
NDNのFIB集約とネットワーク品質向上を 目的としたコンテンツ配置法の評価

立命館大学大学院 情報理工学研究科¹

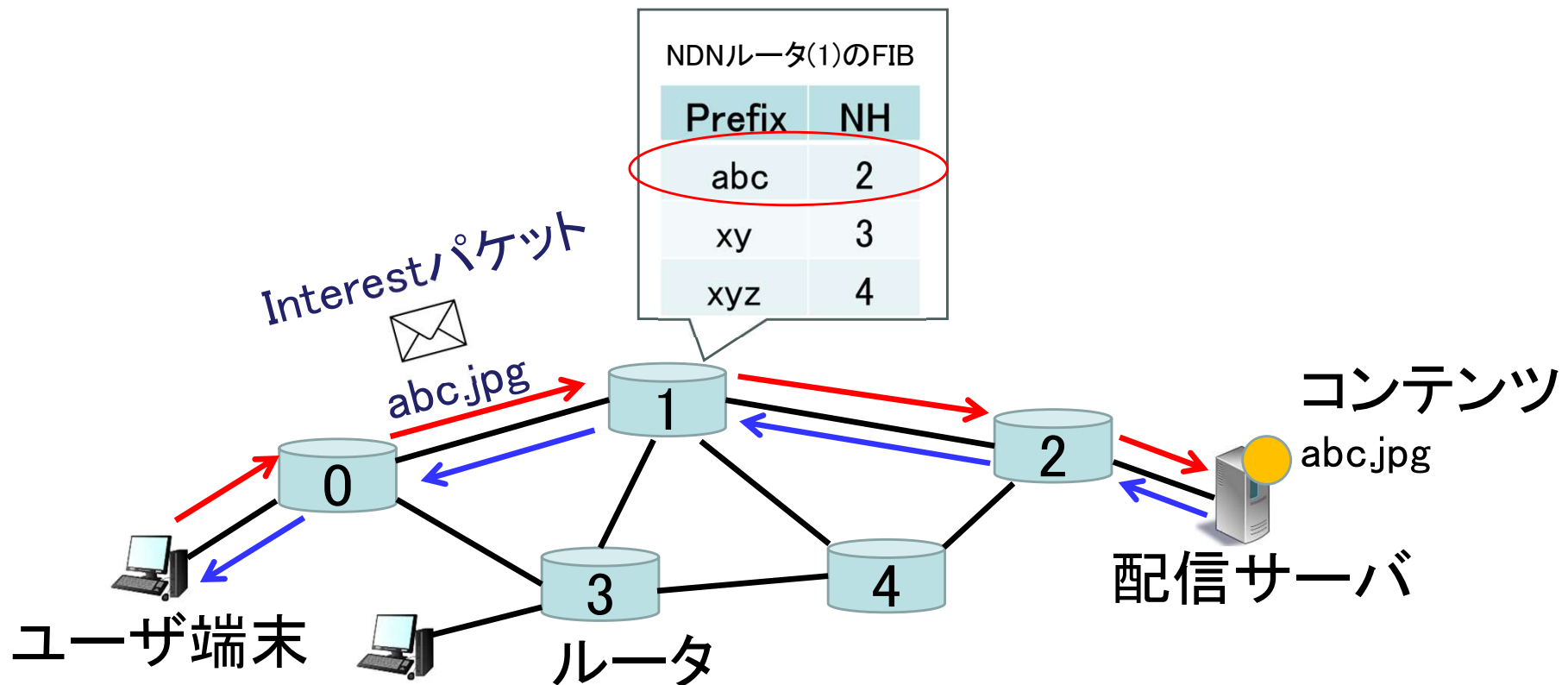
立命館大学 情報理工学部²

橋本紘輝¹ 上山憲昭²

2023/09/12

研究背景

- ICN (information-centric networking)
 - NDN (named data networking)を想定
 - コンテンツ名でデータを直接要求
 - Interestパケットはルータ上の転送テーブル(FIB :Forwarding Information Base)を参照して配信サーバに送信
 - 配信サーバからユーザにコンテンツが返送



