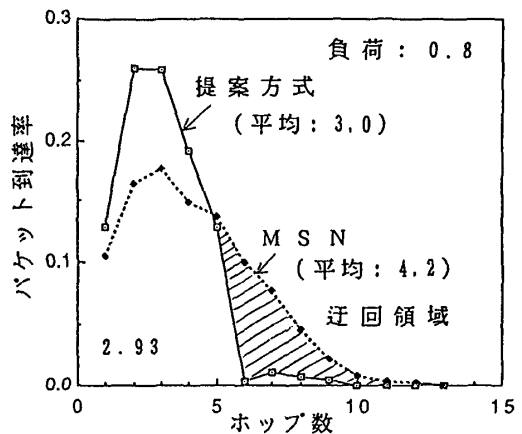


図3 到達ホップ数分布