

広域災害対応型クラウド基盤構築に 向けた研究開発 (環境対応型ネットワーク構成 シグナリング技術)

2013年10月1日

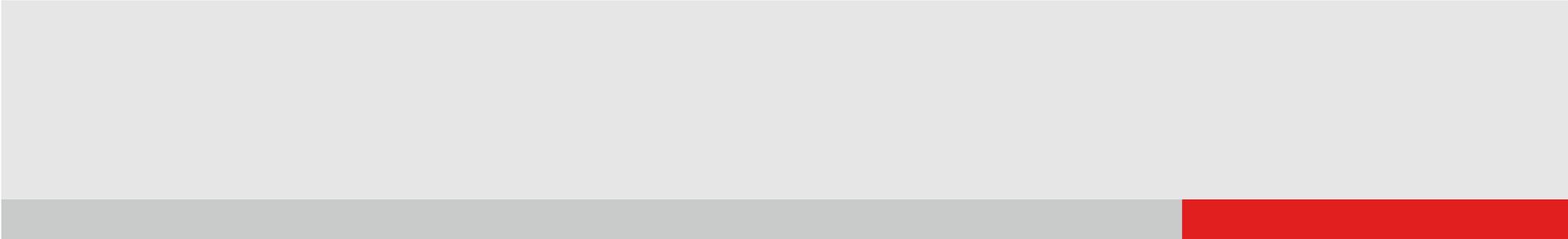
研究代表者

株式会社 日立製作所 高瀬 晶彦

研究分担者

富士通株式会社 宮田 英之

慶應義塾大学 山中 直明



Contents

1. クラウドシステムの効率化
2. 課題の構造
3. メトロ・コアネットワーク省電ルーティング
4. ネットワークとデータセンタ連携による省電力化
5. 分散制御アーキテクチャによる省電力化
6. まとめ

1

クラウドシステムの効率化

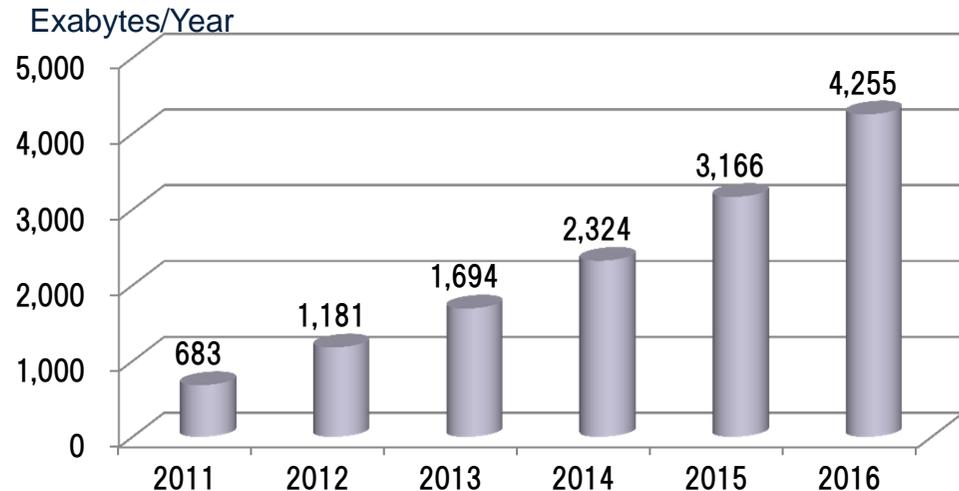


クラウドトラフィックの増大

■クラウドの普及に伴いトラフィックは急激に増大

- 年率44%(2011~2016)
- インターネット・移動体トラフィック増の大半がクラウド起因

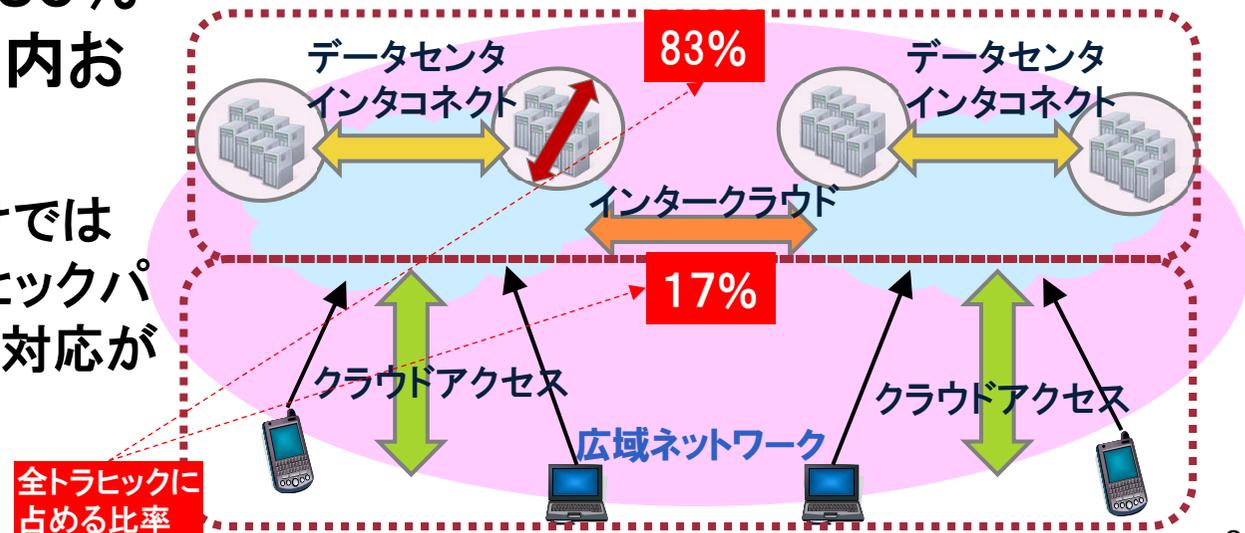
世界のクラウド データセンタトラフィック



出典: Cisco Global Cloud Index, 2012

■クラウドトラフィックの80%以上がデータセンタ内およびデータセンタ間

- トラフィック量急増だけではなく予測困難なトラフィックパターンおよび変動への対応が課題

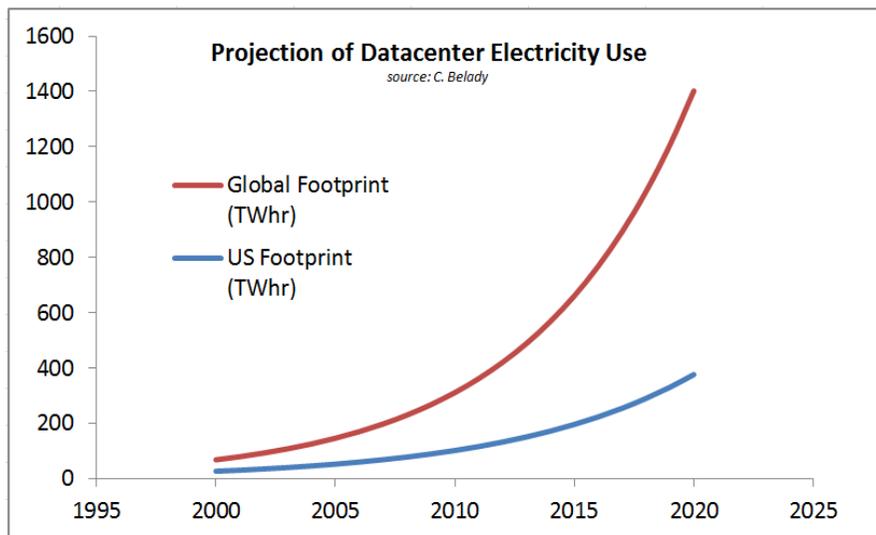


出典: Cisco Global Cloud Index 2012

ICTシステム消費電力増加

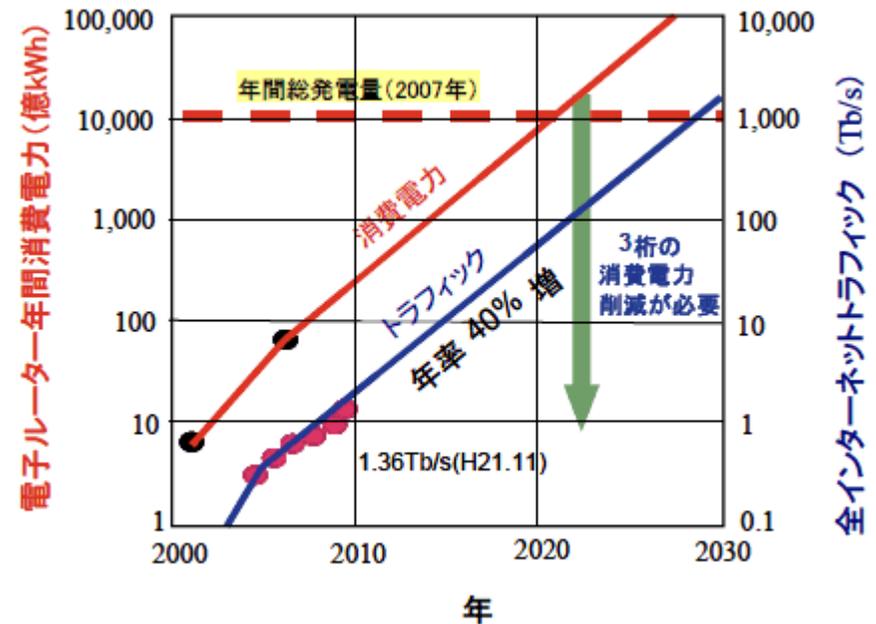
- データセンタ、ネットワークの消費電力が急激に増加
 - 2020年には、2010年比5倍以上増加
- Green Data Center潮流
 - 消費電力の削減が必須の課題に

