

新世代ネットワークにおける キャッシュを用いたコンテンツ配信

関西大学システム理工学部
山本 幹



本日の講演内容

- 新世代ネットワークにおけるコンテンツ配信
 - コンテンツオリエンテッドネットワーク
 - コンテンツオリエンテッドネットワークの背景
 - コンテンツオリエンテッドネットワークの研究例
 - ネットワーク誘導を用いたキャッシュネットワーク
- テストベッドを用いたアプリケーション
 - ネットワーク誘導を用いたキャッシュの部分普及
 - ネットワーク誘導の積極的利用
 - 異種ネットワーク統合による効果
 - 今後の展開



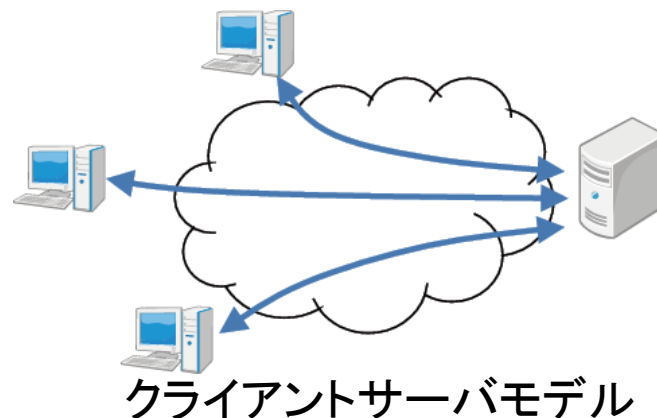
コンテンツ流通

- インターネットの通信モデル
 - point-to-point通信
 - ホスト間の通信をベースとするロケーションオリエンテッドな形態
- WWWの出現によるインターネットの使用形態の変化
 - 人気のあるコンテンツを提供するWebサーバに、世界中のユーザからアクセス
 - ユーザはWebサーバにアクセスすることが目的ではなく、そのWebサーバが提供するコンテンツに興味がある
 - YouTubeやニコニコ動画の出現により、リッチコンテンツの配信へとさらに変遷し、トラフィック量の観点でもコンテンツ流通が支配的な状況

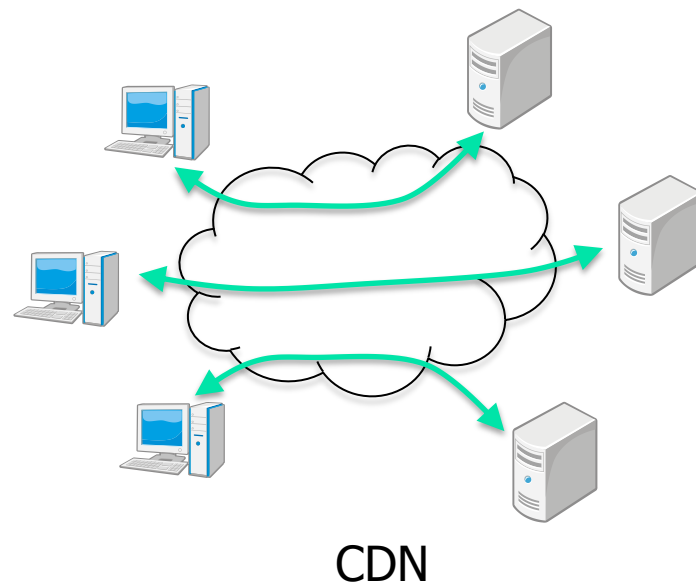
コンテンツ流通を支える情報流通基盤としてインターネットが位置づけられるようになった

クライアントサーバモデルからCDNへ

- クライアントサーバモデル
 - サーバにトラフィックが集中
 - Zipf則で知られるように人気サーバは少数



- CDN
 - 複製サーバにトラフィックを分散
 - ユーザはURLを指定 (ロケーションオリエンテッドなID)
 - DNSによる複製サーバへのアクセスのredirect





CDNによる通信サービスの変化

- クライアントサーバモデルによるオリジナルサーバからのコンテンツ取得
 - 「どのサーバから(どこのサーバから)コンテンツを取得するか」が重要であるlocation-oriented サービス
- CDNによる複製サーバからのコンテンツ取得
 - ユーザは、オリジナルサーバからコンテンツが取得できなくても全く問題ない
 - 複製サーバのうちどのサーバからコンテンツが取得できるのかも全くわからない
 - どのサーバからコンテンツを取得するかにはもはや関心はなく、どのコンテンツを取得するかが重要であるContent-orientedサービス

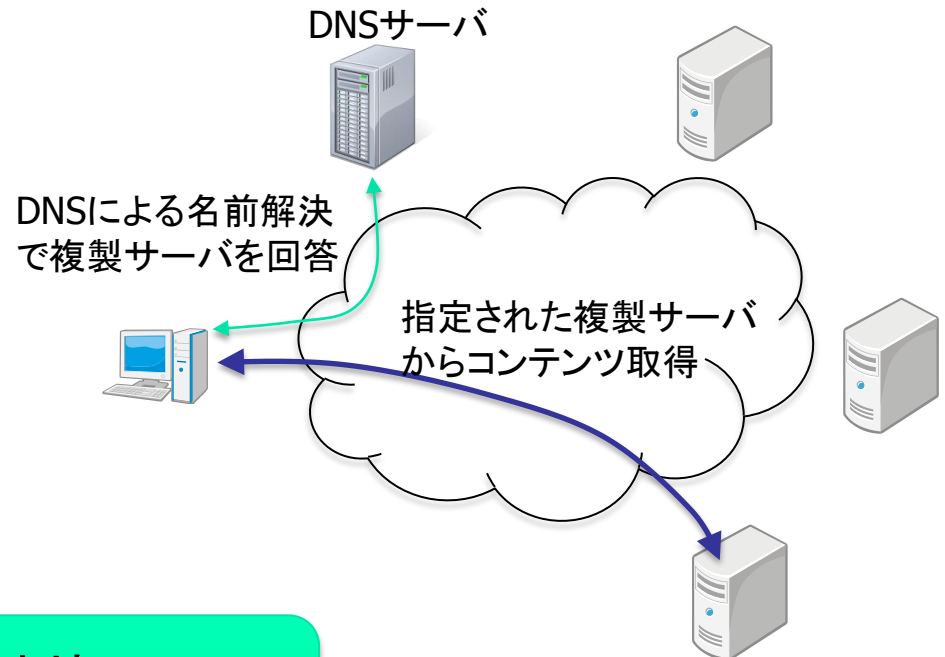
CDNにおいてcontent-orientedサービスを提 供するメカニズム

- DNSによるredirect
 - DNSにより複製サーバを選
択し、指定
 - ユーザは指定された複製
サーバからコンテンツ取得



コンテンツオリエンテッドな通信
サービスを提供するのは、アプ
リケーション層

ネットワーク外部の取り組みにより、コンテ
ンツオリエンテッドな通信サービスを提供



P2P

■ CDNの問題点

- 複製サーバに分散できたとしても、基本はサーバからのコンテンツ取得
- 人気サーバへのアクセス集中を基本的に解決する手段ではない

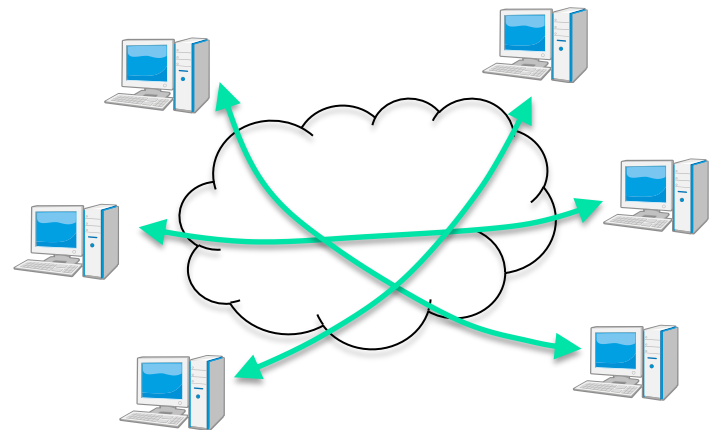
■ P2P

- ユーザ間でのコンテンツ流通を促進することで、コンテンツ取得先はサーバではなくユーザ(複数ユーザ)

