

第9回情報ネットワーク科学研究会

動的システムのためのネットワーク符号化

日立ソリューションズ

井關裕介

富山大学総合情報基盤センター

沖野浩二

富山大学大学院理工学研究部（工学）

村山立人

背景

ネットワーク符号化は...

- マルチキャスト通信において効率的な通信
- 符号化のために多項式時間の計算量が必要

静的ネットワークにおいては、

符号化は1度しか行わないため、符号化時間を無視できる

背景

アドホックネットワークやP2P通信などの**動的ネットワーク**では...

→ ネットワークの再構築

→ ネットワークの拡張

動的ネットワークに対してネットワーク符号化を適用する場合、
ネットワークの構成が変化する度に符号化を行う必要がある

計算量の観点から、

ネットワーク符号化の適用方法を見直す必要がある

2

背景

従来のネットワーク符号化は…

- 符号化時間を考えない
- 遅延を許さない

本研究では**ネットワークトポロジーの分解**を提案

- 符号化の計算量を削減
- 遅延が発生する

3

ネットワーク符号化

4

ネットワーク符号化

ソース

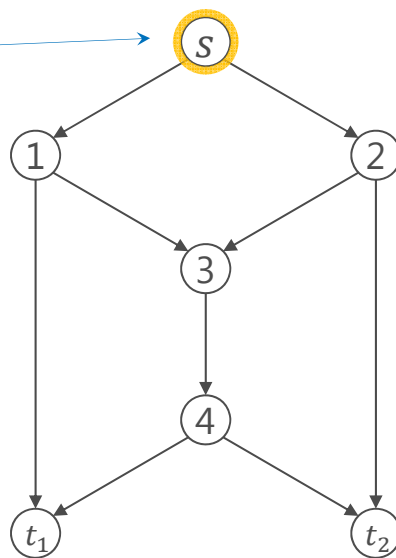
- 始点ノード

シンク

- 終点ノード

シンボル

- 情報を表す文字



5

ネットワーク符号化

ソース

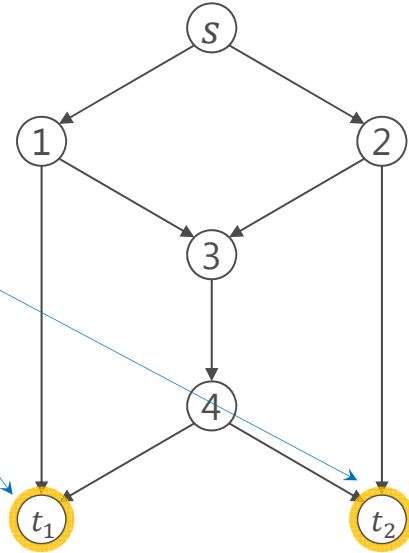
- 始点ノード

シンク

- 終点ノード

シンボル

- 情報を表す文字



6

ネットワーク符号化

シンボル $a, b \in F$

ソース

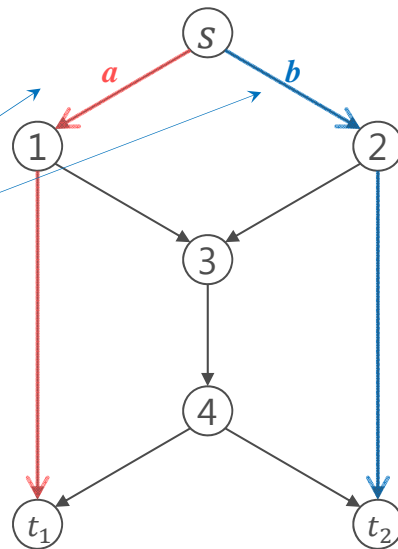
- 始点ノード

シンク

- 終点ノード

シンボル

- 情報を表す文字



7

ネットワーク符号化

マルチキャスト通信

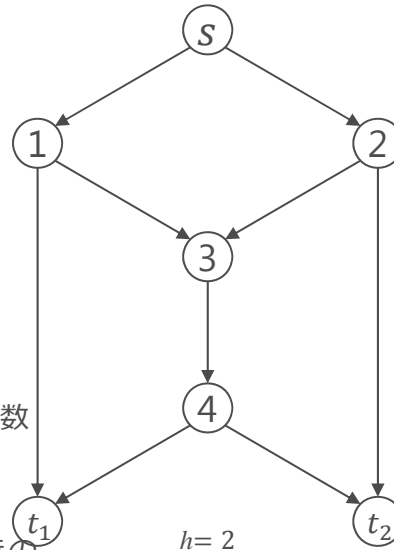
- 1対多通信
- 特定のグループに
同一の情報を伝送

最大フロー h

- 最大通信レート
- シンクが受信できる最大情報数

バタフライネットワーク

- ネットワーク符号化適用時の
ネットワークモデル



8

ネットワーク符号化

ネットワーク符号化

ネットワーク内の中継器（ルータ、スイッチなど）において、
異なる情報を組み合わせて中継を行う技術のこと

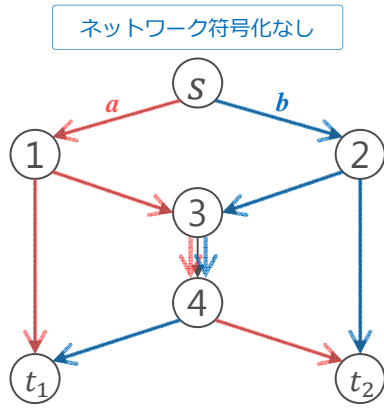
ネットワークの情報伝達能力である**スループット**を
理論的限界値である**最大フロー**を達成することができる

[1] R. Ahlswede, N. Cai, S.-Y. R. Li, and R. W. Yeung. Network information flow. IEEE Transactions on Information Theory, 46(4):1204–1216, 2000.