図1 データセンターの消費電力推移予測



出典: C. Belady, Microsoft Corporation, "Projecting Annual New Datacenter Construction Market Size," Mar. 2011 http://cdn.globalfoundationservices.com/documents/Projecting_Annual_New_Data_Center_Construction_PDF.pdf

図2 ネットワークのトラフィックの増大とルータ消費電力



出典: プレスリリース 2010年8月24日 独立行政法人 情報通信研究機構 <http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h22/100824/100824.html>

クラウドシステム全体での省電力化の必要性

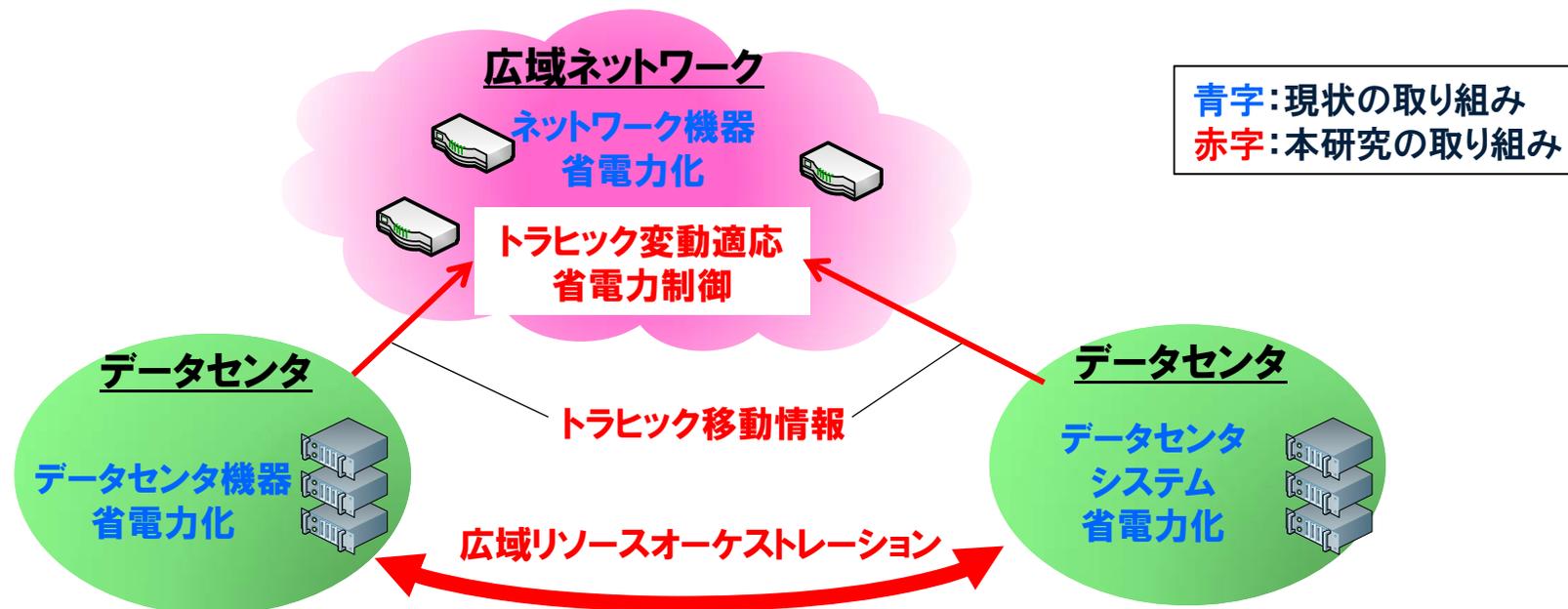
■ 現状の取り組み: サブシステム毎のエネルギー効率改善

- データセンタ省電力化: ICT機器、給電、空調、エアフロー、....
- ネットワーク機器省電力化: 半導体技術、電力制御、光伝送、...



■ データセンタと広域ネットワークが連携し、さらなる効率化

- 広域でのリソースオーケストレーション(ネットワーク×データセンタ)
- トラヒックの変動に適応したネットワークの省電力制御



プロジェクトの狙いと課題

■ 広域クラウド省電力化を実現するクラウド管理システムの実現

- 広域に分散するデータセンタ間でのリソース融通
 - ◆ トータルシステムとしての省電力化を実現するリソースの適正配置
- 広域ネットワーク省電力化のためのトポロジ制御
 - ◆ ネットワークトラヒック変化に適応した省電力化ネットワーク構成制御
- サービスレベルを維持した省電力制御
 - ◆ クラウド負荷変動に追従可能なリソース配置制御
 - ◆ モニタリング連携による予期せぬ負荷変動への対応
- 自律制御型分散システムによる運用コスト低減の可能性



