第6回ネットワーク仮想化二種研究会

データ指向型ネットワークの検討

2013.03.04

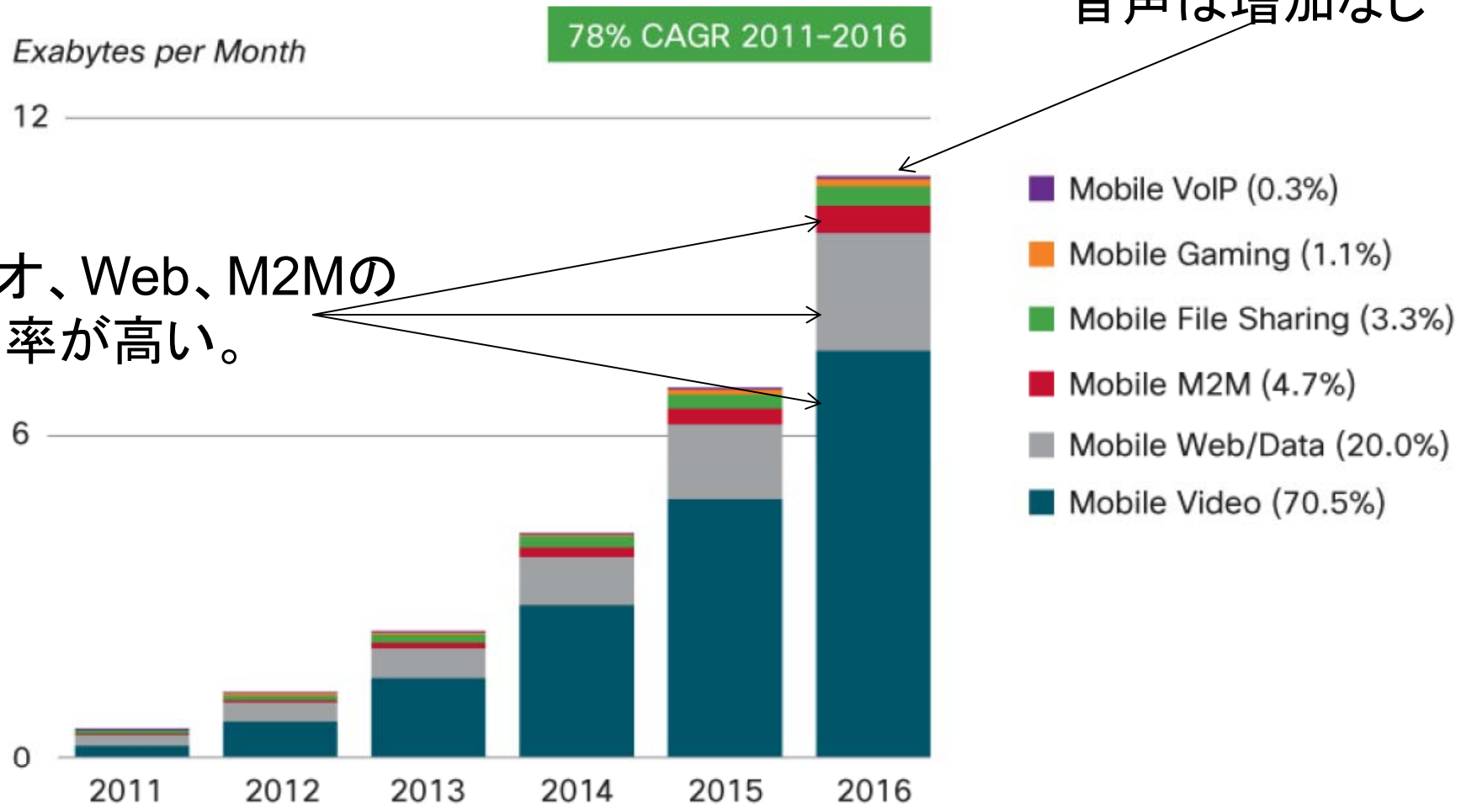
松原大典、藪崎仁史　（株）日立製作所横浜研究所
岡本 聡、山中 直明　慶應義塾大学
高橋達郎　京都大学

背景

モバイルトラフィックの予測

音声は増加なし

ビデオ、Web、M2Mの
増加率が高い。



M2M: Machine-to-Machine

出典: Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011–2016

背景

- ネットワークの主用途の変革
  - 従来のネットワーク(例:電話交換網)は音声通話などの端末間通信が中心。
  - 現在のインターネットはWEBやメディア配信などネットワークから所望のデータを配信・取得する用途が中心。
    →通信相手である端末の場所は意識しない。
- 今後データの爆発が予想される。
  - クラウドにより、全てのサービスや映像メディアはネットワーク経由で配信される。
  - スマホ、タブレット端末、LTEなど端末の高性能化が続く。
  - M2Mによる大量の微細・リアルタイムデータが流通する。
- 膨大なデータの配信・取得を容易かつ効率的に実現する技術が必要。