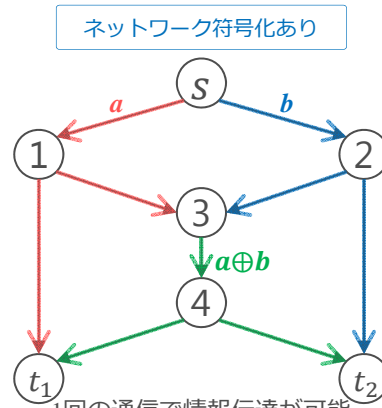
9

ネットワーク符号化

- シンボルの組み合わせにより効果的にネットワークを活用できる



エッジ(3, 4)がネックになり、
2回通信を行う必要がある



1回の通信で情報伝達が可能
 t_1 は a と $a \oplus b$ から b を復号
 t_2 は b と $a \oplus b$ から a を復号

10

ネットワークトポロジーの分解

11

ネットワークトポロジーの分解

ネットワークトポロジーの分解

- ネットワークトポロジーをネットワーク符号化可能なサイズの部分グラフに分解する

→ネットワーク全体の符号化時間を削減

大きなネットワークに対して
効率的にネットワーク符号化を適用できる

12

ネットワークトポロジーの分解

ネットワークトポロジーの分解

メリット

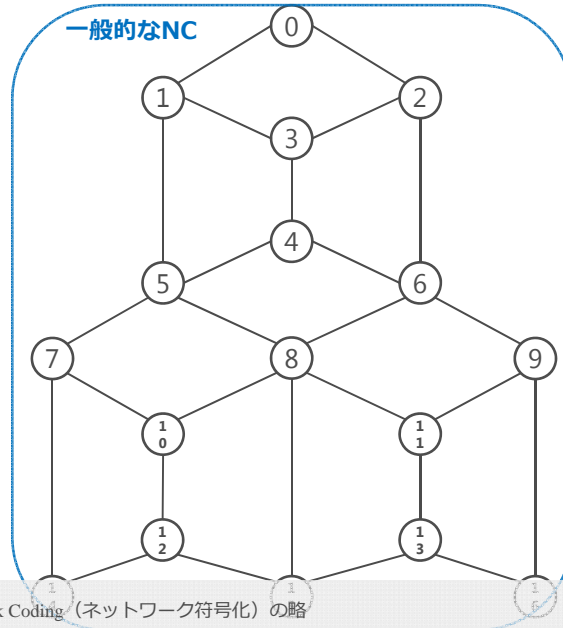
- 符号化の計算量を削減することができる

デメリット

- 通信時に遅延が発生する可能性がある

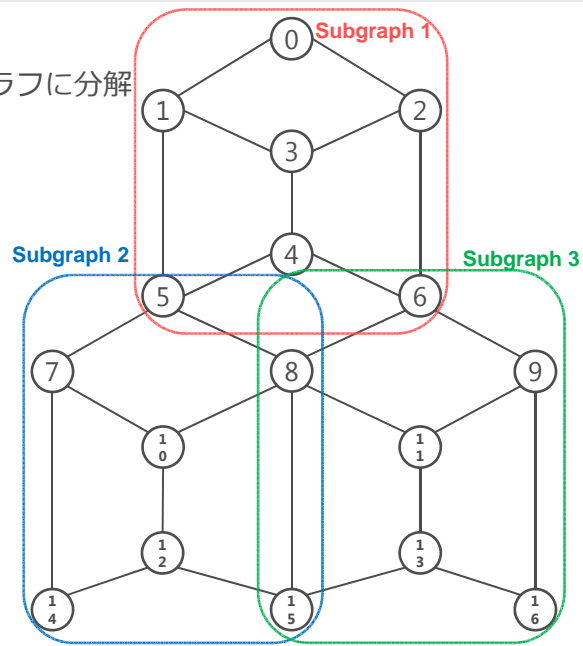