「どこから」「誰から」コンテンツが得られるのかには全く無関心で、どのコンテンツが得られるのかが重要

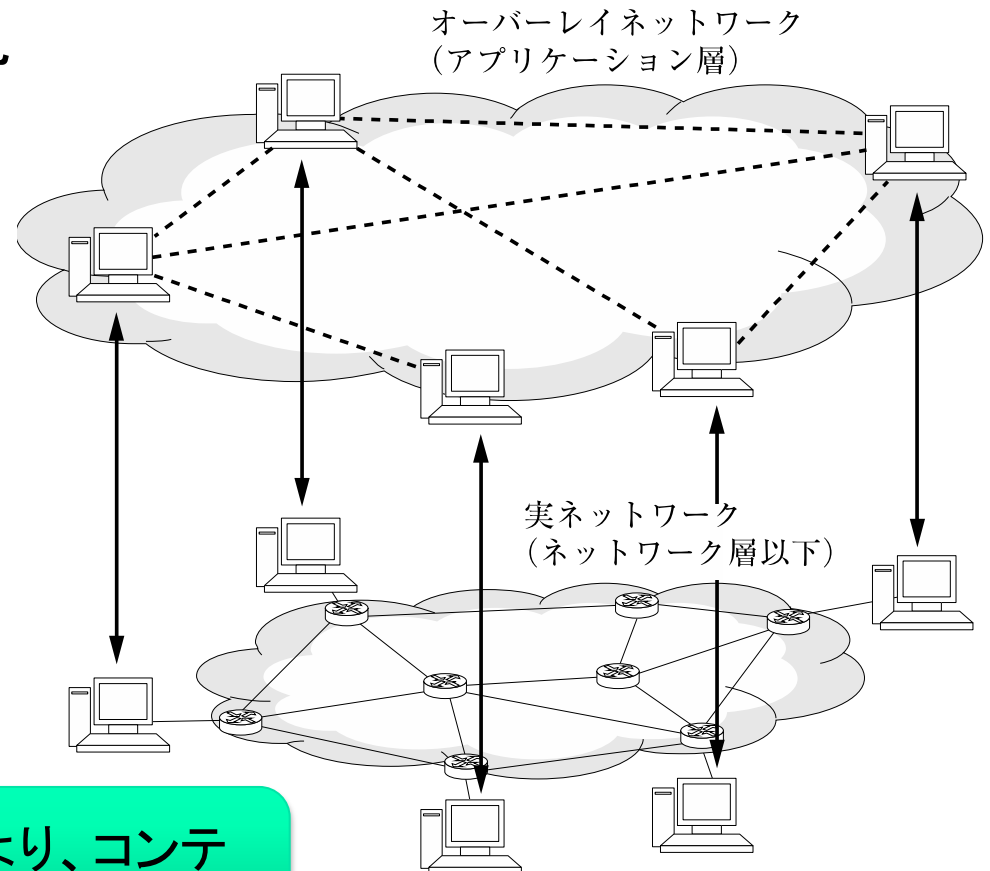


CDNよりもさらにコンテンツオリエンテッドな通信サービス



P2Pにおいてcontent-orientedサービスを を提供するメカニズム

- アプリケーション層において構築するオーバーレイネットワークで、コンテンツ発見
- コンテンツ発見において実ネットワーク構造が考慮されない
- ネットワークの外側でコンテンツ発見が行われるという、CDNの構造と同じ



ネットワーク外部の取り組みにより、コンテンツオリエンテッドな通信サービスを提供

コンテンツ流通の現状の課題

- コンテンツ発見のオーバーヘッド
 - 例: CDNにおける名前発見によるコンテンツ発見では、DNSサーバへの問い合わせが必要(ネットワークにその機能があれば不要)
- コンテンツ流通の非効率性
 - 例: P2Pにおいて発見されたピアは、実ネットワーク上での効率的転送をもたらさない

本質的問題点

上位層でのContent-orientedサービスと、下位層でのLocation-oriented転送基盤との乖離

ネットワークアーキテクチャ自体をContent-orientedなものに変革する

コンテンツオリエンテッドネットワーク

コンテンツオリエンテッドネットワークとは

- コンテンツオリエンテッドとは
 - ユーザにどこからコンテンツが得られているのか全く意識させることなくコンテンツを流通させる
- 「コンテンツオリエンテッド」におけるコンテンツ取得の手順
 - **コンテンツ発見**
どこにコンテンツがあるのか分からないので、コンテンツを発見する手順が必要
 - **コンテンツ転送**
発見した所望コンテンツを、ユーザのところまで転送する



これらの機能をネットワーク自体が提供するもの

||

コンテンツオリエンテッドネットワーク



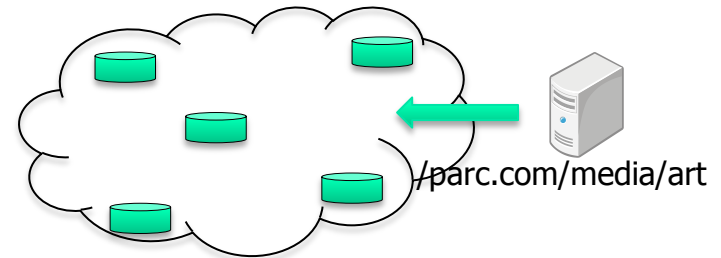
Content Centric Network

- Networking Named Contentで提案されたアーキテクチャ名
- データのconsumer drivenなアーキテクチャ(受信側主導)
- 受信側
 - コンテンツ要求Interestを送信
- ネットワーク側のルータは以下の構成
 - FIB: コンテンツ名をエンタリにもつルーチングテーブル
 - Content store: バッファ
 - PIT: Interest到着方向を示しこれを逆に辿ることで、コンテンツ転送を誘導
- コンテンツを保持するサーバ
 - 自身の提供するコンテンツ名を広告
 - OSPFやBGPの枠組みを利用
- コンテンツ発見のみならずコンテンツ転送、の双方をコンテンツオリエンテッドな手法で実現

FIBとPIT

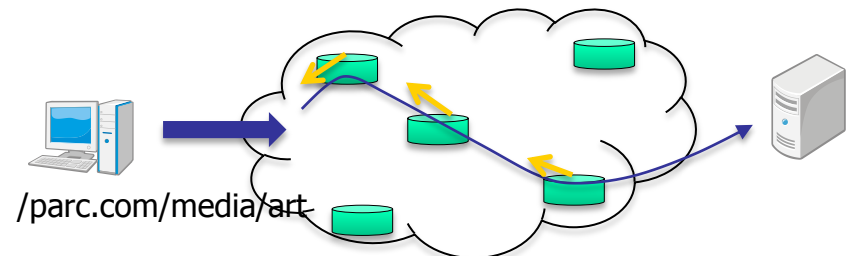
■ FIB (Forwarding Information Base)

- Name-basedルーティングプロトコルにより作成されるルーティングテーブル
- コンテンツ保持サーバから、自身もつコンテンツの情報をネットワーク内に広告
- これに基づき各ルータでのコンテンツ名に基づくルーティングテーブルとしてFIBが作成される