データ指向型ネットワークの概要

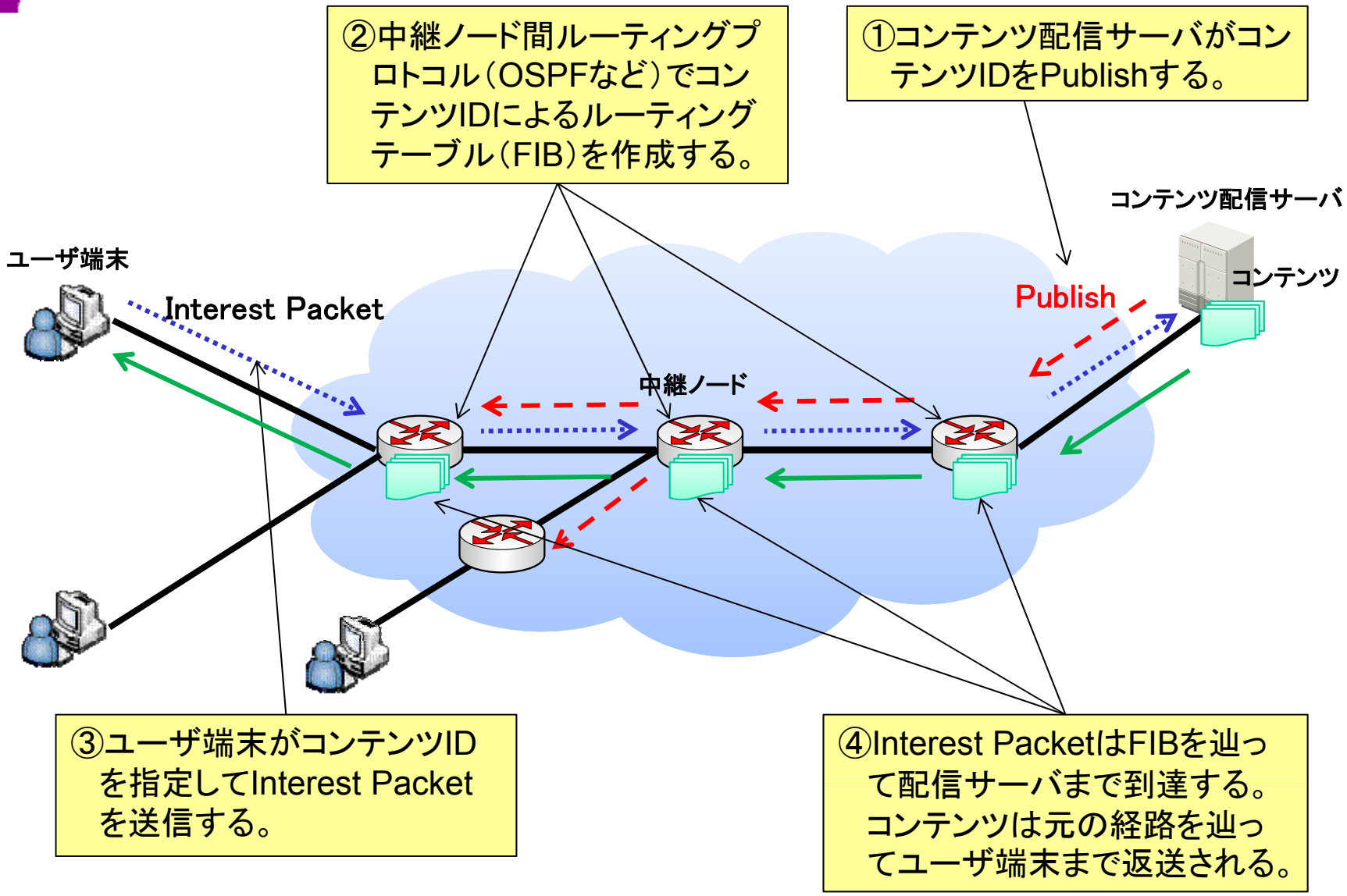
- 近年データ指向型ネットワークの研究が実施されている。（それぞれのコンセプトや方式は微妙に異なる。）
  - CCN(Content-centric Networking)：
    米PARC Van Jacobsenが推進しているNDN（Named Data Networkingなど
  - ICN（Information-centric Networking）：
    欧州NetINF（Network of Information）など。
  - その他：
    TRIAD（Translating Relaying Internet Architecture integrating Active Directories）
    DONA（Distributed Object-oriented Network Architecture）
    PSIRP（Publish-Subscribe Internetworking Routing Paradigm）
    Breadcrumbs
- 正式な総称はまだない。
  - DON（Data-oriented Network）と呼んでいるサーベイあり。
  - IETF、IEEE等ではICNを総称としているケースが多い。
  - ITU-TではDAN（Data Aware Networking）と呼んでいる。

CCN/ICNの概要

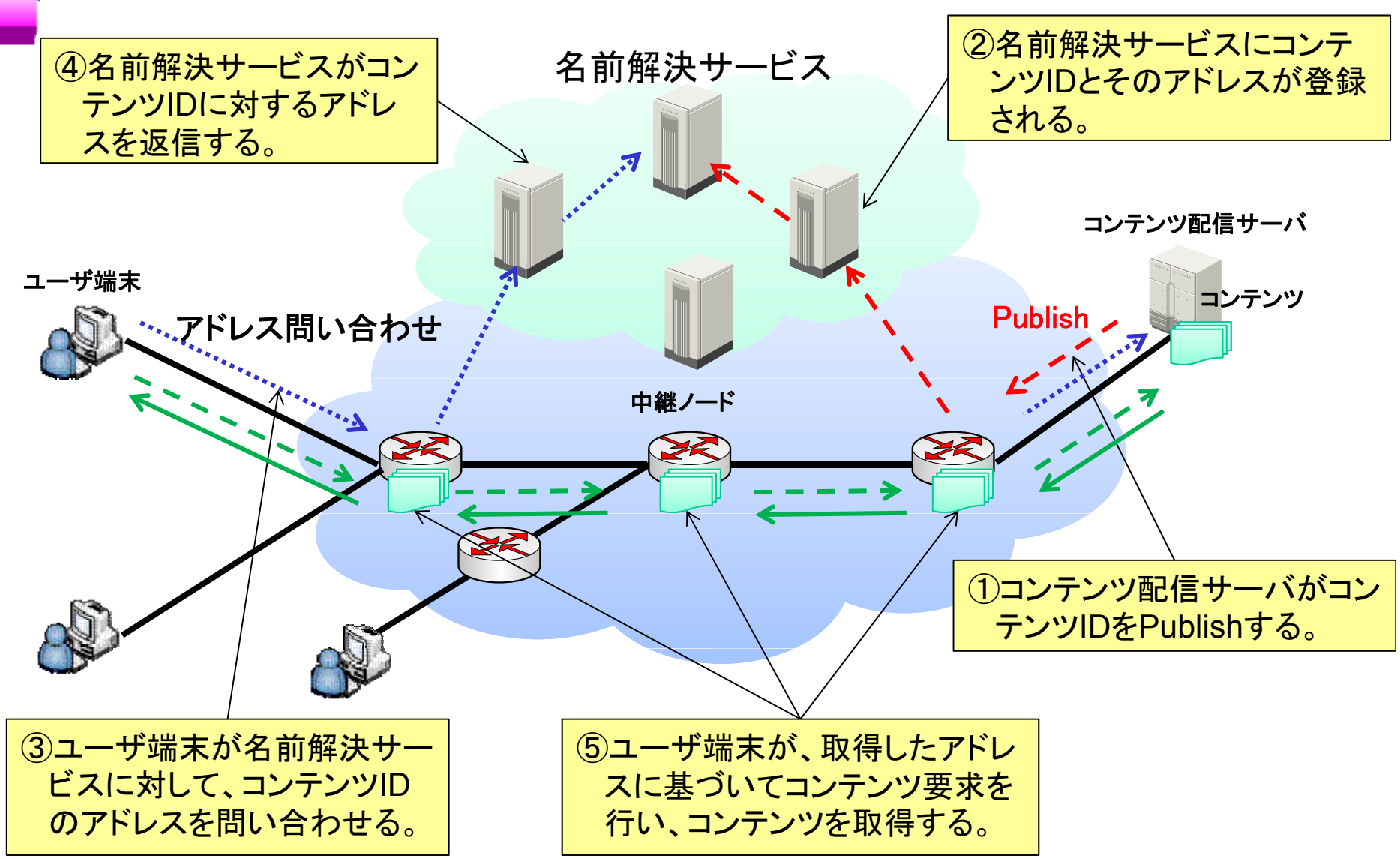
- Content-centric Network（CCN）：米国パロアルト研究所のVan Jacobsenが提案する、コンテンツの名前（ID）に基づいて通信を行うネットワークアーキテクチャ
  - 位置依存型アドレス（IPアドレス）ではなく、コンテンツの名前（ID）を用いて通信する。端末は通信相手の位置を意識する必要がない。
  - 中継ノードがコンテンツを保持（キャッシュ）してリレーすることで、端末間のend-to-endの通信が不要となる。
  - 端末間の通信路を認証・暗号化（IPSec、SSLなど）するのではなくコンテンツ自体を暗号化し中継ノードではコンテンツ自身の認証を行う。
- Information-centric Networking（ICN）：欧州を中心に検討されている 別アーキテクチャ。
  - (例) NetInf: Network of Information