13

ネットワークトポロジーの分解



ネットワークトポロジーの分解

3つの部分グラフに分解



ネットワークトポロジーの分解

符号化時間と遅延

符号化時間を大きく削減

→通信時に遅延ステップ（遅延回数）も増加

ネットワークトポロジーの分解を適用する場合には…

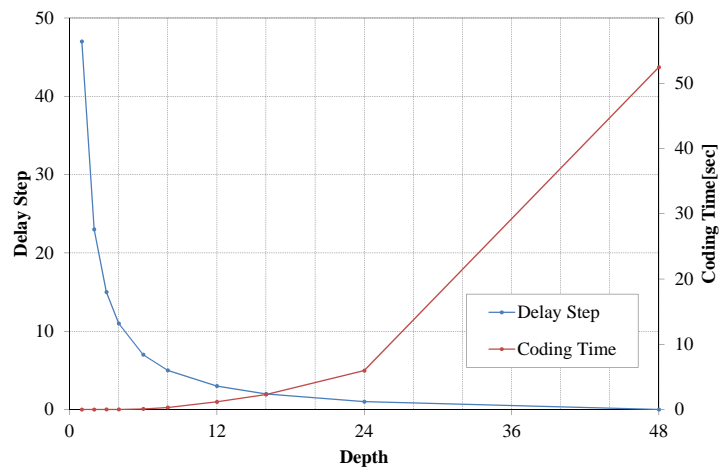
符号化時間と遅延ステップのバランスを考える必要性

16

実験

17

Depth-48ネットワークの分解



- 符号化時間の削減を達成
- 遅延ステップは指数関数的に減少する

18

まとめ

19

まとめ

動的ネットワークに対するネットワーク符号化の適用方法

→ **ネットワークトポロジーの分解**を提案

ネットワークトポロジーの分解は…

→ **符号化時間**と**遅延ステップ**がトレードオフの関係

20

まとめ

従来のネットワーク符号化では…

- 符号化時間を考えない
- 遅延を許さない

ネットワークトポロジーの分解を用いることで…

→ **遅延を許す**ことで効率的なネットワーク符号化を構成できる

21