■ PIT (Pending Interest Table)

- Interestがフォワーディングされた方向を示すテーブル
- コンテンツ要求側から送出されたInterestがFIBに基づきサーバへと転送される
- 転送に際して、Interestの到着方向をルータがPITとして保持



バッファ

■ Content Store

- ルータに用意されたバッファ
- IPルータのバッファとコンテンツルータのバッファの本質的差異



IPルータのバッファ

パケットはロケーションオリエンテッドなので、再利用の可能性なし
蓄積したパケットはフォワーディングの後、即座に破棄

コンテンツルータのバッファ

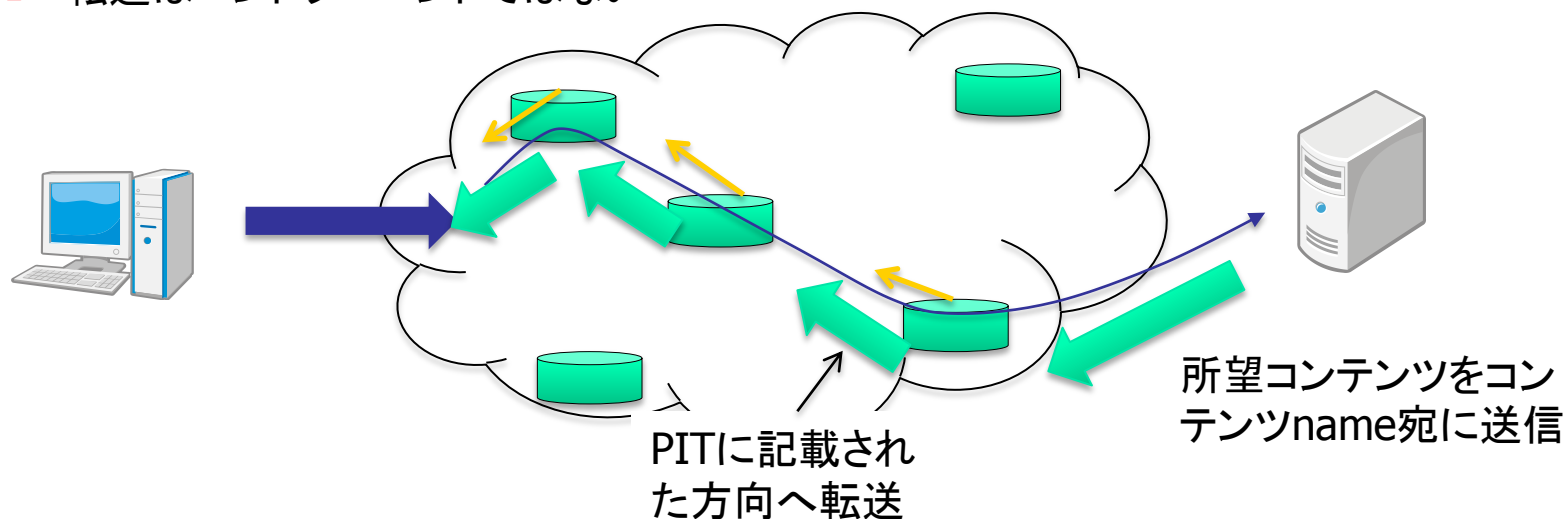
パケットはコンテンツオリエンテッドなので、再利用の可能性あり
蓄積したパケットはフォワーディングの後、キャッシュ

コンテンツ転送

- コンテンツ保持サーバからコンテンツが到着すると、PITにより requester(コンテンツ要求を送出したもの)へ転送
- 「サーバ → コンテンツルータ → … → コンテンツルータ → 要求を出したホスト」の各ホップごとの転送をPITによりルーティング(コンテンツルーティング)

➡ コンテンツオリエンテッドによるコンテンツ転送はCCNのみ

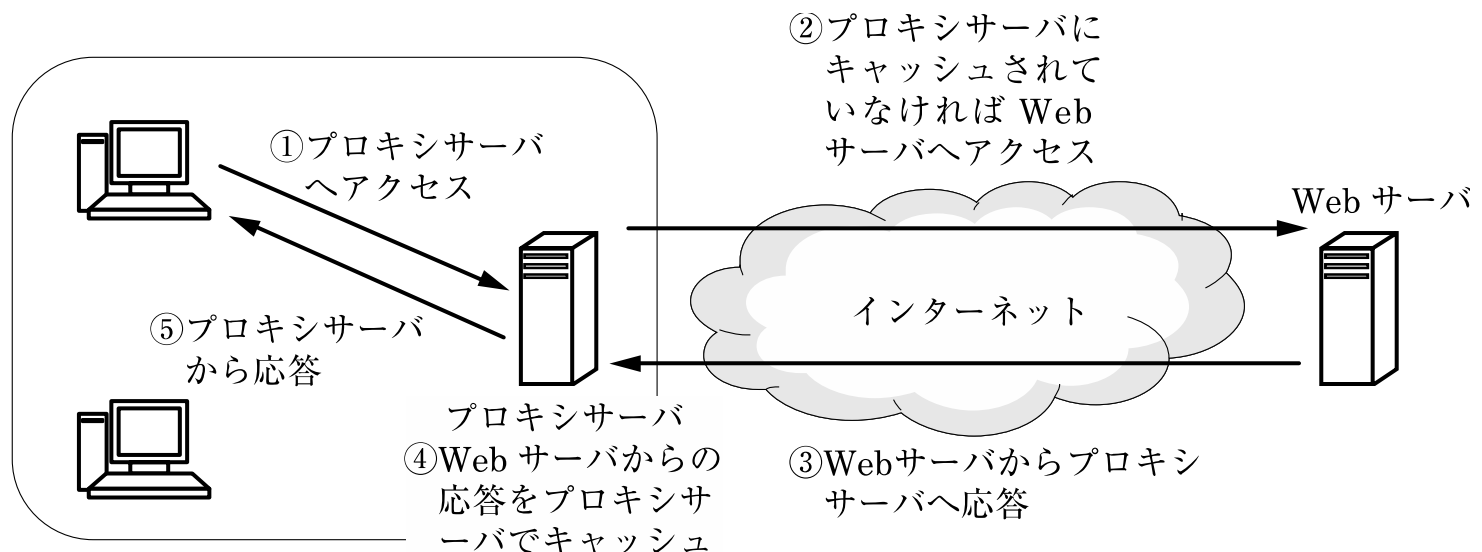
- 上記各ホップのホップバイホップによる転送
 - 転送はエンドツーエンドではない



キャッシング

- 従来のWebキャッシング(プロキシ)はコンテンツオリエンテッドか？
 - ユーザはプロキシサーバの存在を意識した上で、Webアクセスはまずそのプロキシサーバのアドレス宛に行う