NDNのFIB課題

- ドメイン数はサブネットワーク数と比較して**膨大**
- ドメイン名には地域性がないため、FIBエントリの集約が**困難**
- 例: Webコンテンツのみを考慮した場合
NDN FIB: 約 10^9 のエントリが必要* vs **IP FIB**: 約 10^5 のエントリ

NDNルータのFIB

Prefix	NH
abc	0
xy	1
xyz	3

IPルータのFIB

Prefix	NH
223.1.1.1	0
223.2.1.1	1
224.1.1.3	2

NH: next hop

- FIBの必要メモリ量と検索時間が大幅に**増大**
⇒スケーラビリティの点での課題

*A. Detti, M. Pomposinim, N. Blefari-Melazzi, and S. Salsano, Supporting the Web with an information centric network that routes by name, Elsevier Computer Networks, Vol. 56, No. 17, pp. 3705–3722, Nov. 2012

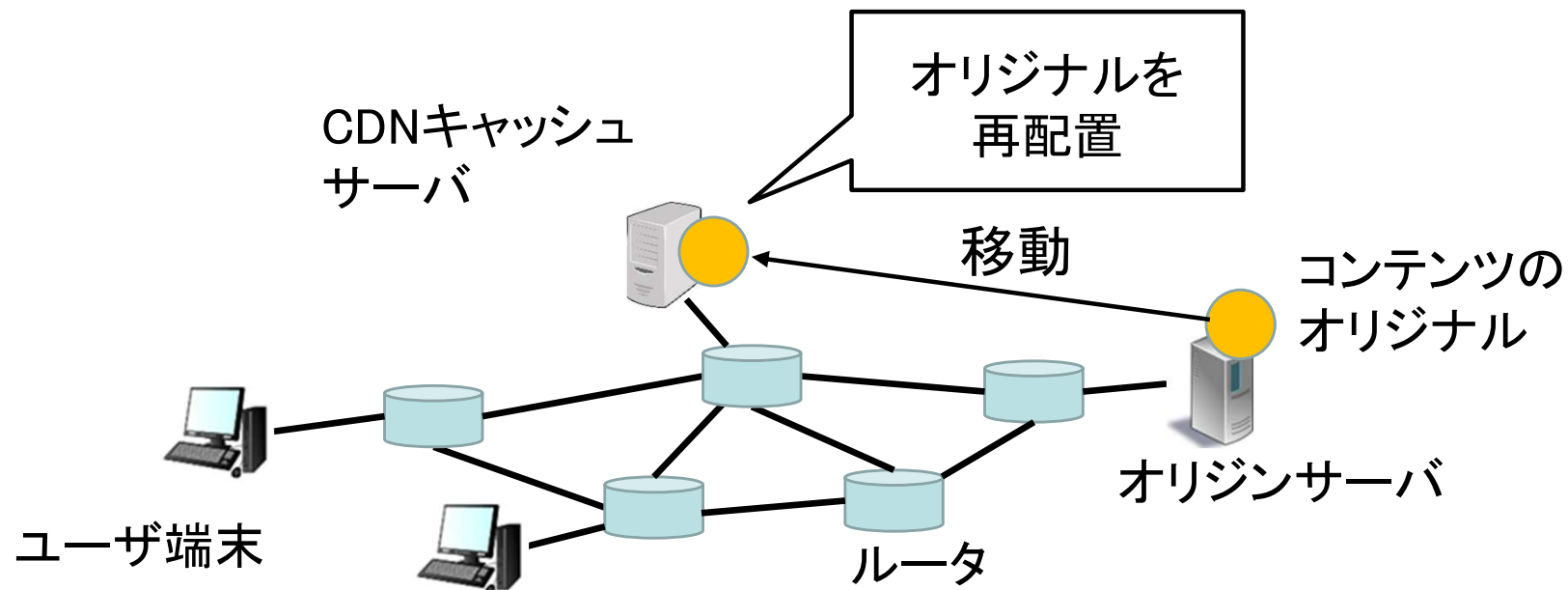
本研究の目的

- コンテンツ名(URL)の上位パートが同一のFIBエントリは**集約可能**
- コンテンツの位置を変え,似たような名称のコンテンツが同じ位置になるとFIBエントリ**集約効果が向上**