- ✓ サービスレベル・信頼性を維持しつつ、電力削減・運用効率化
- ✓ システム全体で2～3割の消費電力削減を実現

■ 激甚災害等、制約のある状況での重要リソース確保・運用

■ リソース管理・制御インタフェースの確立、標準化推進

2

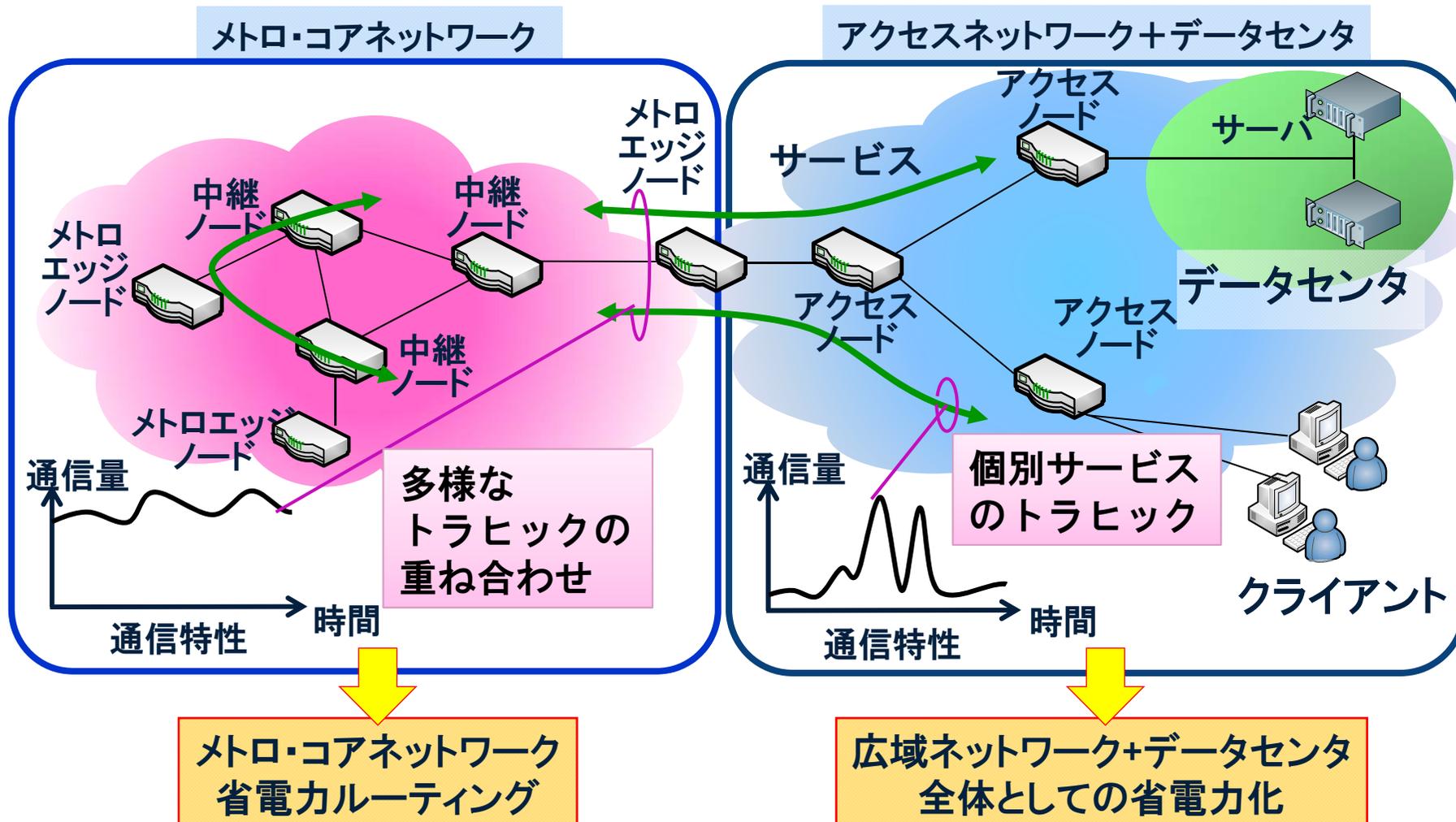
課題の構造



二つのターゲットシステムとアプローチ

■ ネットワークドメイン毎に異なるトラフィック特性への対応

- メトロネットワーク: 多様なトラフィックの重ね合わせによる変動特性
- データセンタ+アクセス: アプリケーションや利用形態に依存する変動特性



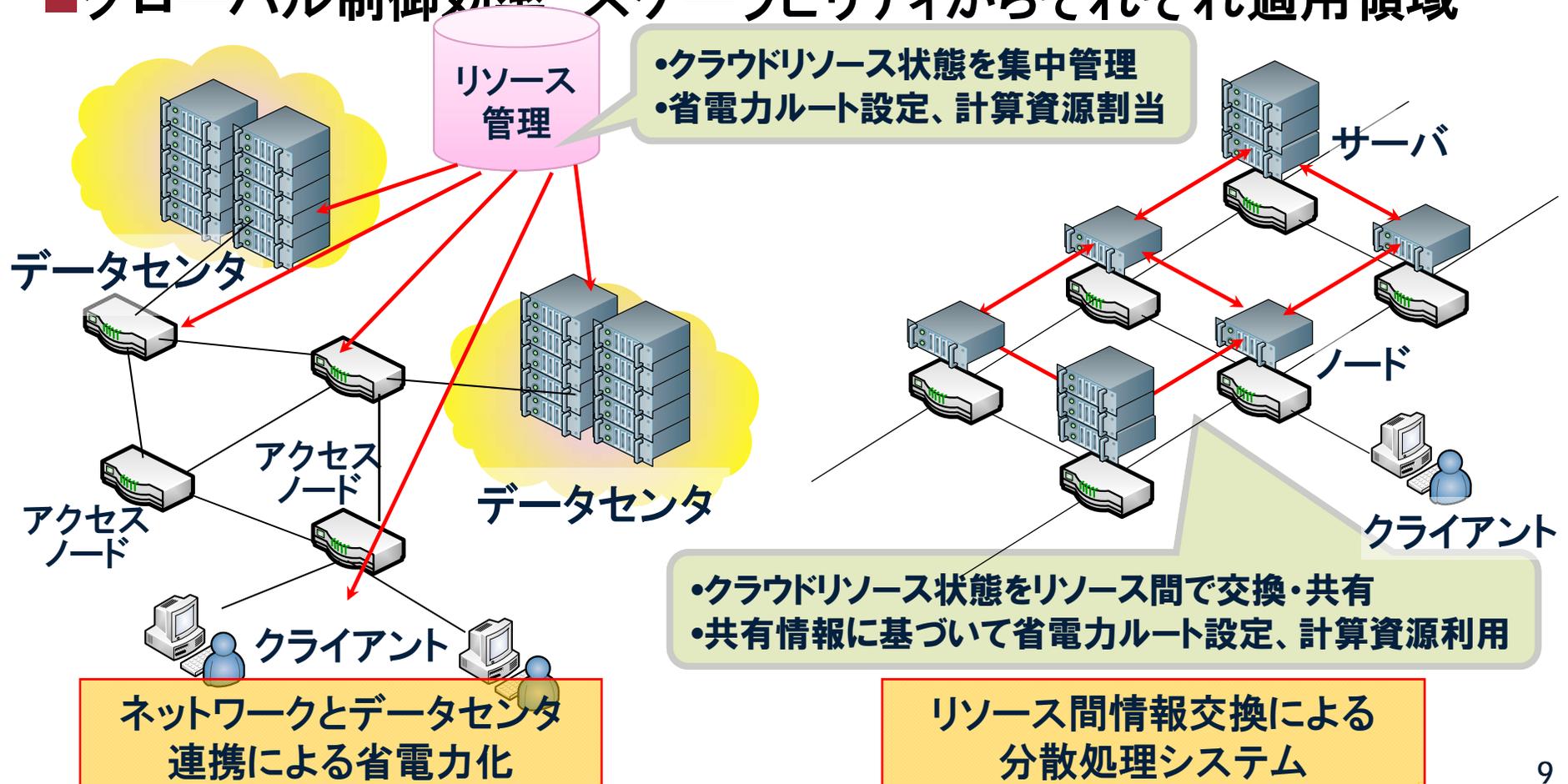
二つのアプローチ:集中管理・制御と分散処理

■クラウドシステムリソースを集中管理

- トラフィック・CPU負荷・電力使用量等を集中管理し、集中制御

■分散処理:分散した各リソース間で状態を交換し、自律分散制御

■グローバル制御効率 スケーラビリティからそれぞれ適用領域



3

メトロ・コアネットワーク 省電力ルーティング

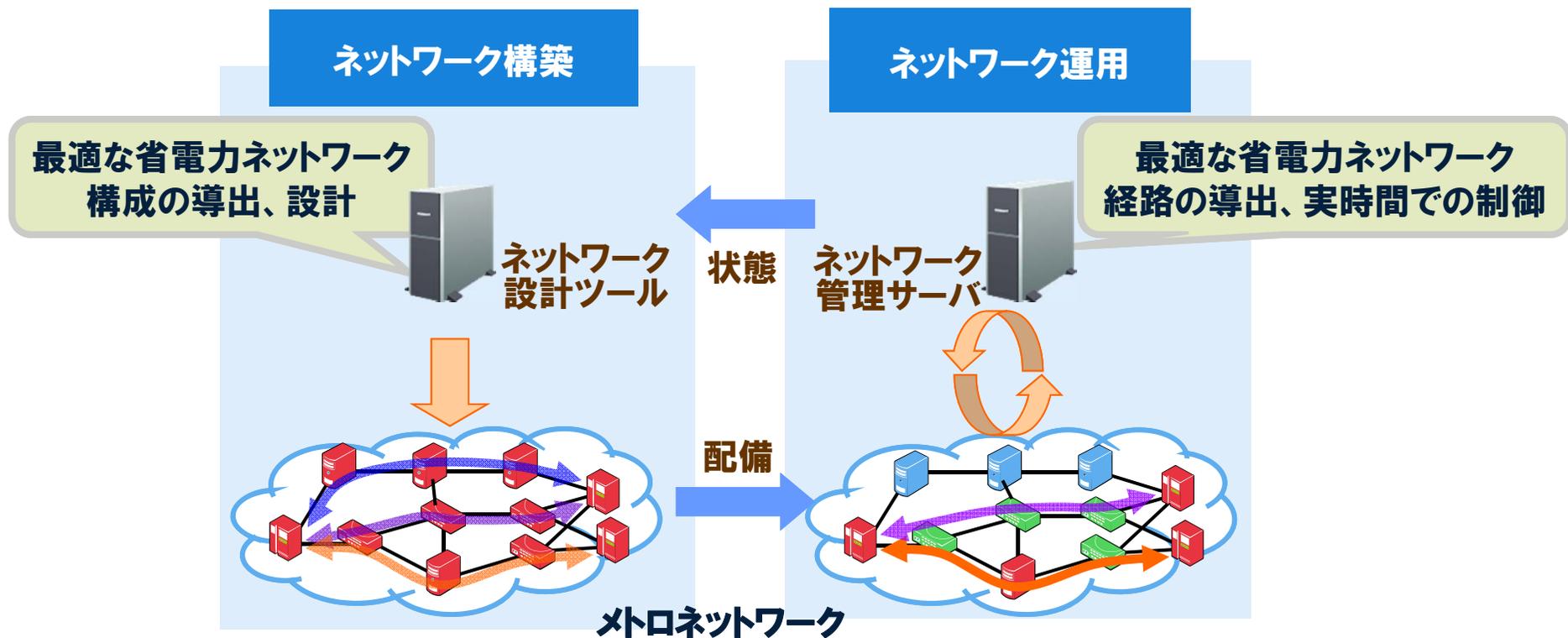


Value	Rank	Brand
10,170	1	Lipton
8,080	2	Tong
6,228	3	Nissin
3,816	4	Al Marai
3,476	5	Al Sahi (Dairy)
3,030	6	Rabna
1,947	7	Al Bahar
1,877	8	Nishu
1,172	9	Yonon
1,084	10	Wahid
1,083	11	Wahid (2)
888	12	Wahid (3)
888	13	Wahid (4)
888	14	Wahid (5)
888	15	Wahid (6)
888	16	Wahid (7)
888	17	Wahid (8)
888	18	Wahid (9)
888	19	Wahid (10)
888	20	Wahid (11)
888	21	Wahid (12)
888	22	Wahid (13)
888	23	Wahid (14)
888	24	Wahid (15)
888	25	Wahid (16)
888	26	Wahid (17)
888	27	Wahid (18)
888	28	Wahid (19)
888	29	Wahid (20)
888	30	Wahid (21)
888	31	Wahid (22)
888	32	Wahid (23)
888	33	Wahid (24)
888	34	Wahid (25)
888	35	Wahid (26)
888	36	Wahid (27)
888	37	Wahid (28)
888	38	Wahid (29)
888	39	Wahid (30)
888	40	Wahid (31)
888	41	Wahid (32)
888	42	Wahid (33)
888	43	Wahid (34)
888	44	Wahid (35)
888	45	Wahid (36)
888	46	Wahid (37)
888	47	Wahid (38)
888	48	Wahid (39)
888	49	Wahid (40)
888	50	Wahid (41)
888	51	Wahid (42)
888	52	Wahid (43)
888	53	Wahid (44)
888	54	Wahid (45)
888	55	Wahid (46)
888	56	Wahid (47)
888	57	Wahid (48)
888	58	Wahid (49)
888	59	Wahid (50)
888	60	Wahid (51)
888	61	Wahid (52)
888	62	Wahid (53)
888	63	Wahid (54)
888	64	Wahid (55)
888	65	Wahid (56)
888	66	Wahid (57)
888	67	Wahid (58)
888	68	Wahid (59)
888	69	Wahid (60)
888	70	Wahid (61)
888	71	Wahid (62)
888	72	Wahid (63)
888	73	Wahid (64)
888	74	Wahid (65)
888	75	Wahid (66)
888	76	Wahid (67)
888	77	Wahid (68)
888	78	Wahid (69)
888	79	Wahid (70)
888	80	Wahid (71)
888	81	Wahid (72)
888	82	Wahid (73)
888	83	Wahid (74)
888	84	Wahid (75)
888	85	Wahid (76)
888	86	Wahid (77)
888	87	Wahid (78)
888	88	Wahid (79)
888	89	Wahid (80)
888	90	Wahid (81)
888	91	Wahid (82)
888	92	Wahid (83)
888	93	Wahid (84)
888	94	Wahid (85)
888	95	Wahid (86)
888	96	Wahid (87)
888	97	Wahid (88)
888	98	Wahid (89)
888	99	Wahid (90)
888	100	Wahid (91)