厳密な意味でのコンテンツオリエンテッドではない



コンテンツオリエンテッドなキャッシュ

- Space decoupling

- コンテンツ送信者とコンテンツ受信者はお互いの情報を得ている必要はない



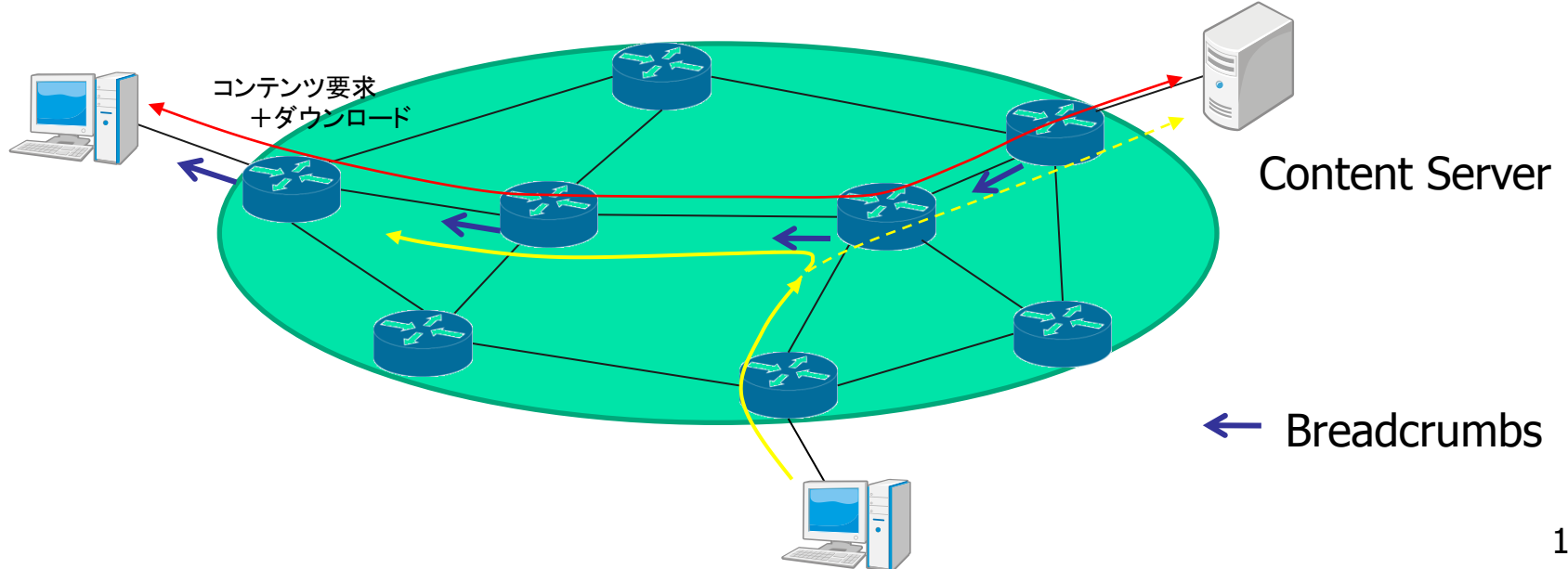
コンテンツを複製サーバ、キャッシュなど
どこから得ても問題ない

- ランデブーポイントは？

- コンテンツ要求が通る経路上のキャッシュ
 - ➡ 受動的なランデブーポイントの形成
- コンテンツ要求をキャッシュのある方向へ誘導
 - ➡ 能動的なランデブーポイントの形成

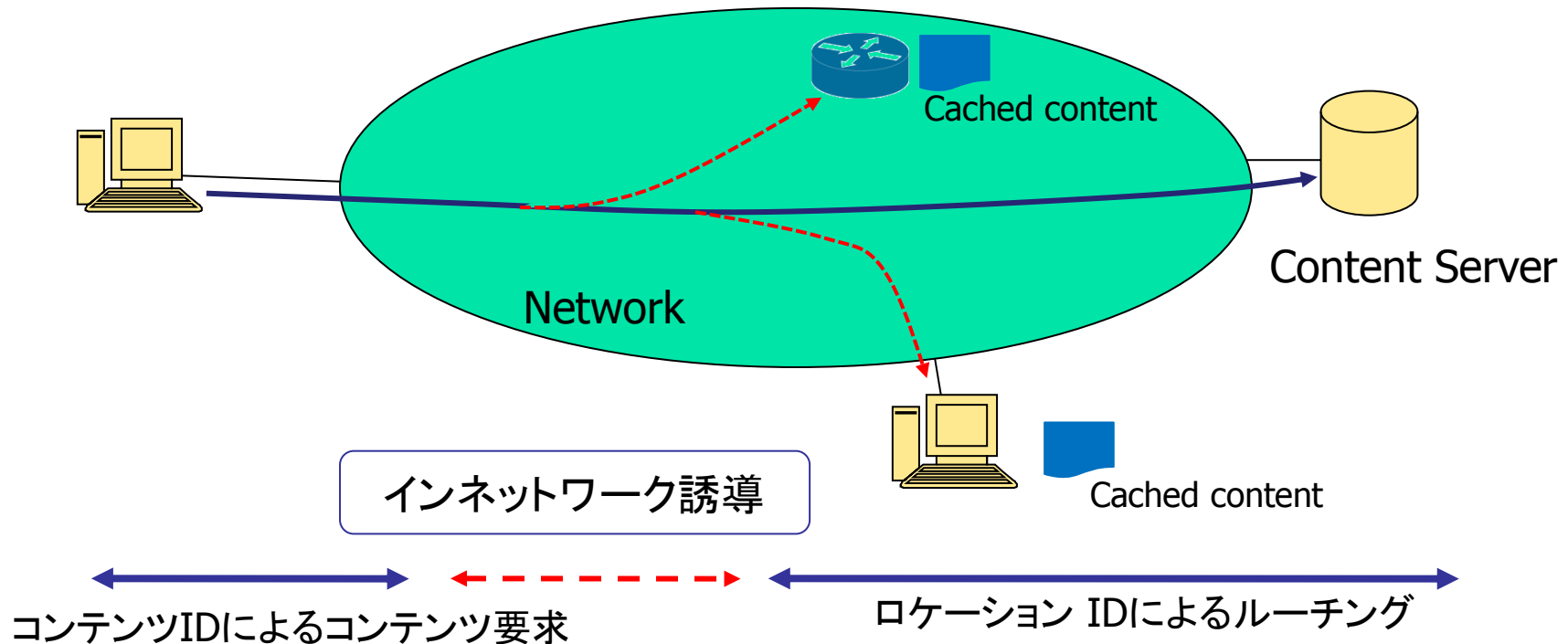
Breadcrumbs

- キャッシュへの誘導情報Breadcrumbs
 - Breadcrumbs誘導情報によるキャッシュへの誘導
 1. ロケーションIDによるコンテンツ要求
 2. コンテンツのダウンロード時:経路上ルータにBreadcrumbsを残す
 3. Breadcrumbsにヒットしたコンテンツ要求は、その方向へ誘導