CDN(キャッシュサーバ)をNDNのオリジナルコンテンツを提供するプラットフォームと位置付け

FIB集約効果が向上するようコンテンツを再配置



本発表の貢献

- 提案方式^[2](後のスライドで説明)
 - コンテンツを再配置するノード数を限定
 - 4つの評価尺度に基づいて最適な配置ノード数を考察
→ 各評価尺度の有効性について未評価
- 本発表の位置づけ
 - 各評価尺度の有効性について評価
 - 最大FIBサイズやリンク負荷の最大値について評価
→ オリジナル配置と比較

[2]橋本紘輝, 上山憲昭, "NDN のFIB 集約とネットワーク品質向上を目的としたコンテンツ配置法", 信学会情報ネットワーク(IN) 研究会, IN2022-105, 沖縄, 2023 年3 月

FIB集約法

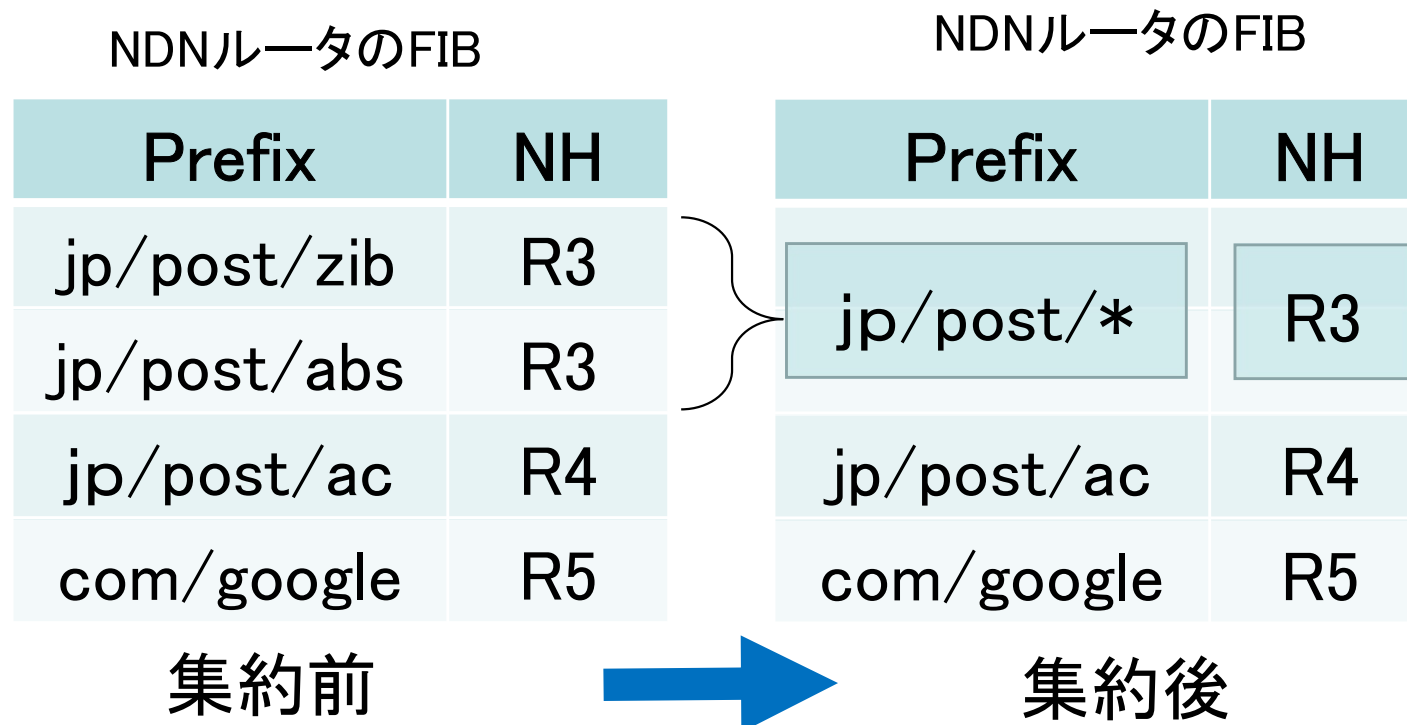
■ コンポーネント(cmp)単位で集約