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

CCNの概要


②中継ノード間ルーティングプロトコル（OSPFなど）でコンテンツIDによるルーティングテーブル（FIB）を作成する。
①コンテンツ配信サーバがコンテンツIDをPublishする。
コンテンツ配信サーバ
コンテンツ
ユーザ端末
Interest Packet
Publish
中継ノード
③ユーザ端末がコンテンツIDを指定してInterest Packetを送信する。
④Interest PacketはFIBを辿って配信サーバまで到達する。コンテンツは元の経路を辿ってユーザ端末まで返送される。

ICNの概要


④名前解決サービスがコンテンツIDに対するアドレスを返信する。
名前解決サービス
②名前解決サービスにコンテンツIDとそのアドレスが登録される。
コンテンツ配信サーバ
ユーザ端末
コンテンツ
Publish
アドレス問い合わせ
中継ノード
①コンテンツ配信サーバがコンテンツIDをPublishする。
③ユーザ端末が名前解決サービスに対して、コンテンツIDのアドレスを問い合わせる。
⑤ユーザ端末が、取得したアドレスに基づいてコンテンツ要求を行い、コンテンツを取得する。

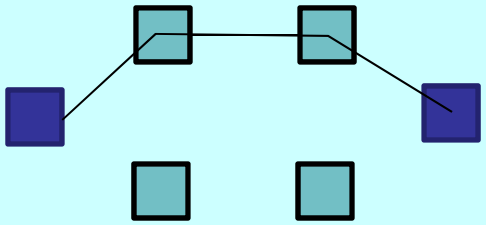
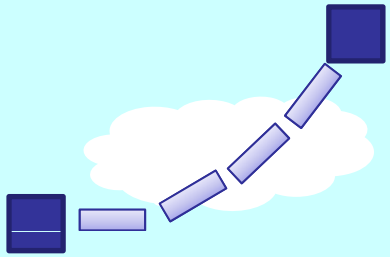
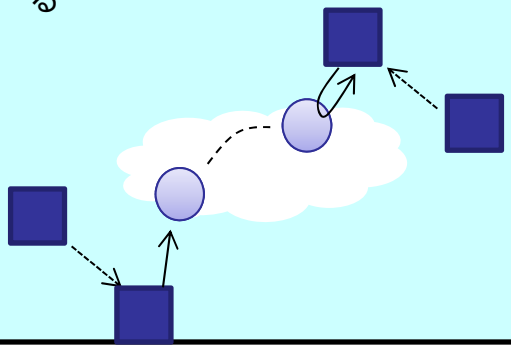
CCN/ICNの比較および課題

- CCN/ICNは多くの項目で共通点がある。
- 主な違いはルーティング方式にある。
- CCN/ICNの両方にスケーラビリティの課題がある。

	CCN	ICN（NetInf）
通信形態	名前（ID）による通信、publish /subscribe型通信	同左
コンテンツキャッシング	あり	同左
セキュリティ	コンテンツ自身の認証	同左
名前空間（ID）	階層型ID	フラットなID
名前解決サービス	なし	あり
ルーティング	名前によるルーティング	IDとアドレスによるルーティング
スケーラビリティに関する課題	ネットワークの広範囲に情報が分散して配置されると、中継ノードにて保持する経路情報が増加する。	情報の追加・移動・更新・削除が頻繁に発生する場合、名前解決サービスの負荷が増加し、通信遅延が発生する。

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

DCN（Data-centric Network）の提案

	PSTN（電話網）	IP（インターネット）	Data-centric Network
時期	1930年代～	1980年代～	2020年代～
主用途	音声通話	WEB	M2M
通信形態	人対人（1対1）	端末対サーバ（n対1）	モノ対モノ（n対n）
通信方式	回線交換	パケットフロー転送	データオブジェクト伝搬
長所	信頼性、QoS	接続性、性能	モビリティ、効率性など
短所	効率性	信頼性、QoS、モビリティ	性能（帯域・遅延）
概要	• 端末ID（電話番号）を指定して通信回線を設定 	• 端末の位置（IPアドレス）を指定してパケットフローを流し込む 	• 送信者はデータオブジェクトをネットワークに渡し、受信者はオブジェクトIDを指定してオブジェクトを取得する 