リソースマネジメント技術

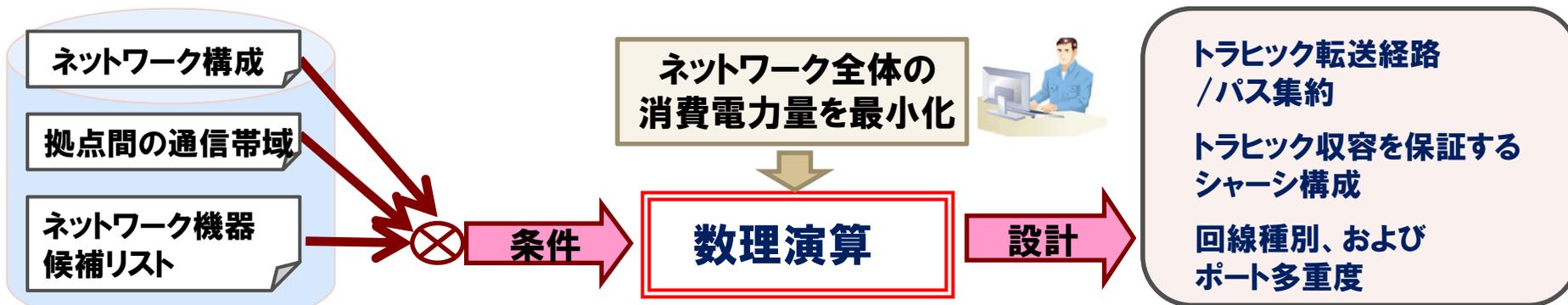
■ ネットワークリソース配置の無駄削減、ネットワーク全体省電力化

- ネットワーク構築時の機器配置の最適設計による省電力化
 - ◆ 事前に想定される要求帯域を収容し、消費電力が最小となる機器を最適配置
- ネットワーク運用時の最適経路制御による省電力化
 - ◆ トラフィック変化に応じてネットワーク品質を保証しつつ、電力最適経路に動的変更

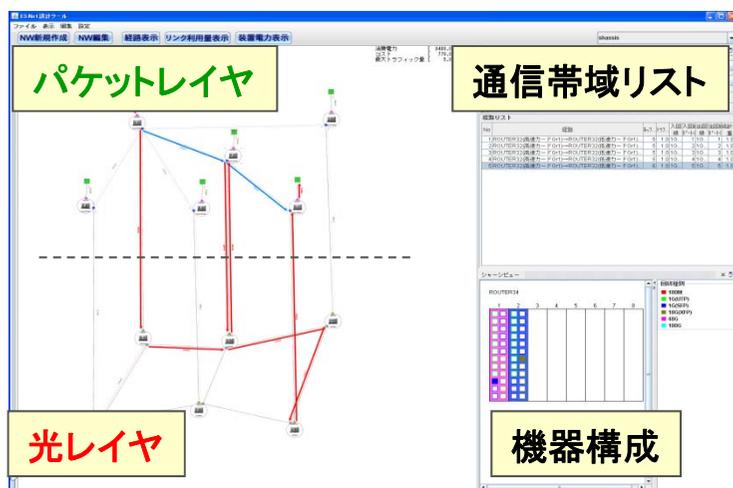


省電力ネットワーク設計技術

- 消費電力量を最小限に抑える最適なネットワークを総合的に設計
- 光パスの省電力性能に着目したマルチレイヤリソース配置設計
- ネットワーク管理サーバのDBと連携した運用管理の自動化

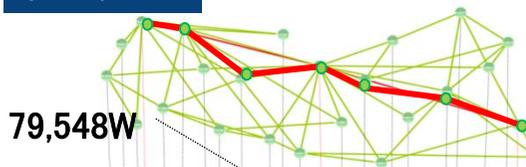


■ 基幹網での設計例(24拠点)

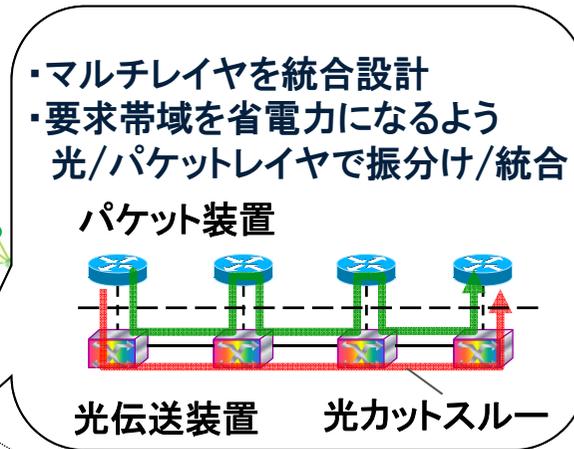
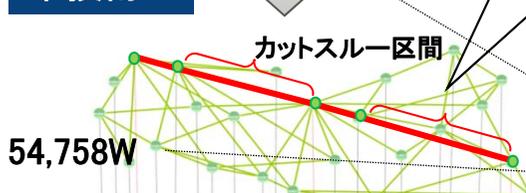


(担当:富士通株式会社)