コンテンツID とロケーション ID

- コンテンツ ID
 - コンテンツを指定するIDでユーザが使用
- ロケーション ID
 - 位置を指定するIDで、ネットワーク内のルーティングに使用

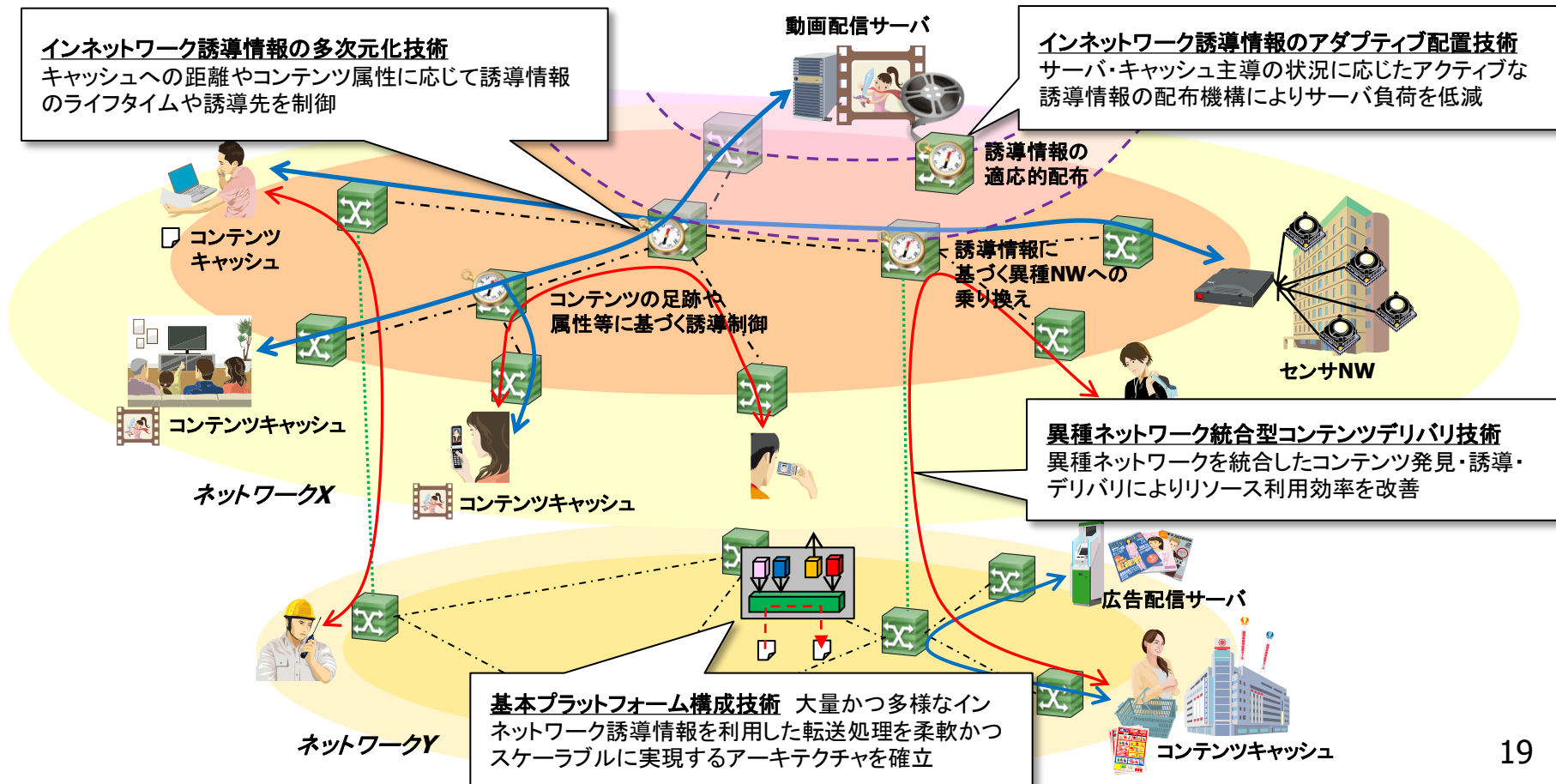


課題番号：145 『新世代ネットワーク技術戦略の実現に向けた萌芽的研究』イメージ図

副題：コンテンツIDとロケーションIDの連携によるコンテンツ流通プラットフォームの研究開発

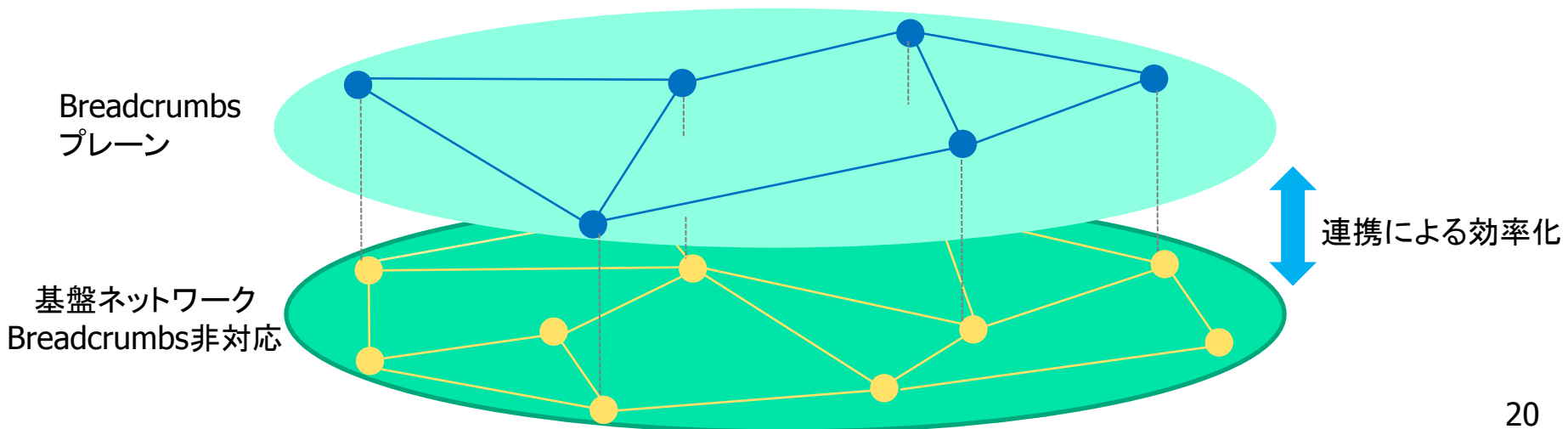
提案者名：関西大学、大阪府立大学、神戸大学、日本電気株式会社

コンテンツの流通足跡をインターネット誘導情報として保持し、誘導情報に利用するコンテンツIDとロケーションIDを状況に応じて適応的に使い分け、コンテンツ属性やユーザコンテキストを考慮した誘導を行うインターネット誘導情報の多次元化技術と、インターネット誘導情報をサーバ負荷やキャッシュ状況等に応じて適応的に配置する技術、及び、異種ネットワークを統合的に利用してコンテンツの発見・誘導・配信を行う制御技術を開発し、それらの技術を柔軟でスケラブルに実現するアーキテクチャ検討を行い、コンテンツ流通プラットフォームの基盤技術を確立する。



Partial Deploymentへの対応

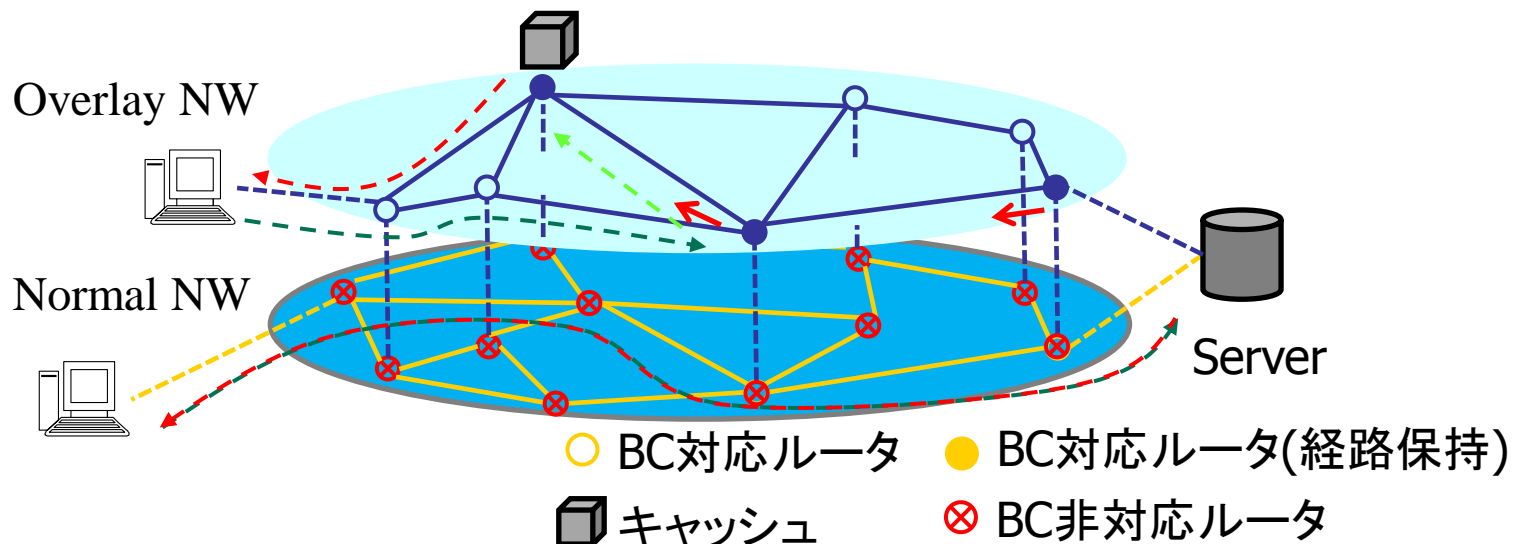
- BreadcrumbsのPartial Deployment時の問題点
 - Breadcrumbsの誘導が途中で切れる
 - 途中切断に起因するBreadcrumbsの無効化により、本来有効なBreadcrumbsが削除される
- Partial Deploymentへの対応
 - オーバーレイによるBreadcrumbsプレーンの形成
 - Breadcrumbsプレーンと基盤ネットワークとの連携