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

M2Mサービスの要件

1. 端末（M2M機器）の大量化、低価格化、低機能化
500億個以上の端末がネットワークに接続され、その大半がセンサなど低機能且つ低価格な端末となるため、簡易なネットワーク接続方式や通信方式が必要となる。

2. 端末やデータの移動の容易化
端末やデータの移動・移設（仮想サーバのマイグレーションを含む）や交換（センサ機器の取り替えなど）は最小限の設定だけで容易に実現できることが必要となる．端末やデータがネットワークの広範囲に分散して移動してもデータを容易に取得・配信できるようにする必要がある．

3. データのダイナミックな変化への対応
M2M機器が発信するデータはダイナミックに変化し、データの追加・移動・更新・削除が頻繁且つ不規則に発生する。データが利用されるタイミングの予測は困難であり、センサの状態データのように一時的に蓄積された後削除されるデータも多い。ネットワークはこのようなデータに逐次追随しつつアクセス可能とすることが必要となる。

4. 多対多通信
大量の端末が発信するデータを多数のサービスサーバが利用する多対多の通信が増加し、unicast以外の通信形態（broadcast、multicast、publish/subscribe、クエリ/key-value-store）が通信の大半を占めるようになるため、ネットワークはこれらの通信形態をサポートする必要がある。

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

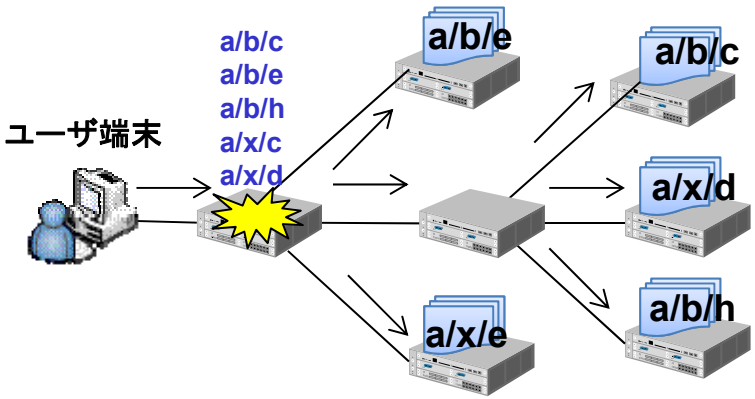
IPネットワークとの比較

要件	IPネットワーク	DCN
1. M2M機器（端末）の大量化、低価格化、低機能化	端末にIPアドレス取得、名前解決、通信制御のための機能（DHCP、DNS、TCP）が必要。	端末は左記機能を有さず、データのIDのみを用いた簡易な方式で通信を実現。
2. 端末やデータの移動の容易化	端末移動時のIPアドレス設定など端末およびネットワークの各種設定が必要。	端末やデータの移動や更新に対するアドレス等の再設定が不要。
3. データのダイナミックな変化への対応	サーバに随時データをアップロードした上で、端末からのアクセスを受け付けて実現。	ダイナミックに変化するデータをネットワーク内で蓄積し、アクセス可能とする。
4. 多対多通信	ネットワークに接続したサーバが仲介して多対多通信を実現。	ネットワーク内の中継ノードの機能を用いて多対多通信を実現する。

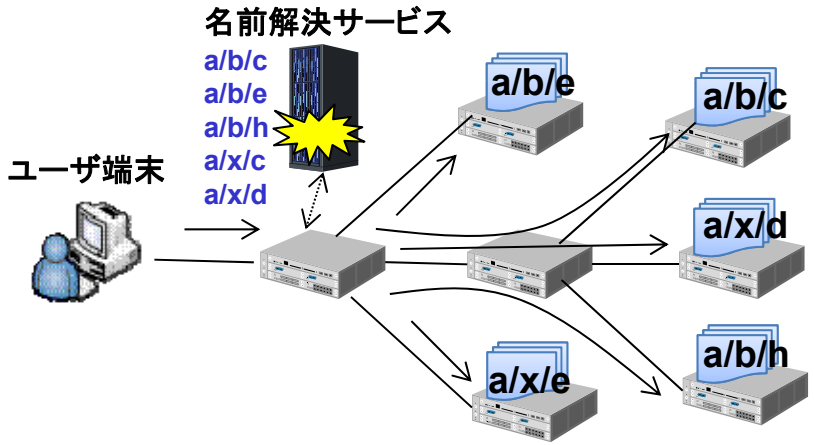
Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

提案方式の概要

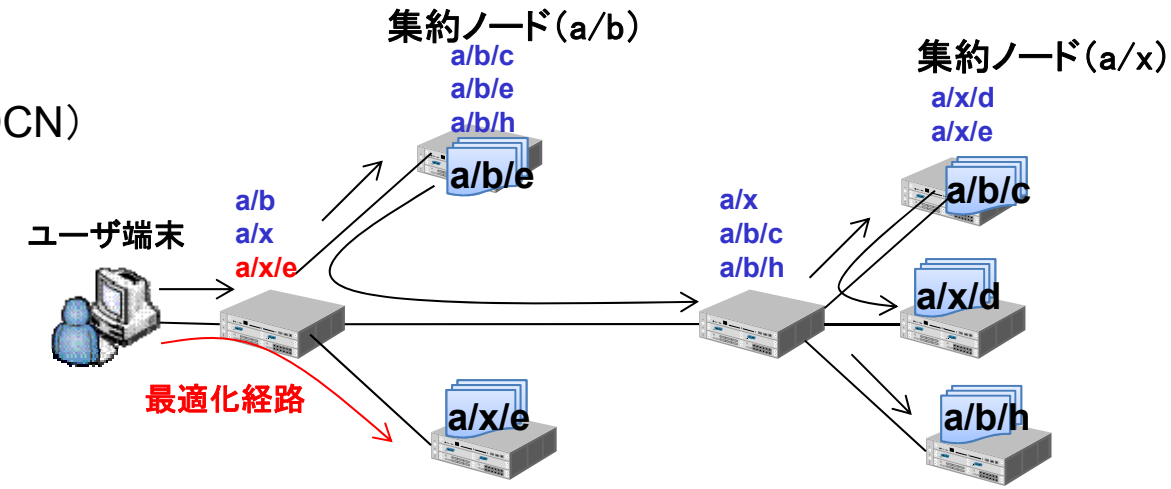
従来方式1（名前ルーティング型、CCN相当）
概要：階層型IDによるルーティングを行う。
課題：ノードにて保持する経路数が増加。