従来設計



本技術



消費電力31%削減

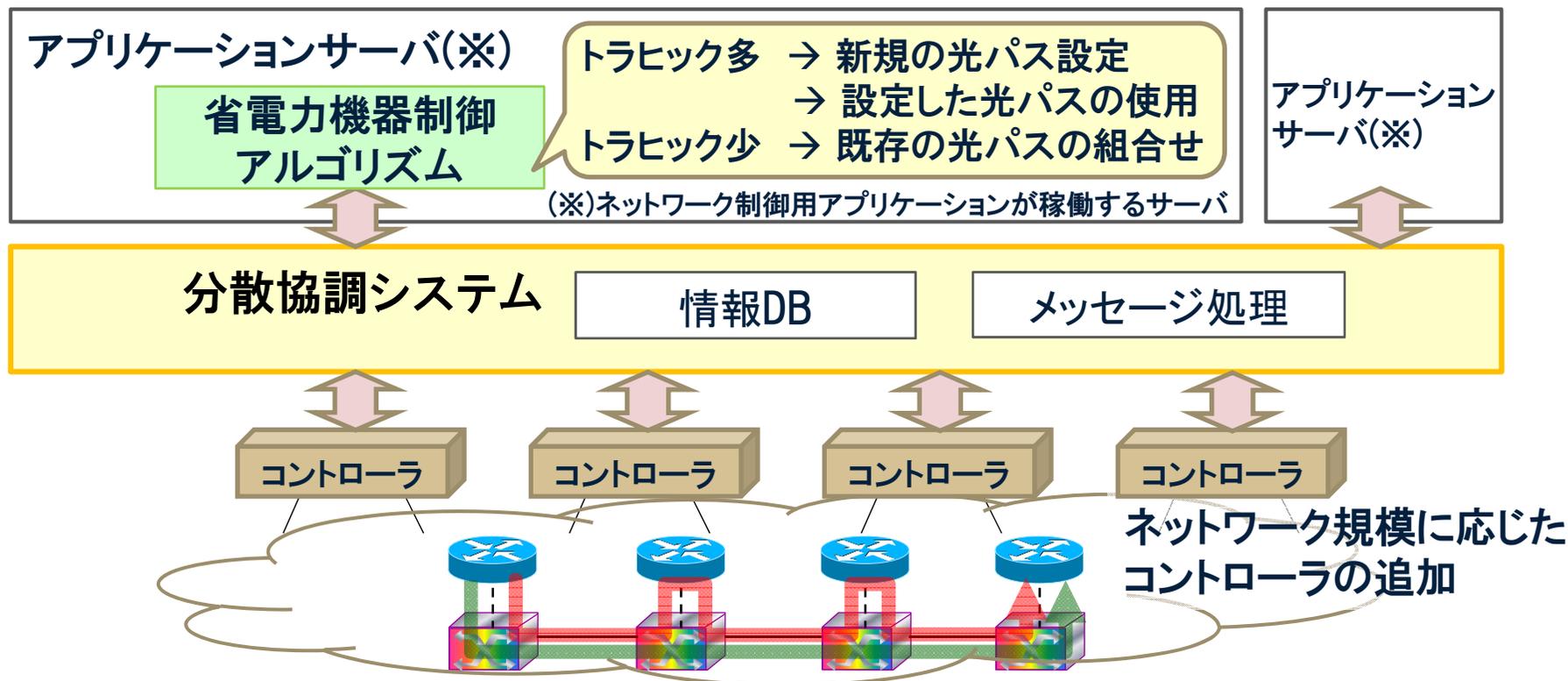
省電力ネットワーク運用技術

■トラフィック変化に応じた省電力化経路制御

- 省電力機能の効果を最大化する転送経路を導出・動的制御
- マルチレイヤに対応した最適な転送経路を導出・動的制御

■分散コントローラによるスケーラブル・高信頼な省電力ネットワーク制御

- コントローラを追加することで、ネットワーク規模に比例した制御処理を実現
- 耐障害性を向上させたクラスタ型コントローラアーキテクチャ



メトロ・コアリソースマネージメントの効果

■ 省電力ネットワーク設計の効果

● ネットワーク設計工数の削減

- ◆ 従来: 熟練ネットワーク設計者が必要、省電力化設計は工数大
- ◆ 必要なパラメータを入力するだけで最適設計

● ネットワーク構築時の入力ミス防止と構成管理の一元化

- ◆ ネットワークマネジメントシステムと連携させた設計システム

⇒ 大規模ネットワーク運用者向けネットワーク設計ツールへ適用予定

■ 省電力ネットワーク運用の効果

● トラヒック変化に適応したネットワークの省電力制御

● 光カットスルー制御による大容量トラヒックの省電力転送

- ◆ 光+パケット統合ネットワークへの適用

● 分散コントローラを用いたスケーラビリティの確保

- ◆ スモールスタート可能なネットワーク構築により、初期投資と消費電力を削減

⇒ キャリア向けネットワークコントローラへ適用予定

4

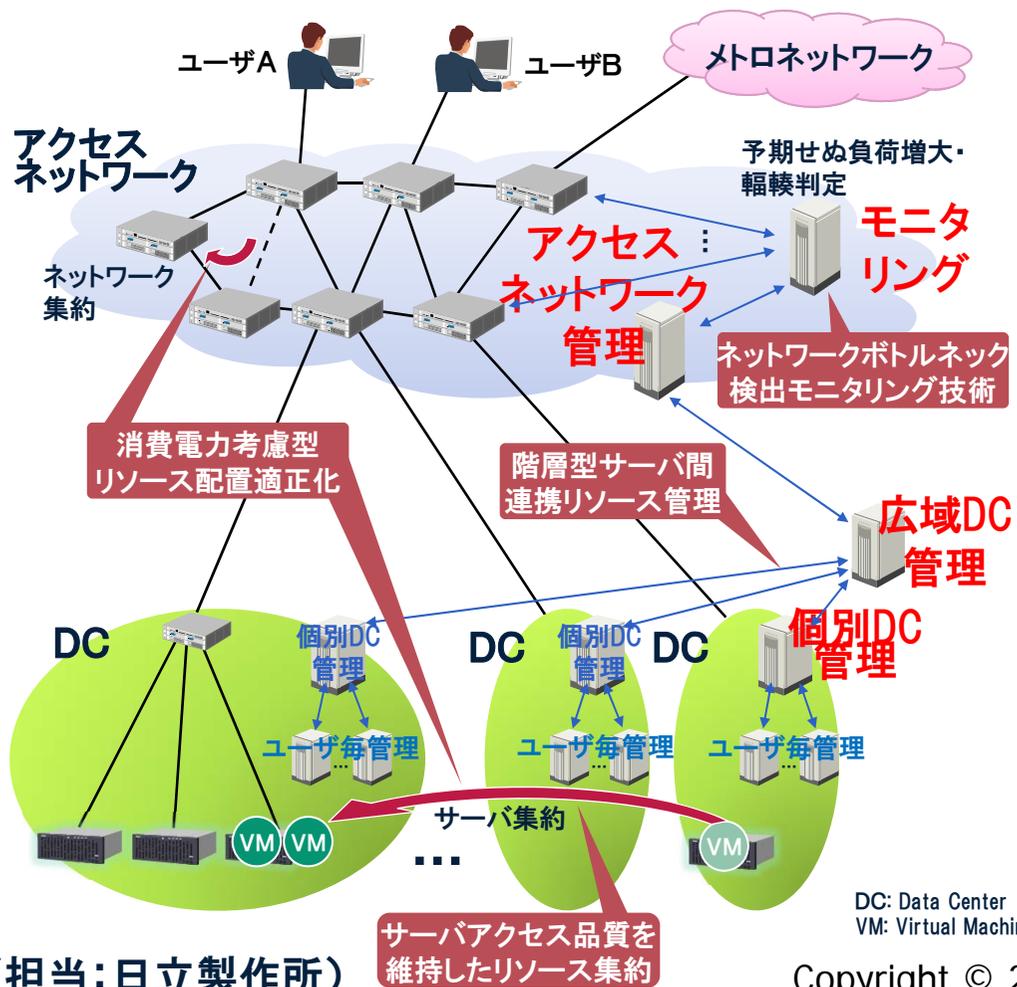
ネットワークとデータセンタ連携による 省電力化



DC間連携リソース配置適正化技術

■ アクセスNW管理サーバとDC管理サーバの連携によるクラウドシステム制御

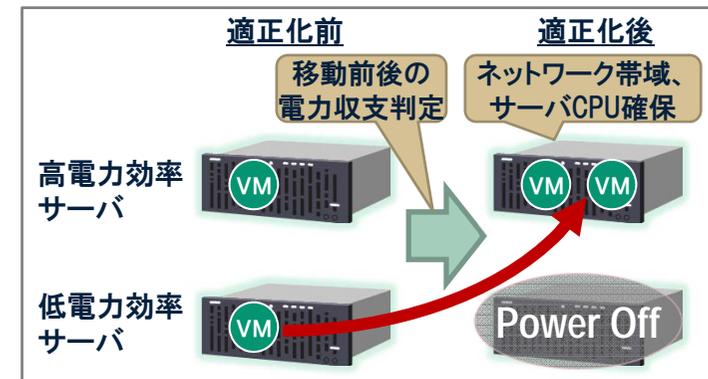
- サーバ移動による電力収支を考慮したネットワーク・サーバリソース配置適正化
- パス移動先帯域を考慮したサーバアクセス品質保証型DC間リソース集約



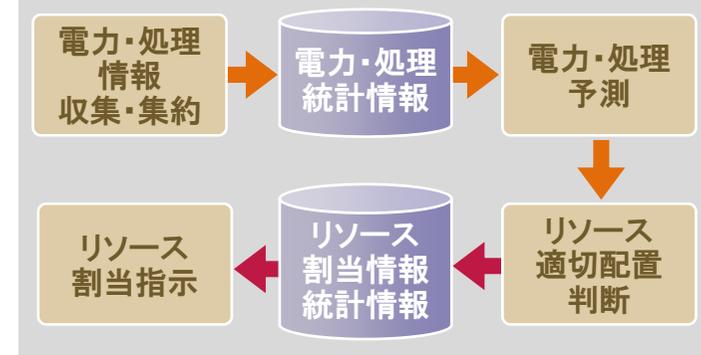
(担当: 日立製作所)