Overlayにおける部分普及

BC導入ノードのみでOverlayを構成

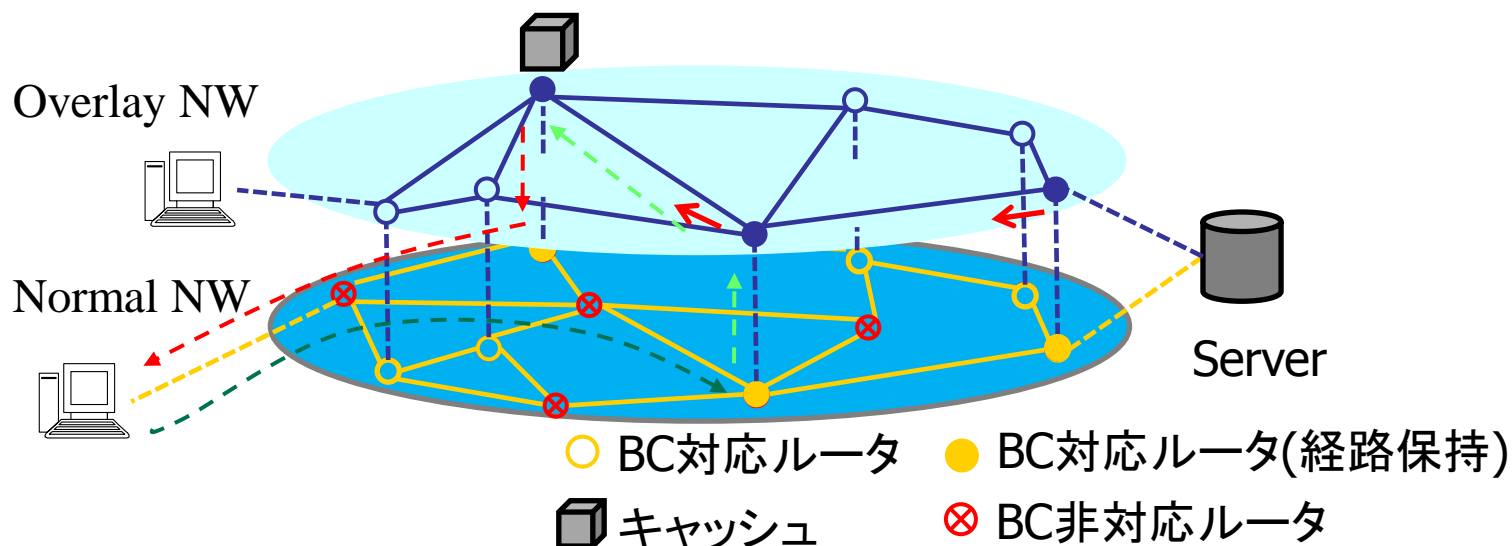
- Normal NWにおいてはサーバへ向けて転送
- Overlay NWにおいてはBCを利用した転送
- コンテンツはそれぞれのNWにおいて転送



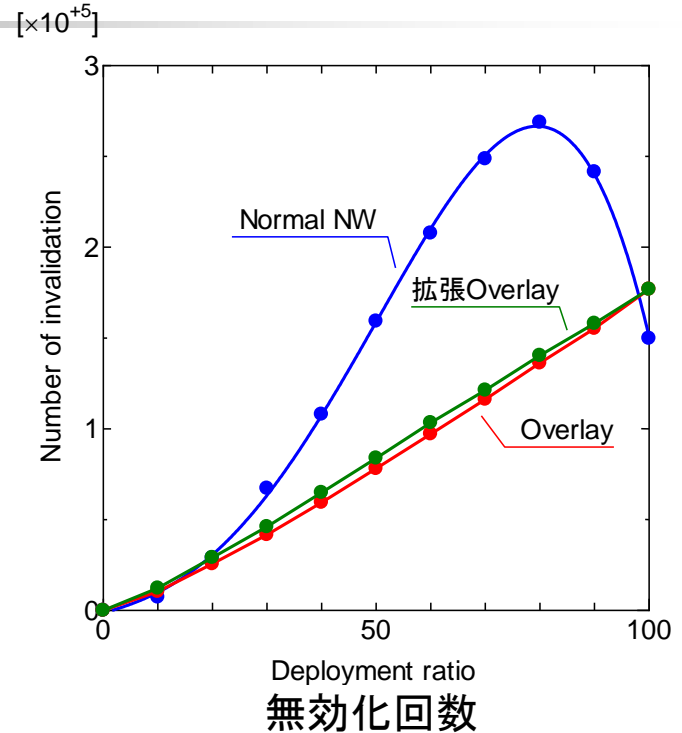
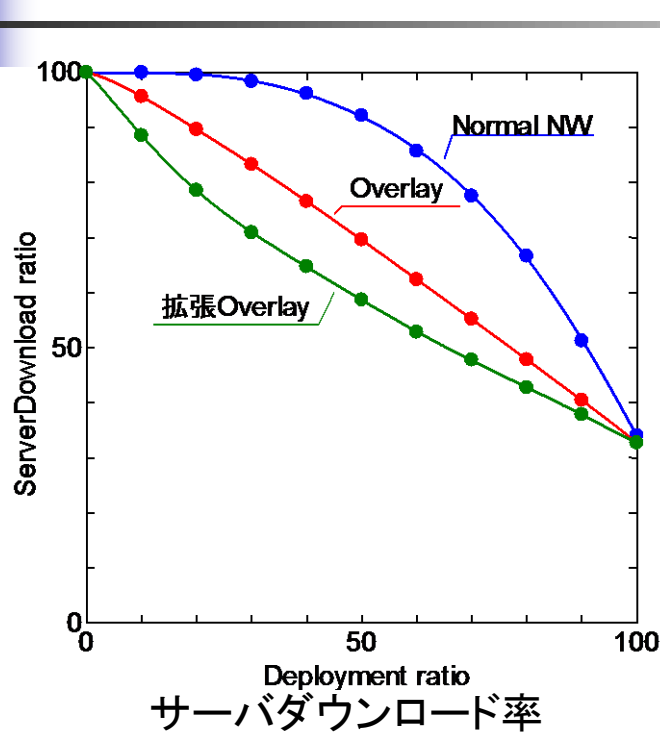
拡張Overlayにおける部分普及

下位ネットワークにおいてBCの機能を開示

- Normal NWからの要求であってもBC対応ルータ到達するとOverlay NWへ遷移
- Overlay NWに遷移した要求はBCに従い誘導
- 要求がキャッシュに到達するとNormal NWに遷移してデータ転送