従来方式2（名前解決型、ICN相当）
概要：名前解決サービスにてIDを位置情報に変換する。
課題：問い合わせ負荷が増加、通信遅延が発生する。



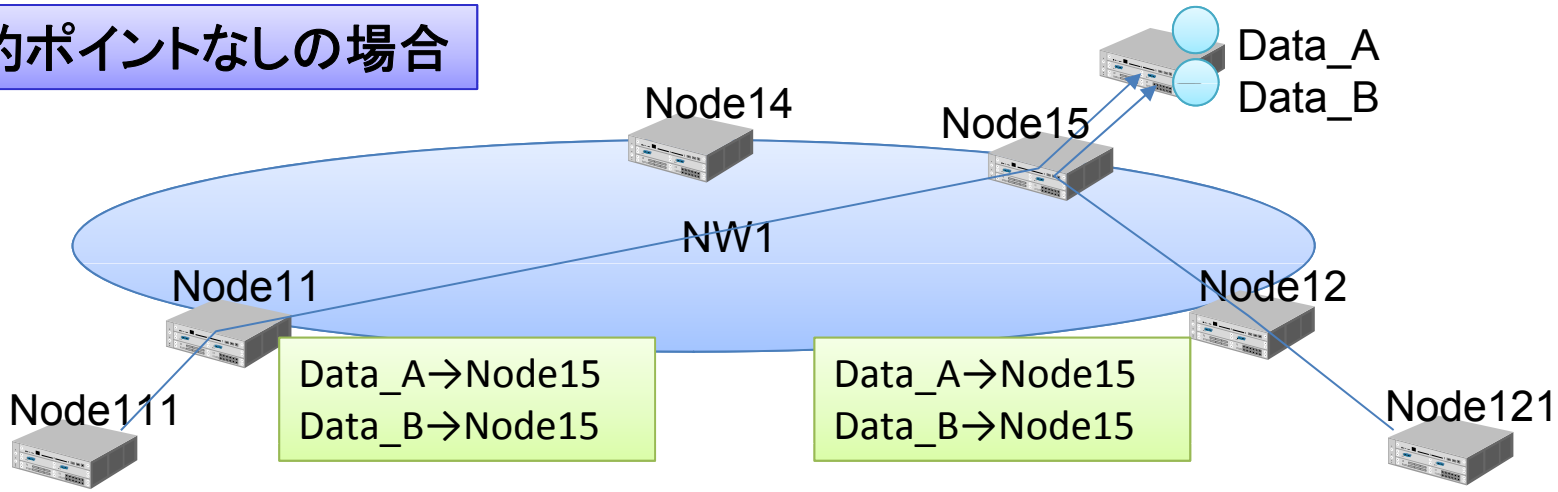
提案方式（経路集約・最適化型、DCN）
・集約ノードにて経路を集約。
→経路数削減
・最適化経路を形成。
→負荷と通信遅延削減



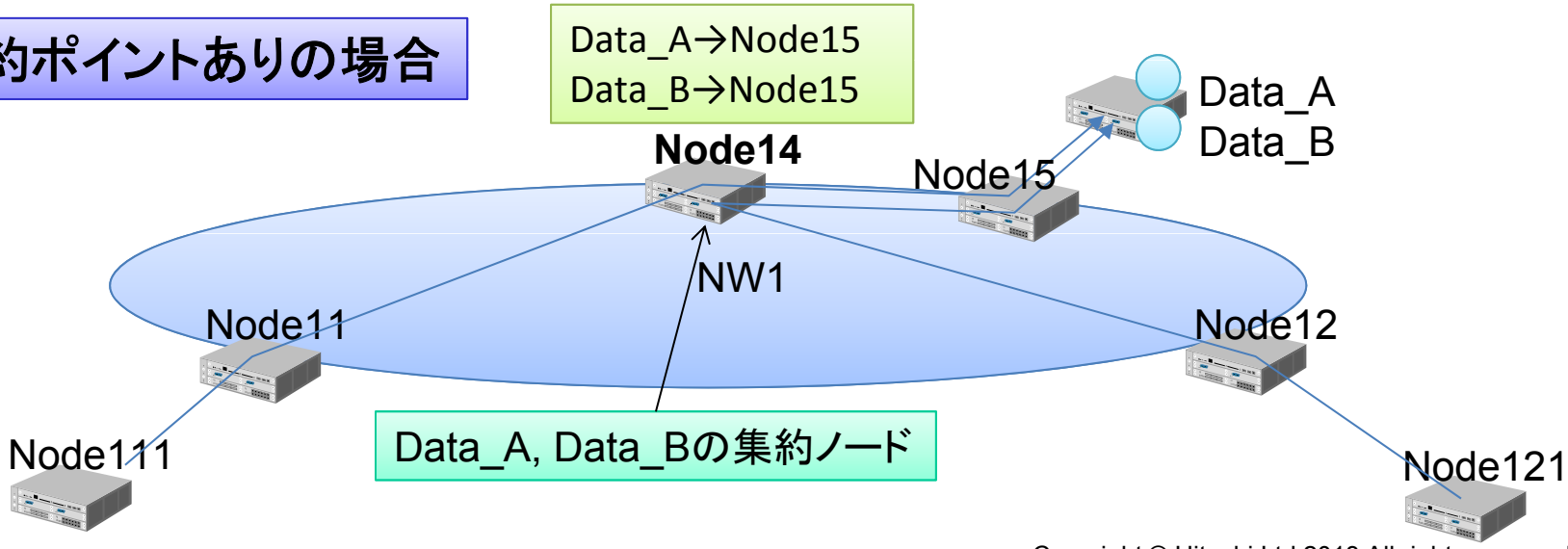
Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