サーバアクセス品質を維持したリソース集約

消費電力考慮型リソース配置適正化



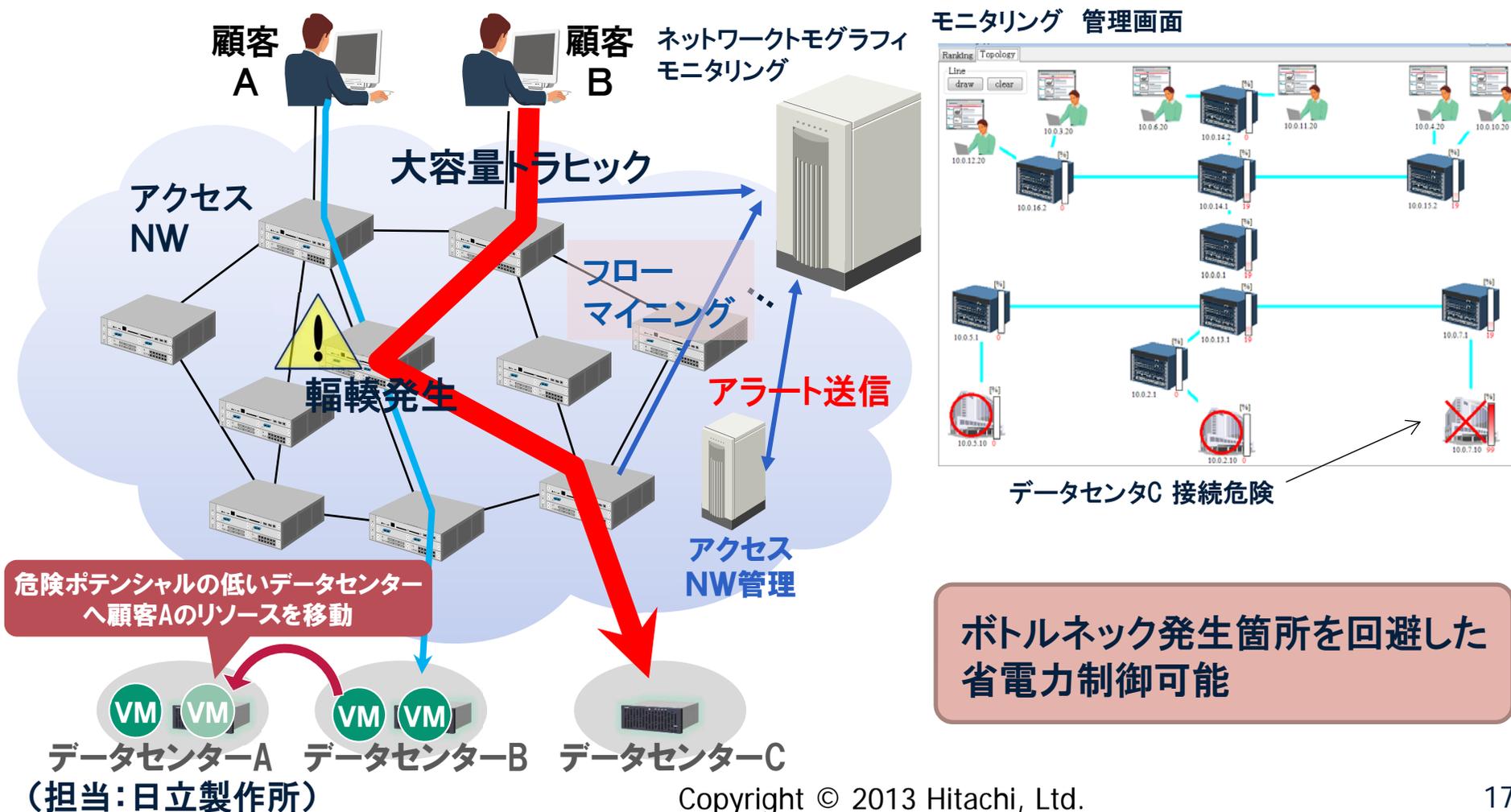
階層型サーバ間連携リソース管理



ネットワークボトルネック検出モニタリング技術

■情報フローマイニングによるリアルタイムフローモニタリング監視

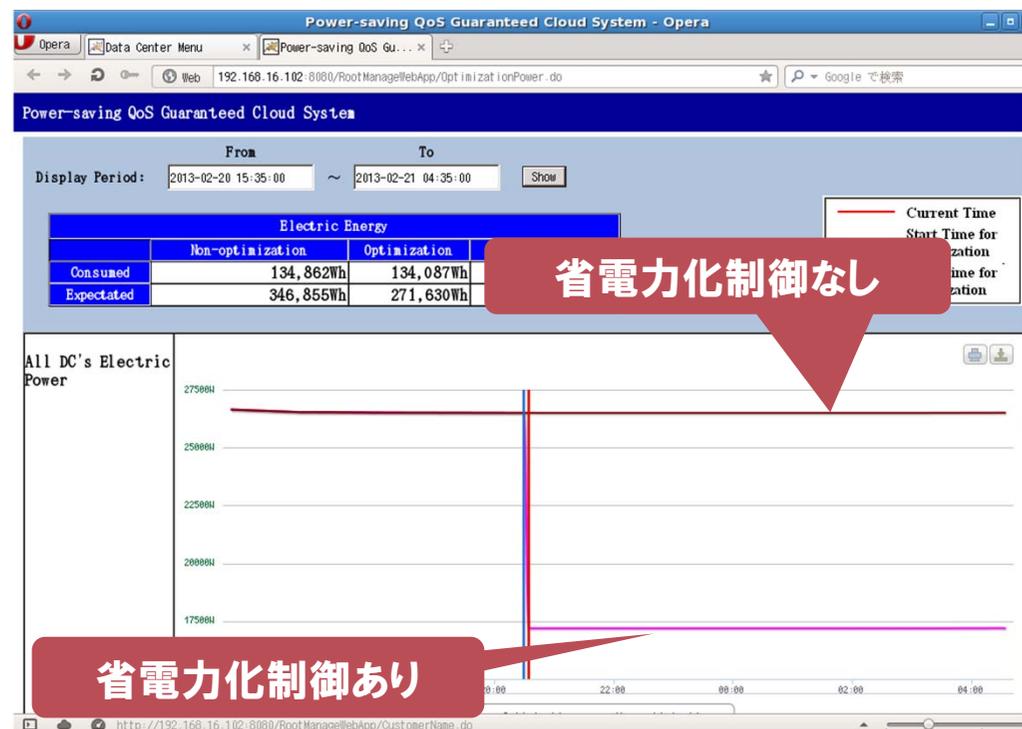
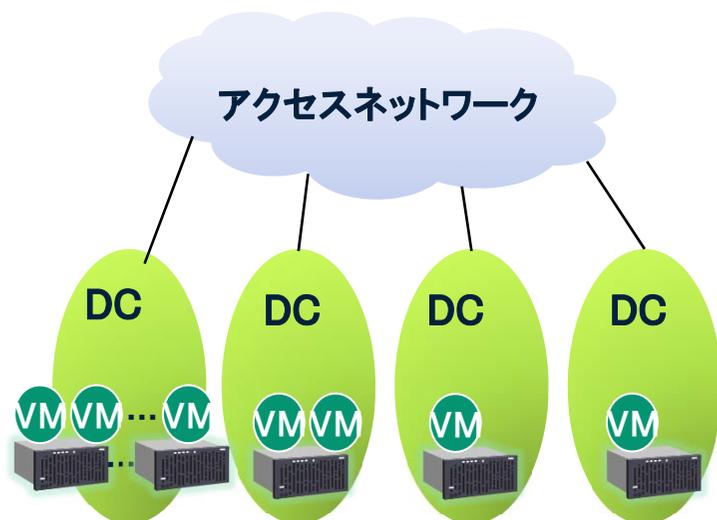
- ネットワークの異常な状態変化を端点のみのモニタリングにより迅速に検知
- 管理者がGUIにより瞬時にネットワークの状況を判断



DC間連携リソース配置適正化評価結果

① 実験室内測定環境評価

- ・4DC、アクセスネットワークを模擬
- ・1000VMの配置を適正化



- ・最大30%の消費電力削減を実現
- ・6分以内に適正配置を判定

② 広域実証実験環境評価

- ・東北一関東間の広域ネットワークを介した実証実験環境(後述)で、200VMの配置適正化動作を確認
- ・さらなる大規模VM環境での実証実験を予定

(担当:日立製作所)

ネットワーク・データセンタ連携省電力化の効果

■データセンタ運用事業者に対するメリット

- データセンタ管理サーバ同士が連携し、自動的なVM配置適正化による省電力運用を効率的に実現
- モニタリングと負荷予測によるサービス品質を維持した省電力化
- ユーザ毎の階層化管理による大規模システムへの対応
- 複数拠点を連携させた大局的な省電力判断による省電力効果(最大30%)

■ネットワーク(データセンタ間)運用事業者に対するメリット

- ネットワーク状態の多元解析による、輻輳の早期発見
- データセンタ事業者と連携したネットワークリソースの利用効率化
- データ転送量予測による、ネットワーク品質を維持した省電力化

■ユーザに対するメリット

- 災害時等のリソース制限状況において重要なサービスを優先稼働
- データセンタ省電力運用による持続可能社会への貢献

5

分散制御アーキテクチャによる 省電力化



Value	Rank	Brand
10,170	1	Lipton
8,080	2	Tong
6,228	3	Nestle
3,816	4	Al Marai
3,476	5	Al Sahi Dairy
3,030	6	Rabna
1,947	7	Al Bahja
1,377	8	Niche
1,172	9	Vesta
1,084	10	Wahid
1,083	11	Wahid
888	12	Wahid
888	13	Wahid
888	14	Wahid
888	15	Wahid
888	16	Wahid
888	17	Wahid
888	18	Wahid
888	19	Wahid
888	20	Wahid