■ www.ritsumei.ac.jp ⇒ jp/ac/ritsumei/www

■ FIBエントリ集約可能条件

TLD SLD

- コンテンツ名(URL)の上位パート(TLDやSLD)が同一
- 出力ポートのNH(next hop)が同一

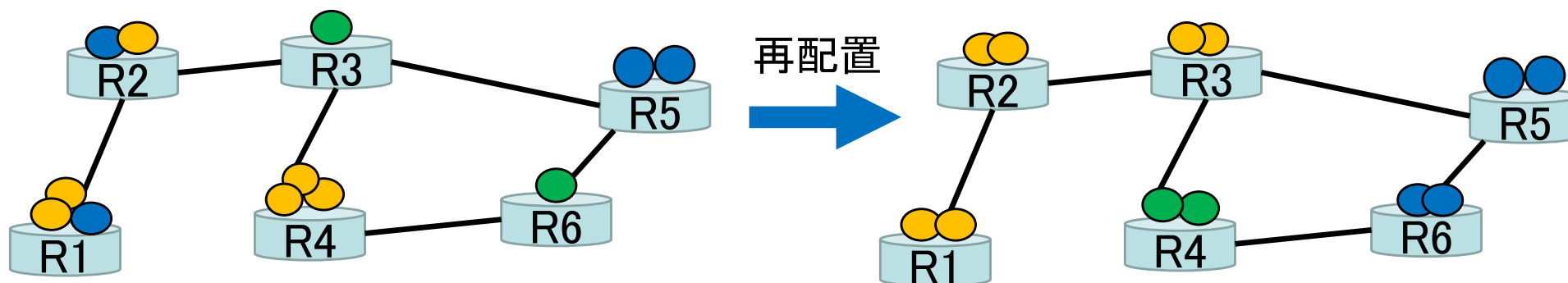


先行研究^[1]

■ コンテンツの再配置方針

- TLDやSLDが同じである**コンテンツの個数**に着目

- TLDやSLDが同じコンテンツを同一ノードに配置



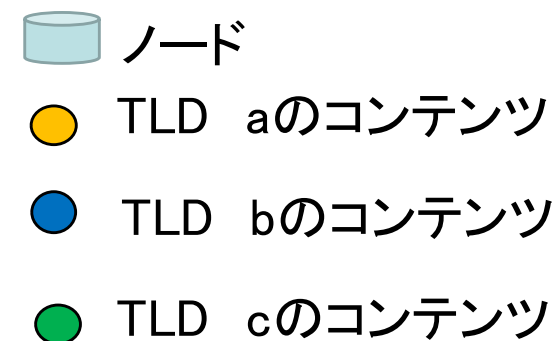
■ FIB集約法(cmp単位で集約)を適用

⇒FIBエントリ集約効果が向上

➤ NW全体に配置することで負荷分散

➤ コンテンツを配置するノードの位置は非考慮

⇒リンク負荷については未考慮



提案方式(コンテンツ配置方式)[2]