Overlayにおける部分普及時の性能評価



Overlay 経路が途切れる状況が減少

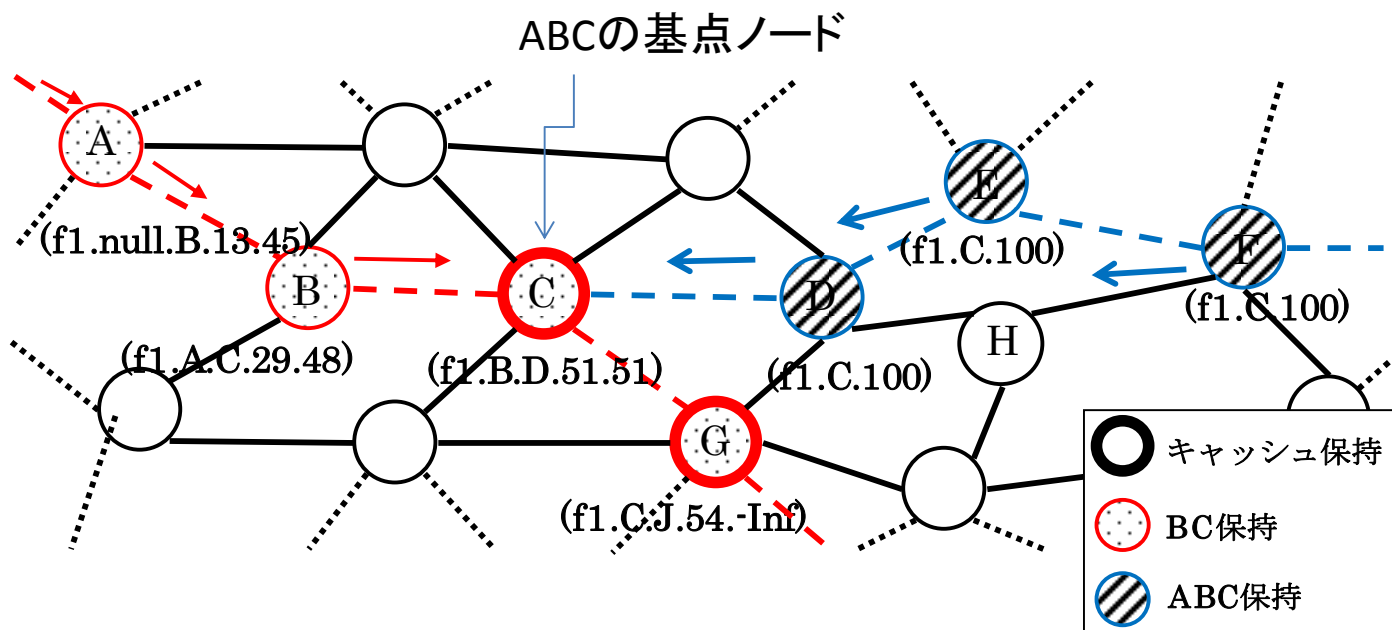
拡張Overlay Overlay非参加ユーザであってもBCの恩恵を得られている

キャッシュの有効利用

ネットワーク誘導の積極的利用

■ Active Breadcrumbs

- Breadcrumbs (誘導情報) を状況に応じて積極的に配布することで、コンテンツ要求を誘導

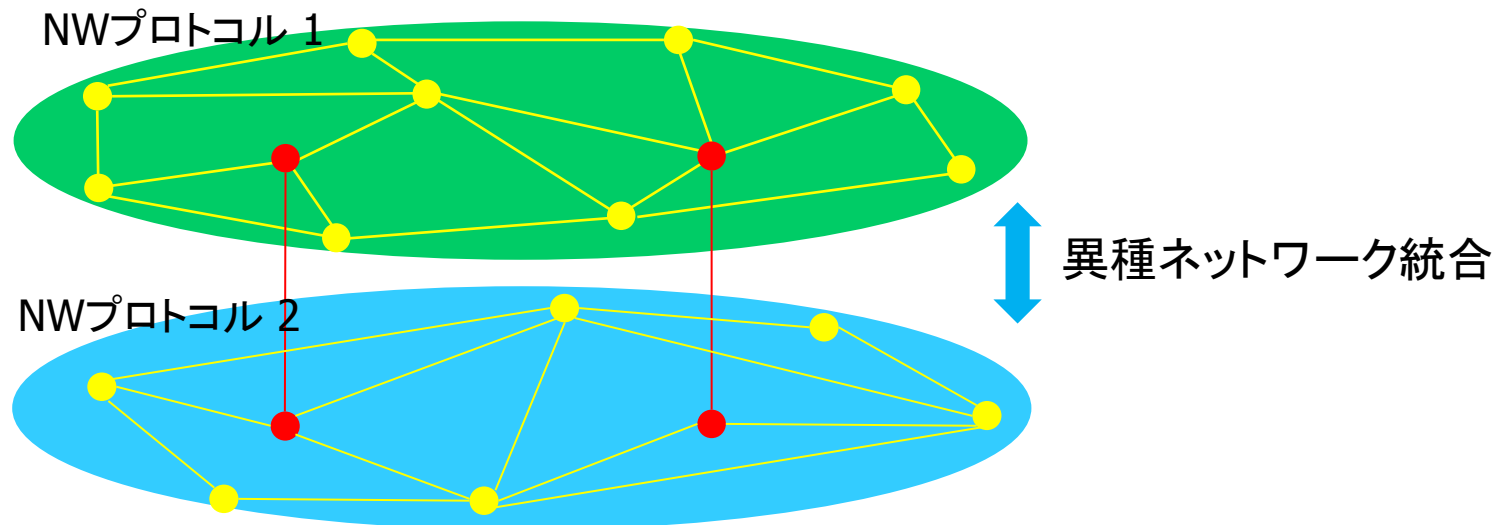


ABCの適用事例
(BCのキャッシュノードCが基点となりABCを配布)

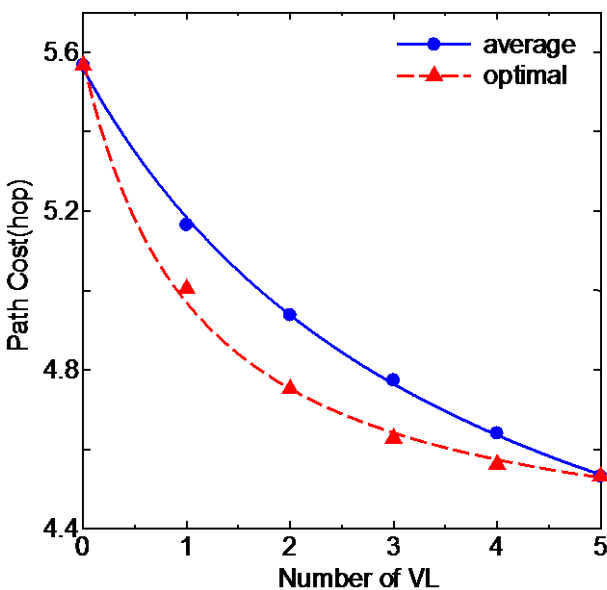
コンテンツID指定による異種ネットワーク統合

■ 異種ネットワーク統合

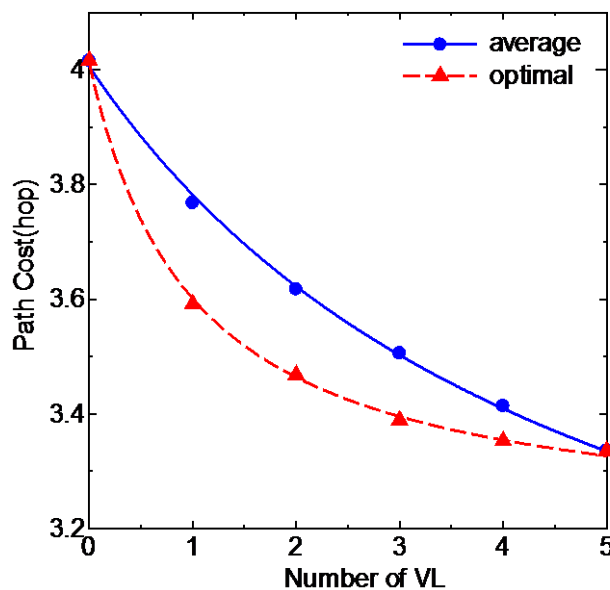
- コンテンツIDによる指定により、同一ネットワークプロトコル上のサーバからしかコンテンツを取得できないという従来の束縛からの解放
- 異種ネットワーク経路による候補パスの増加
 - ➡ 最短経路改善の可能性