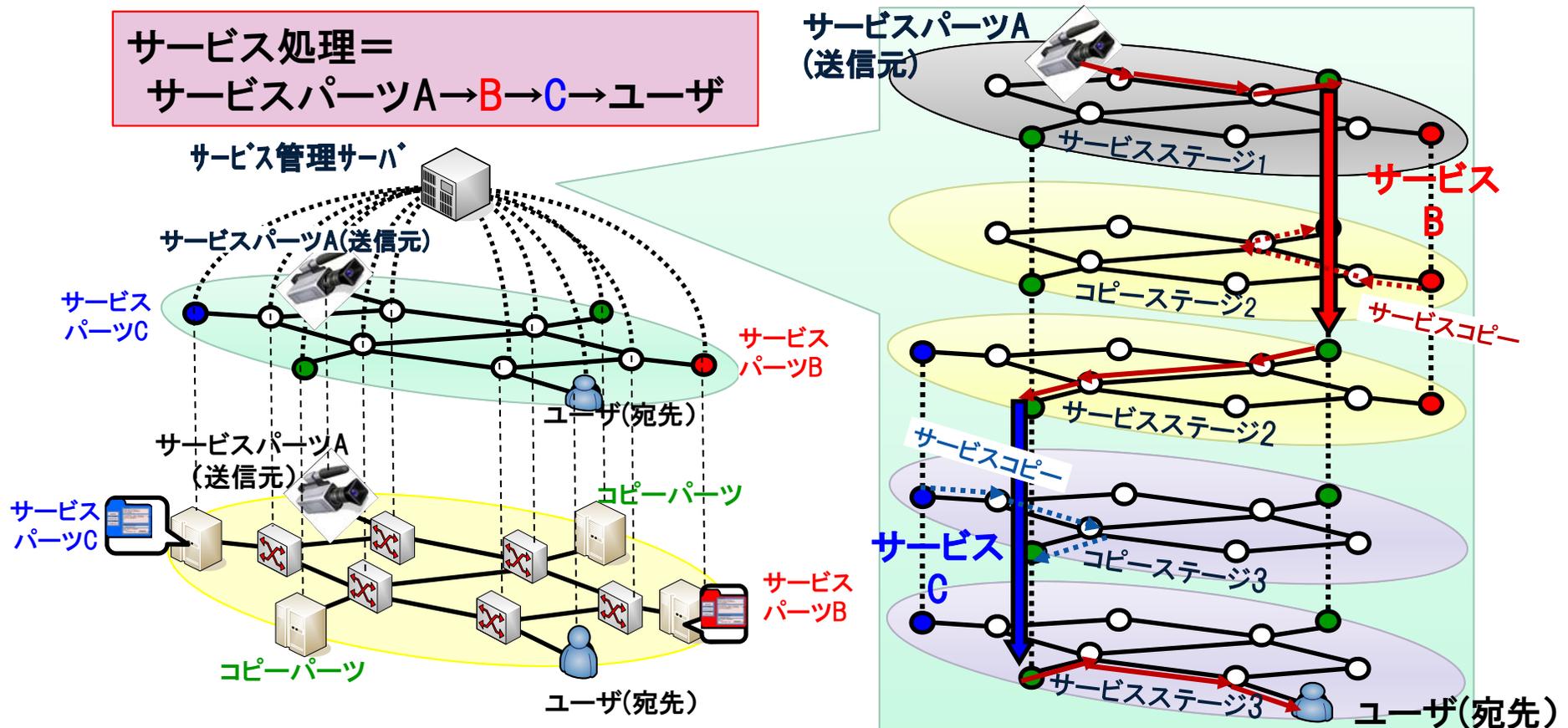
分散サービスシグナリングによる省電クラウド

■分散サービス間ルーティングにおける広域クラウド省電力制御

- サービスレイヤ(ネットワーク+サービスパーツ)ルーティングによるサービス実現
- トラフィックに応じたサービスパーツのコピー・配置制御
- サービスパーツコピーコストとリンクコストを比較、コストが最少となるルートおよび配置を選択

■サービス+サービスパーツコピー+ネットワーク、トータルでの消費電力削減

サービス処理=
サービスパーツA→B→C→ユーザ



(担当:慶應義塾大学)

Copyright © 2013 KEIO Univ.

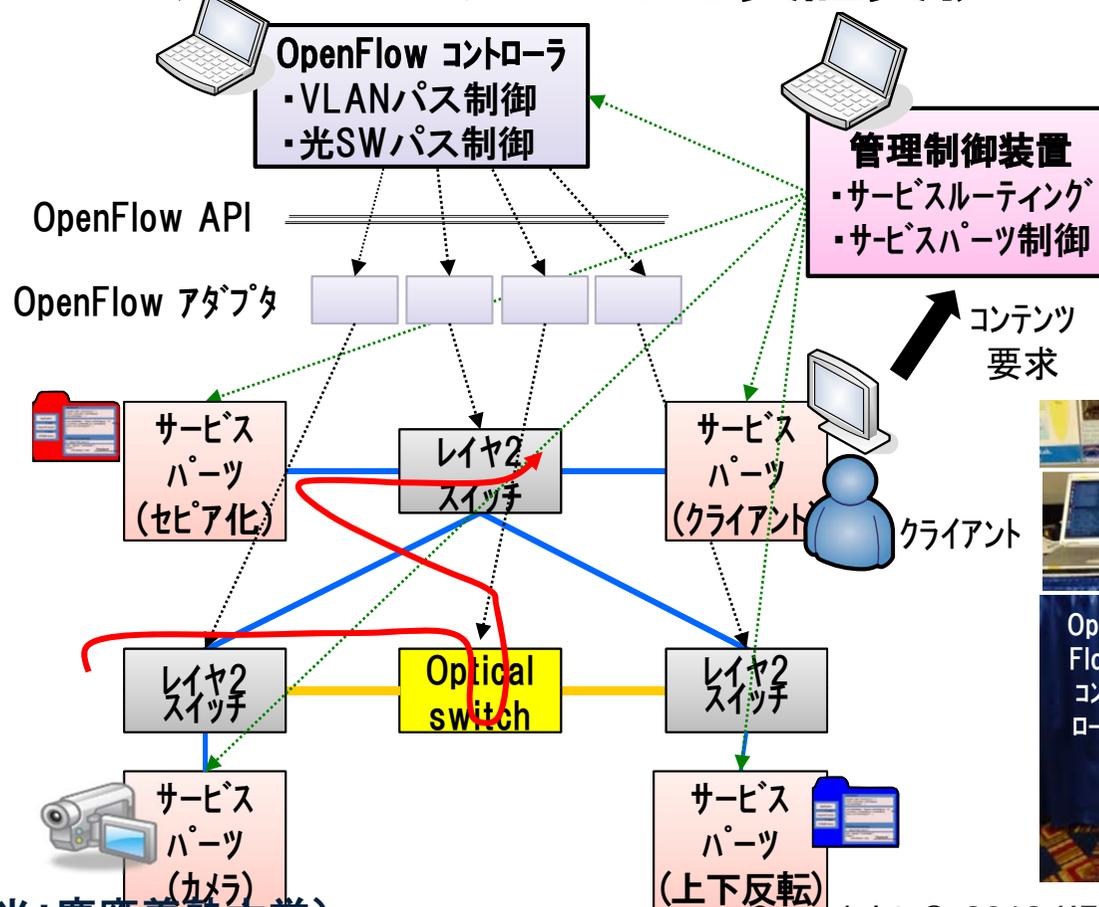
21

分散サービスシグナリングの実装例

■分散サービスルーティング制御をOpenFlow拡張により実装

- OpenFlowプロトコル拡張によるサービスシグナリング
- OpenFlowアダプタによるOpenFlow非対応機器の制御

■プロトタイプシステムによる実証実験



国内外展示

- iOPO2012(2012/5/31)
- MPLS2012(2012/10/29~31)
- 慶應テクノモール(2012/12/7)



(担当:慶應義塾大学)

Copyright © 2013 KEIO Univ.

SLAを保証した省電力サーバ動的再配置(通常時)

- SLA を満たしつつ電力コストが安い地域へのサーバ集約
- 故障・消耗・計画メンテナンス等に対応した省電力機器配置
 - 各データセンタに配置したマッピングノード間でオーバーレイを形成
 - ◆ マッピングノードによりデータセンタ間で情報を共有
 - クラウドのオートスケーリング機能により効果的な省電力化を実現

多数のリクエストを転送することで
サーバ数が増える

少数のリクエストを転送することで
サーバ数が減る

クラウドの現在の電力単価

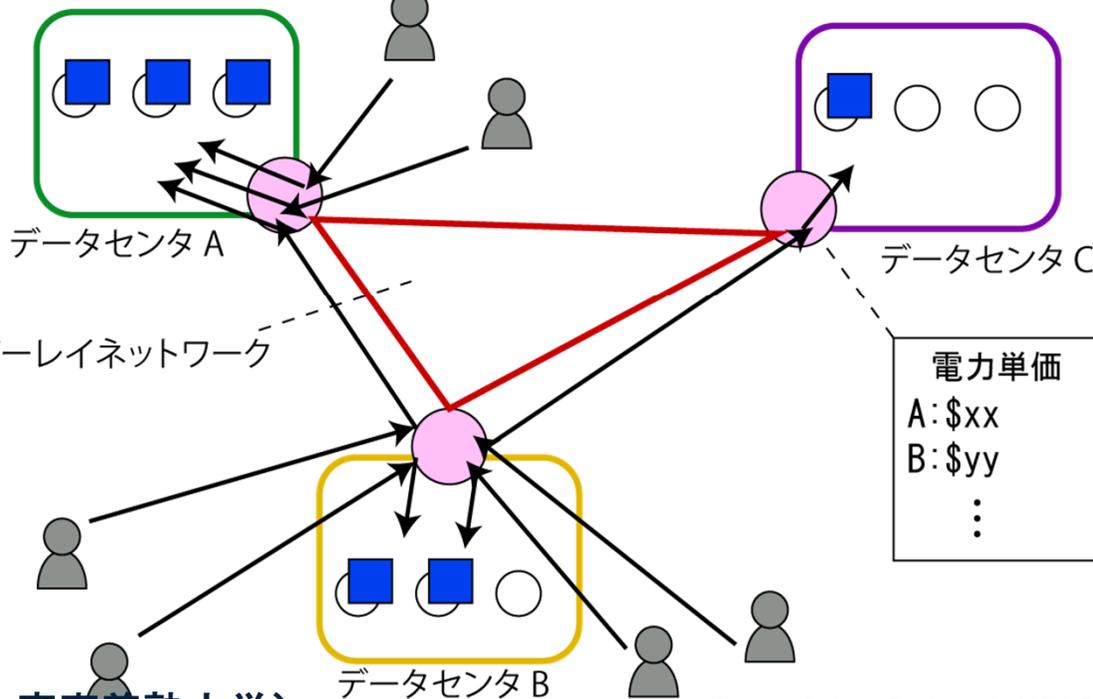
□ > □ > □

● マッピングノード

○ 物理マシン

■ サーバ (仮想マシン)