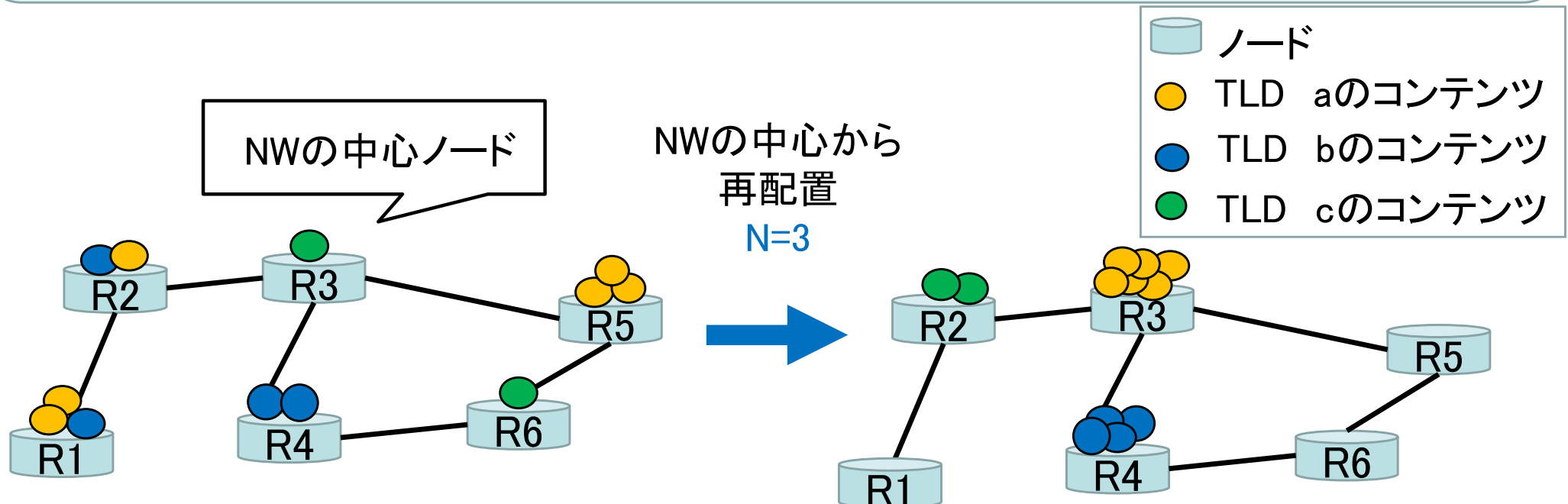
■ FIBのエントリ集約効果を向上

- TLDやSLDが同じであるコンテンツをできるだけ同一ノードに配置
- ノード数を限定してコンテンツを配置
 - コンテンツ配置ノード数 N を指定

⇒ 負荷集中発生

■ 平均リンク負荷の低下

- ノード位置を考慮し, 他ノードに至る平均ホップ長が小さいノードから順に, URLのTLDやSLDのアクセス比率の大きいコンテンツを配置



最適配置ノード数の設計

■ 配置ノード数 N を指定して配置

- 平均FIBサイズ(E_{ave})
- 平均リンク負荷(L_{ave})
- リンク負荷の変動係数(C)
- コンテンツ可用性喪失値(R)

(R :単一ノード障害発生時, 可用性が喪失する総アクセス比率の最大値)

■ コスト D の導出

■ $D = w_1 E'_{ave} + w_2 L'_{ave} + w_3 C' + w_4 R'$

- 評価尺度それぞれの正規化値($E'_{ave}, L'_{ave}, C', R'$)

- 重み: w_1, w_2, w_3, w_4
⇒それぞれ均一に0.25

⇒コスト D が最小となるような N を**最適配置ノード数 N^*** として定義

最適配置ノード数 N^*

■ 均等に重みを重視した(EQ)時の各トポロジでの結果^[2]