提案方式の効果（経路の集約）

集約ポイントなしの場合



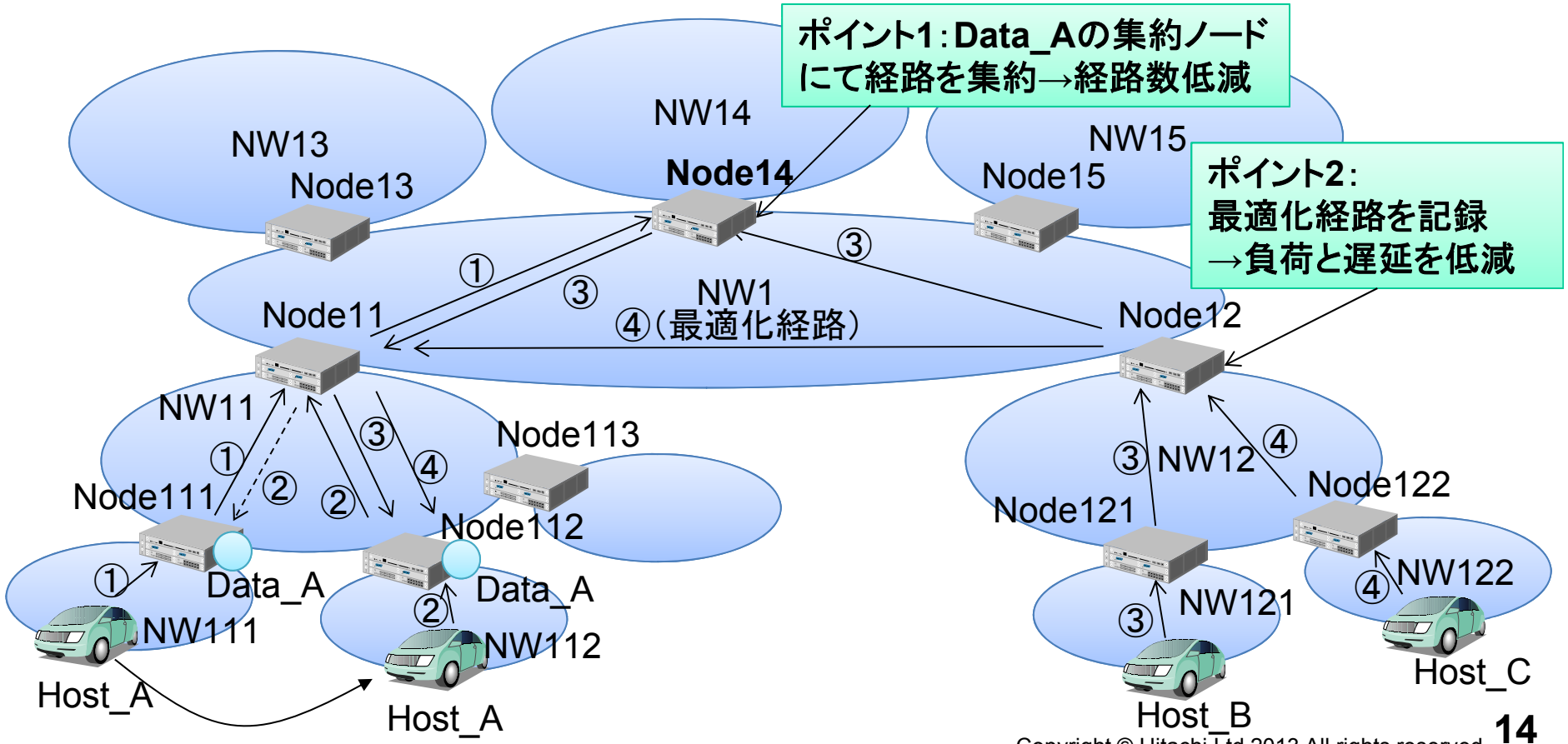
集約ポイントありの場合



Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

DCNの動作例（経路の集約と最適化）

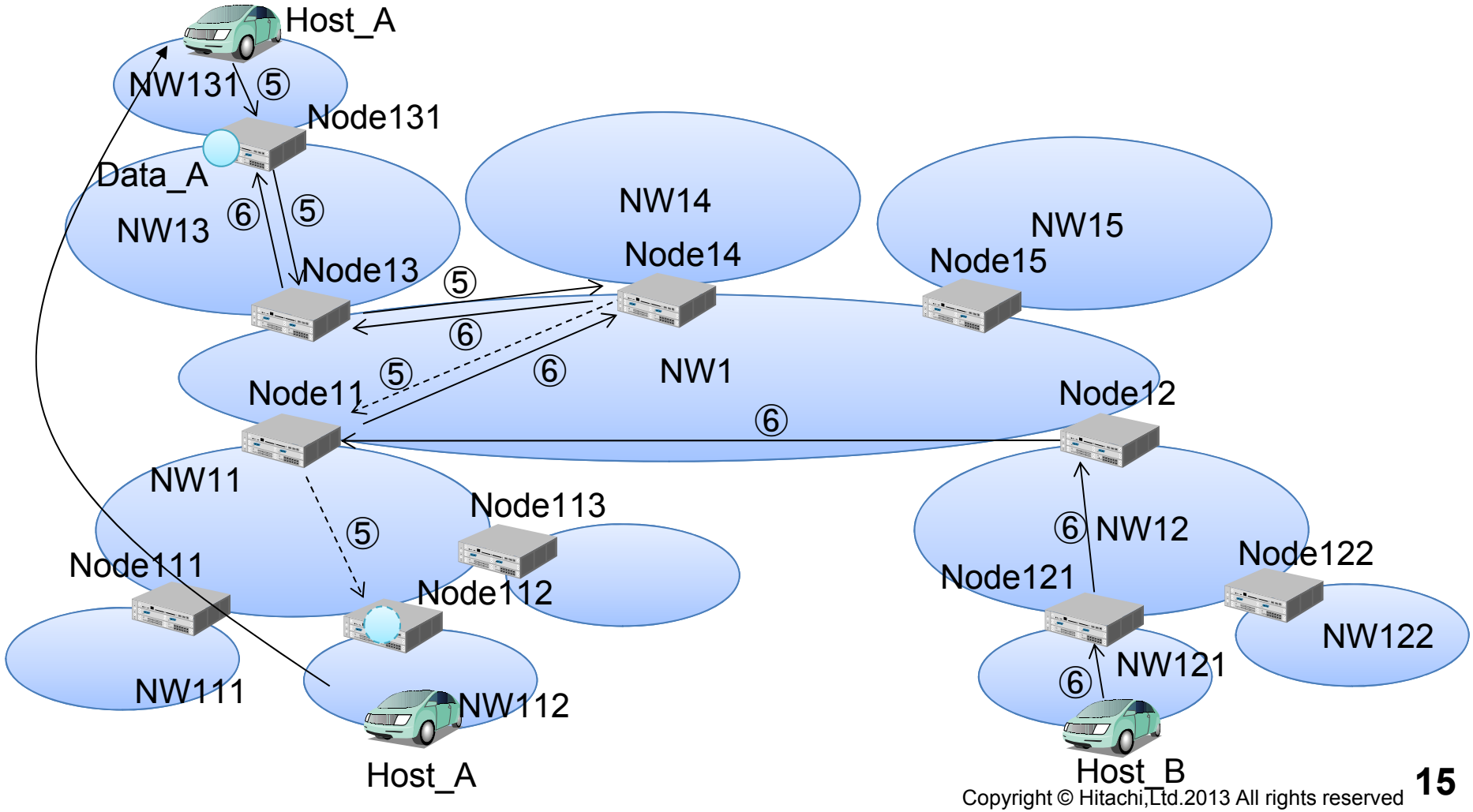
- ①②Host_AがData_AをNode14（集約ノード）に登録・移動。