↑ リクエスト



オーバーレイネットワーク

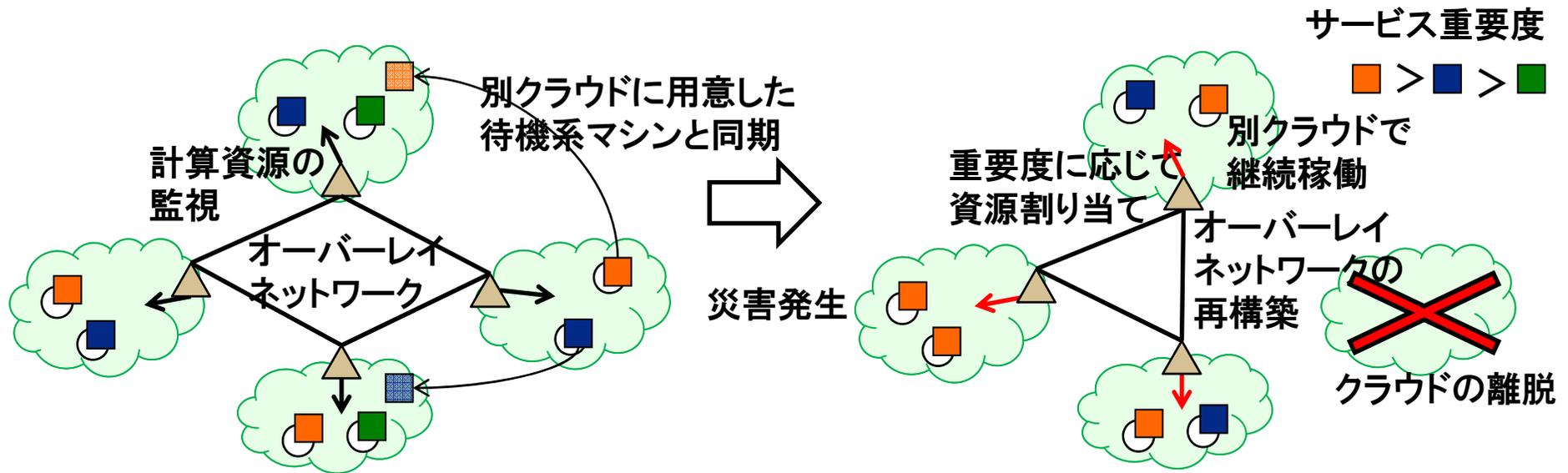
電力単価	応答時間の SLA	
A: \$xx	サービス1: RTT < 100 msec	● ● ● ●
B: \$yy	サービス2: RTT < 500 msec	
⋮	⋮	

電力価格と SLA に関する情報

SLAを保証した省電力サーバ動的再配置(災害時)

■大規模災害発生時に省電力で重要サービス継続

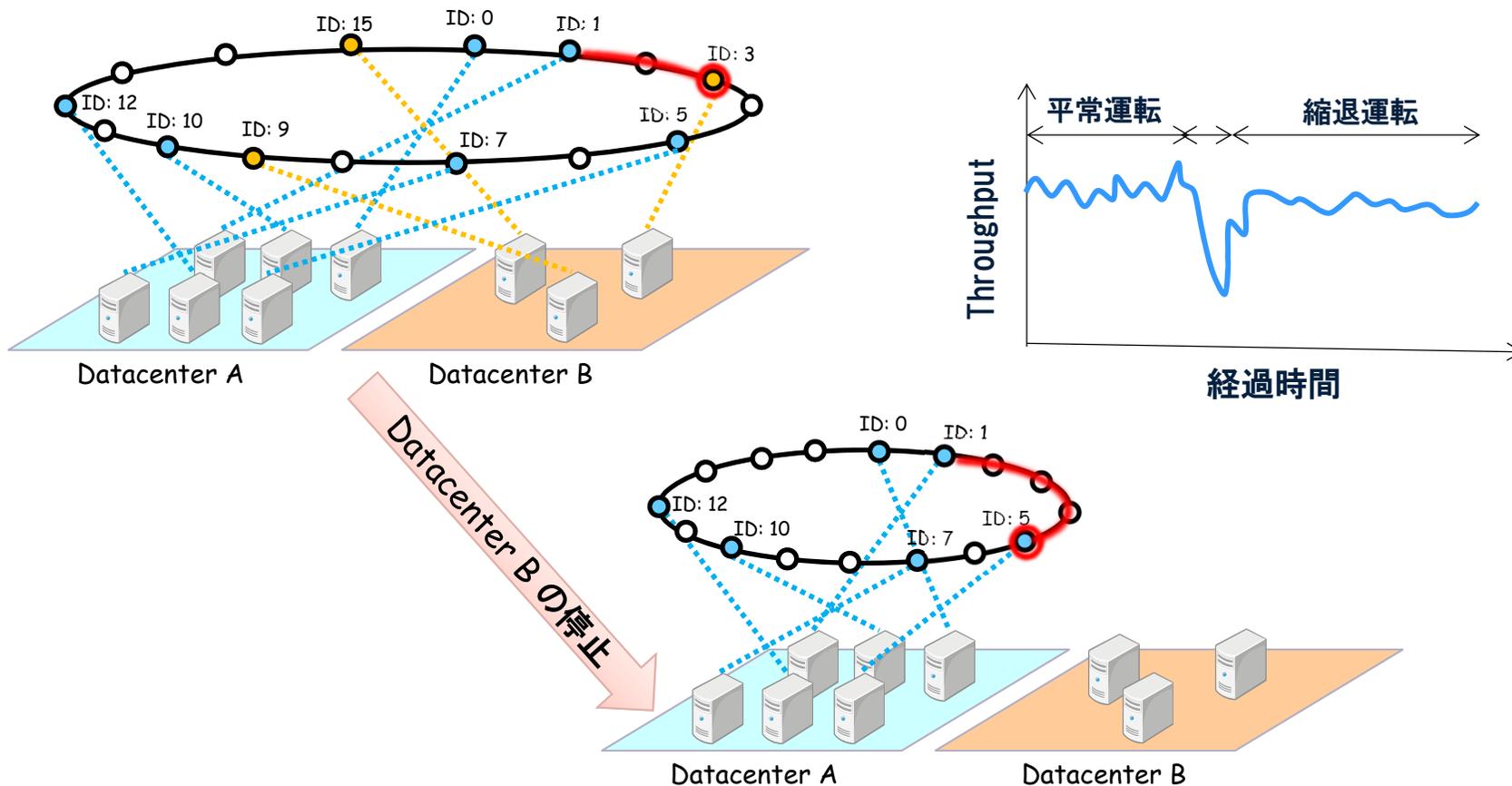
- 計算資源の突発的な大変動変時に対応した省電力機器配置
- マッピングノード間で形成されたオーバーレイによりデータセンタ情報共有
 - ◆ マッピングノードによりデータセンタ間で情報を共有
- ノードの突発的離脱時にはオーバーレイの機能によりルーティング変更
 - ◆ 利用可能な資源量を考慮し、重要度の高いサービスのみを継続



Key-Value Store による検証

■ 提案機構の検証: Key-Value Store システムを構築

- 平常時は二つのデータセンタで負荷分散しつつ稼働
- 災害発生時はひとつのデータセンタのみで稼働
 - ◆ 優先度の低いデータサービスは停止・縮小, 優先度の高いサービスのみ継続



6

まとめ



Value	Rank	Brand
10,170	1	Lipton
8,080	2	Tong
6,223	3	Nestle
3,816	4	Al Marai
3,476	5	Al Sahi Dairy
3,030	6	Rabna
1,947	7	Al Rakia
1,377	8	Niche
1,172	9	Vesta
1,084	10	Wahid
1,083	11	Wahid
888	12	Wahid
888	13	Wahid
888	14	Wahid
888	15	Wahid
888	16	Wahid
888	17	Wahid
888	18	Wahid
888	19	Wahid
888	20	Wahid

まとめ、今後の展開

■研究プロジェクトの狙い

- 広域クラウドシステムのサービス品質を維持した省電力化技術の実現
- データセンタ運用事業者の運用管理負荷の低減と省電力化を実現
- ネットワーク運用事業者のネットワーク設計・運用の負荷低減を実現
- サービスプロバイダの柔軟かつ省電力なサービス設計を実現

■開発技術

- サーバリソースとネットワークリソースを統合管理し、クラウドシステムのサービス品質維持と省電力化を両立させる技術
- DC管理サーバ間の連携による、自律的な大規模VM配置適正化技術
- 複数のネットワークパラメータを考慮した省電力ネットワーク自動設計技術
- 分散制御方式による省電力なサービス提供技術

■今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

- 開発した技術の事業化(サービスと連動したネットワーク管理制御の実現など)推進に向けた普及・拡大
- ITU-TやIETFなどでの国際標準化活動の継続を予定

謝 辞

本研究の一部は下記プロジェクトの成果です。総務省様および関係各位のご支援・ご協力に対して深謝申し上げます。

- 平成24年度総務省委託研究
「広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発」
(環境対応型ネットワーク構成シグナリング技術)
- 平成23年度総務省委託研究
「最先端のグリーンクラウド基盤構築に向けた研究開発」
(環境対応型ネットワーク構成シグナリング技術)
- 平成22年度総務省委託研究
「クラウドサービスを支える高信頼・省電力ネットワーク制御技術の研究開発」
(環境対応型ネットワーク構成シグナリング技術)
- 平成21年度総務省委託研究
「低消費電力型通信技術等の研究開発」
(エコインターネットの実現)
- 総務省PREDICTプログラム
「リソースを最小化する動的ネットワーク制御システムによる再構成ネットワークの研究開発」