Hub & Spoke型	EQ
Allegiance Telecom	2
ATT	3
Verio	9
Internet2	3

Hub & Spoke型：
平均次数3.0以上のトポロジ

Ladder型	EQ
At Home Network	5
CAIS Internet	6

Ladder型：
平均次数3.0未満のトポロジ

■ 各トポロジタイプで似た傾向がある

→Hub&Spoke型 **Verioのみ異なる傾向**

考察: Verioの違い

- 課題: 配置ノード数が小的时候に最適配置ノードではない

NW中心ノード上位3つのホップ長平均と媒介中心性との相関係数 r の絶対値

Hub&Spoke型 トポロジ	r
Allegiance Telecom	0.90
Verio	0.33
ATT	0.98
Internet2	0.98

- Verioのみ相関係数の絶対値が小さい
＝中心ノードの媒介中心性が小さい
→経路分散しやすい



FIB集約度の低下
→ N が小さいときFIBサイズが大



最適配置ノード数 N^* の値が大

提案方式の評価:条件

■ 3種類のネットワークトポロジを利用

■ 評価

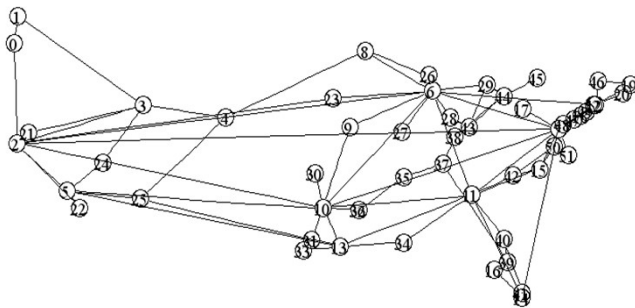
- E_{ave} : 平均FIBサイズ
- C : リンク負荷の変動係数
- E_{max} : 最大FIBサイズ
- L_{ave} : 平均リンク負荷
- R : コンテンツ可用性喪失値
- L_{max} : 最大リンク負荷

■ 比較

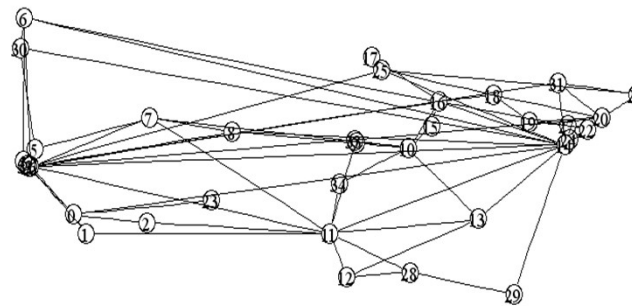
- オリジナル: 再配置をせずにFIB集約法を適用
- 提案方式: 最適配置後にFIB集約法を適用

■ Hub & Spoke(H&S)型

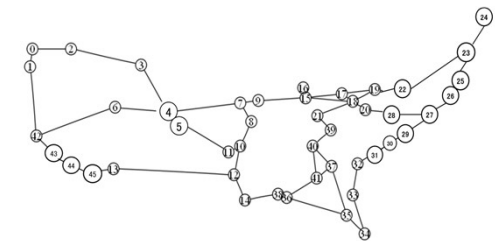
■ Ladder型



Allegiance
Telecom



Verio



At Home Network

提案方式の評価：結果

※ オリジナル：再配置前のコンテンツ配置
提案方式：最適ノード数 N^* で配置

Allegiance Telecom	E_{ave}	L_{ave}	C	R	E_{max}	L_{max}
オリジナル	1058.41	0.0136	2.325	0.402	4915	0.257
提案方式	340.88	0.0100	2.283	0.660	2091	0.139
効果	-67%	-26%	-1%	+64%	-57%	-45%
Verio	E_{ave}	L_{ave}	C	R	E_{max}	L_{max}
オリジナル	2645.00	0.0155	2.18	0.314	5185	0.291
提案方式	1441.82	0.0108	1.93	0.519	3552	0.136
効果	-45%	-30%	-11%	+65%	-31%	-53%
At Home Network	E_{ave}	L_{ave}	C	R	E_{max}	L_{max}
オリジナル	2070.10	0.0599	1.475	0.403	4709	0.454
提案方式	320.56	0.0431	1.739	0.589	2489	0.372
効果	-84%	-28%	+17%	+45%	-47%	-18%

■ 評価

- E_{ave} : 平均FIBサイズ
- C : リンク負荷の変動係数
- E_{max} : 最大FIBサイズ
- L_{ave} : 平均リンク負荷
- R : コンテンツ可用性喪失値
- L_{max} : 最大リンク負荷

まとめ・今後の方針

■ まとめ

- 提案方式はFIBサイズとリンク負荷においてオリジナル配置よりも向上することが確認
- ノード数を限定したことで予測される負荷集中について
 - リンク負荷については抑制は実現
 - ノード障害には弱い→限定ノードへの堅牢なシステム導入が必要

■ 今後の方針

- コンテンツ可用性の向上やノード負荷に関する評価指標の追加
- コンテンツの配置を最適化
- コンテンツが動的に生成・消滅する場合の動的なコンテンツ配置方法についても検討

ご静聴ありがとうございました