- ③Host_BがNode14（集約ノード）経由でアクセス。
- ④Host_Cが最適化経路でアクセス。



Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

DCNの動作例（集約ノード配下での移動）

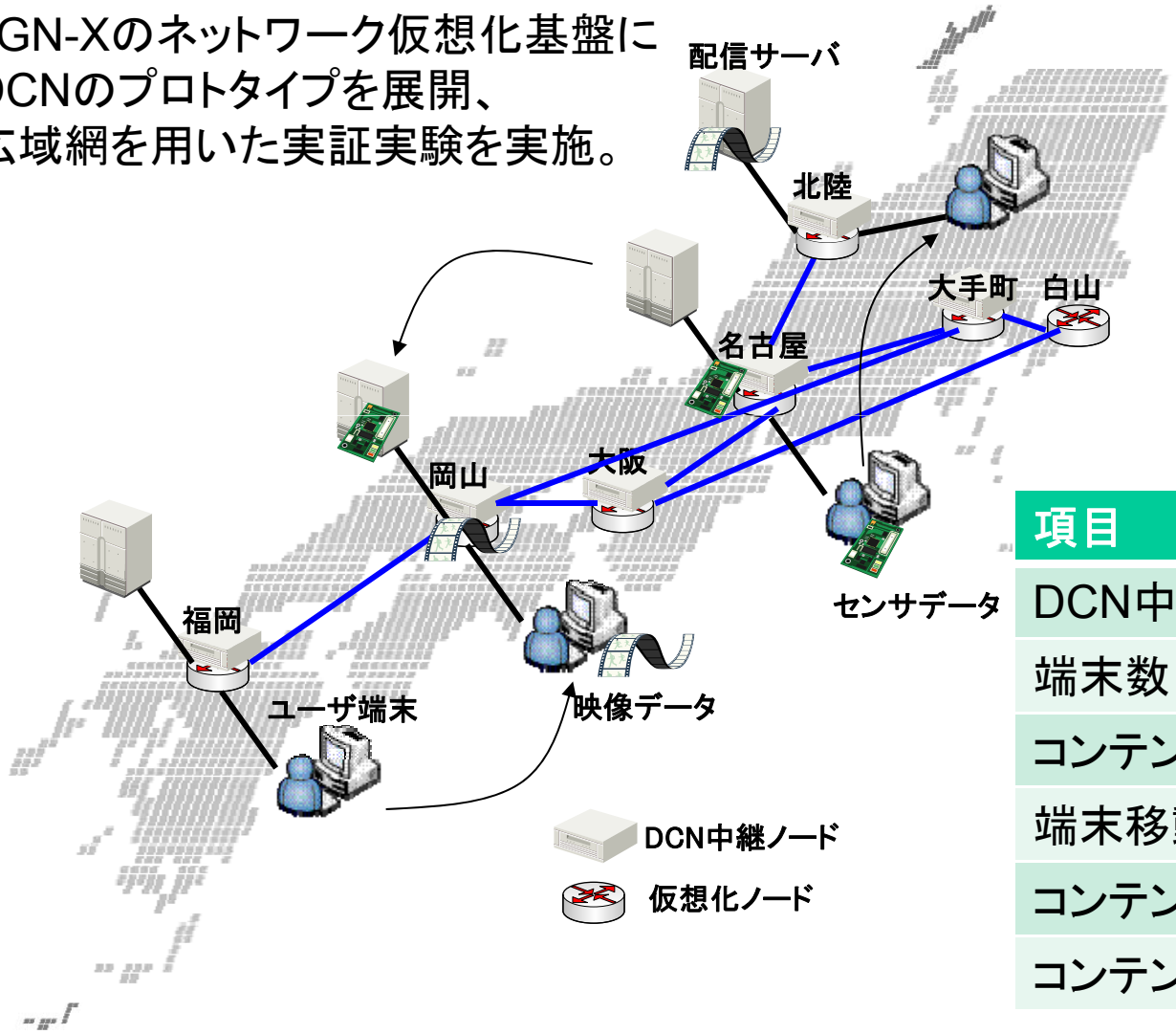
- ⑤Host_AがNW131に移動、Data_Aを登録。
- ⑥Host_BがNode11→Node14経由でData_Aをアクセス。



Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

テストベッドでの実験

JGN-Xのネットワーク仮想化基盤に
DCNのプロトタイプを展開、
広域網を用いた実証実験を実施。



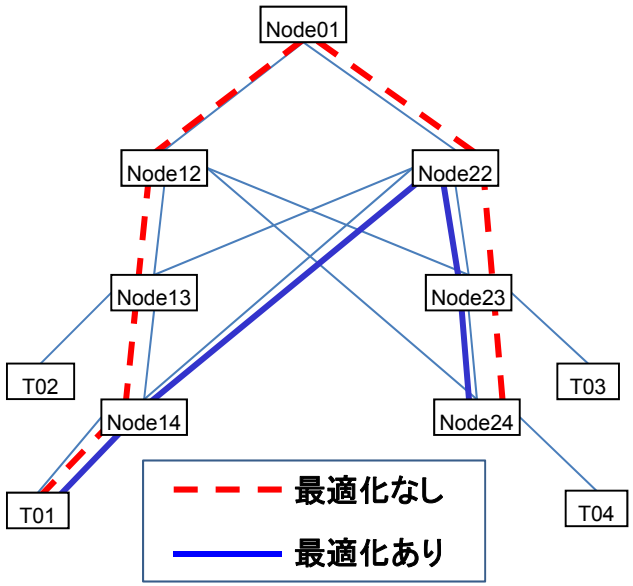
データ種別として、センサデータと映像データを配信。端末（ユーザ端末と配信サーバ）はエミュレータで疑似的に移動。

項目	数値
DCN中継ノード数	6台
端末数	400台
コンテンツ数	400個
端末移動頻度	15分毎
コンテンツ登録頻度	5秒毎
コンテンツ取得頻度	10秒毎

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

実験結果①

- 経路数をデータID数の0%から100%に変化させ測定。
- 経路ヒット率が向上すると共に、ホップ数、遅延、帯域が減少。



図：実証実験のネットワークトポロジ

名前解決型相当　　名前ルーティング型相当

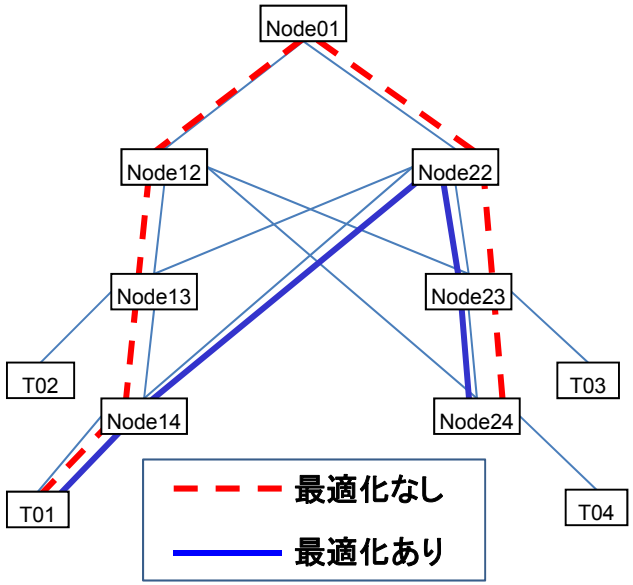
経路情報数の割合(%)	0	5	10	20	50	100
経路情報数	0	20	40	80	200	400
ホップ数	3.06	2.99	2.86	2.72	2.53	2.53
遅延(msec)	413	442	355	318	280	296
経路ヒット率(%)	0.00	4.58	12.4	27.7	47.6	49.1
データヒット率(%)	7.53	7.27	7.64	7.68	8.67	8.33
帯域(Kbps)	18.7	16.2	12.6	6.77	0.95	0.92

データキャッシュ容量の割合は5%で一定。

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

実験結果②

- データキャッシュを全データ数の0%から100%に変化させ測定。
- データヒット率が向上すると共に、遅延が減少。
  帯域は20%までは変化なし。



図：実証実験のネットワークトポロジ

キャッシュ容量の割合(%)	0	5	10	20	50
キャッシュ容量(KB)	0	20	40	80	200
ホップ数	2.85	2.71	2.55	2.27	1.45
遅延(msec)	424	416	288	228	88.4
経路ヒット率(%)	31.9	27.4	23.7	16.3	6.22
データヒット率(%)	0.00	7.74	15.3	30.1	62.7
帯域(Kbps)	6.91	6.96	6.60	6.75	2.82

経路情報の割合は20%で一定。

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

方式比較

- DCNは集約ノードを設けることで、経路情報の数を削減、ルーティングのスケーラビリティを実現。
- 名前解決を行わないため、データの変化に対するスケーラビリティも実現。
- ノード間の経路情報の交換もない。

	名前ルーティング型（CCN）	名前解決型（ICN）	DCN
ID	階層型	フラット	階層型
ルーティング	ID	IDとアドレス	ID
集合ポイント	なし	あり（名前解決サービス）	あり（集約ノード）
名前解決	なし	あり	なし
経路情報の数	大	小	中
データ更新による負荷や遅延	小	大	小
経路情報の交換	あり	なし	なし

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved

まとめ

- データのモビリティや変化（追加、更新、削除）に対してスケールする方式を検討、DCNのルーティング方式として、以下を提案した。
  - 経路情報：集約ノードを介したルーティングにより集約・縮小。
  - 通信遅延、トラフィック負荷：最適化経路により低減。

- ネットワーク仮想化基盤を利用した実験を実施。経路数20%の場合で
  - 経路情報：（名前ルーティング型と比較して）80%削減。
  - 通信遅延、トラフィック負荷：（ICN相当と比較して）33%と64%削減。

本研究は（独）情報通信研究機構の委託研究「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」の一環としてなされたものである。

Copyright © Hitachi,Ltd.2013 All rights reserved