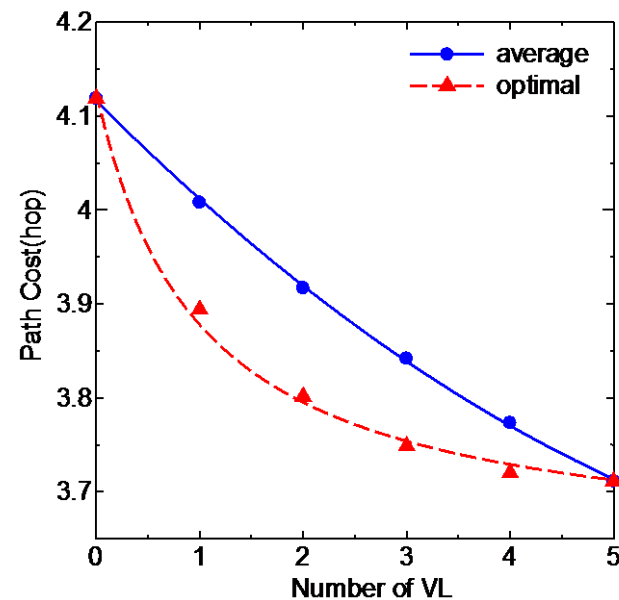
異種ネットワーク連携の効果



(a) Random



(b) Homogeneous BA



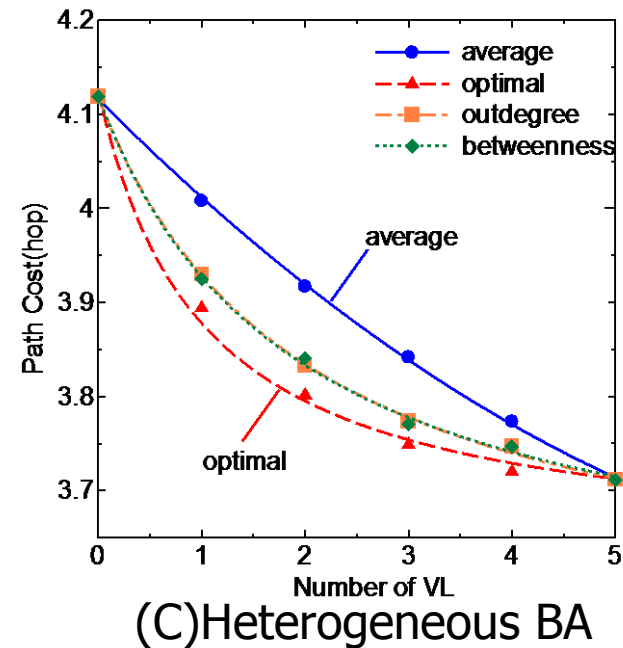
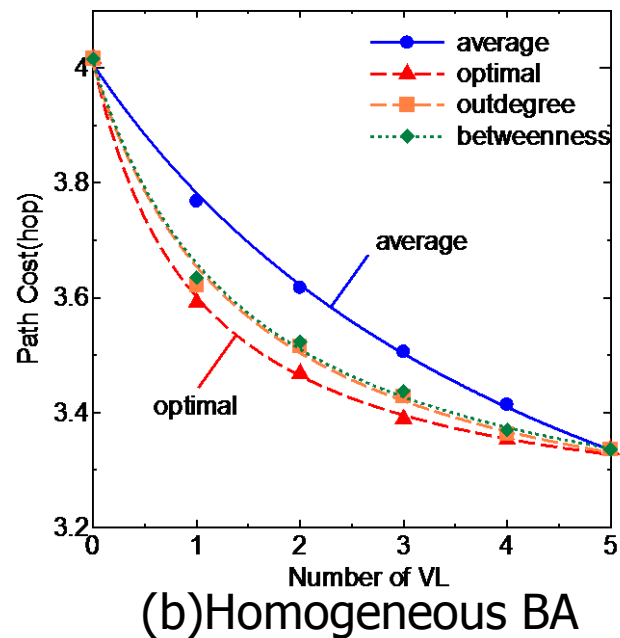
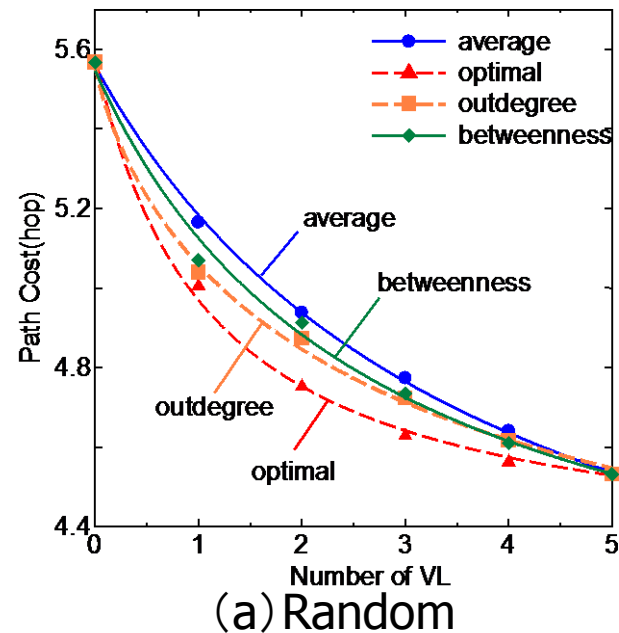
(c) Heterogeneous BA

異種ネットワーク連携の効果 = パスコストの減少

異種ネットワーク連携ノードの増加に伴い、効果が増加

最適配置の効果が大きいことから、戦略的配置の必要性

異種NW連携ノードの戦略的配置



Outdegreeという簡単な指標による戦略的配置により、大きな効果



今後の展開

- 平成23年度～24年「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発」
課題ウ「新世代ネットワークアプリケーションの研究開発」
における「ネットワーク誘導を利用した新世代コンテンツ配信アプリケーション」
- コンテンツオリエンテッドネットワークとしての、Space Decoupling (どこからコンテンツが得られるかに関心がなく、コンテンツそのものの取得に関心がある)のさらなる実現に向けた研究を進める
- JGN-X上での実験へ準備を進める



まとめ

- 新世代ネットワークの一つの方向性としてのコンテンツオリエンテッドネットワーク
- キャッシュネットワークの重要性
- ネットワーク内の誘導情報による効率的運用
- 誘導情報を利用した新世代NWアプリケーション
 - Breadcrumbs
 - Breadcrumbsの応用技術
- 実用化、実装を視野に入れた研究(部分普及)
- 今後の展開としてのJGN-X上での実験