

BS-3-1

ショートカット適用によるネットワーク消費電力削減の評価

A network power saving estimation using short-cut in Japan

小林克志 ^{1,2}	石井紀代 ¹	岡崎史裕 ¹	来見田淳也 ¹	工藤知宏 ¹
Katsushi Kobayashi	Kiyo Ishii	Fumihiko Okazaki	Junya Kurumida	Tomohiro Kudoh
並木周 ¹	佐藤健一 ³	水谷健二 ⁴	竹下仁士 ⁴	持永大 ⁵
Shu Namiki	Ken-ichi Sato	Kenji Mizutani	Hitoshi Takeshita	Dai Mochinaga

産業技術総合研究所,¹
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
名古屋大学³
Nagoya University

理化学研究所, 計算科学研究機構²
AICS, RIKEN
三菱総合研究所⁵
Mitsubishi Research Institute

1 はじめに

ネットワークトラフィックは年率 20-40% で増大を続けており、トラフィックにともなうネットワーク機器が消費する電力量が懸念されてきた。我々は NEDO グリーンネットワークシステム技術研究開発プロジェクト(グリーン IT プロジェクト)の一環として、低消費電力化を図るためのショートカットを含む光パス技術導入モデルの検討と、将来の消費電力の評価を行っている。本稿では、国内ネットワークのコア網に光パス技術を利用したショートカットの導入時の消費電力削減効果、および 2030 年までの推移を示す。

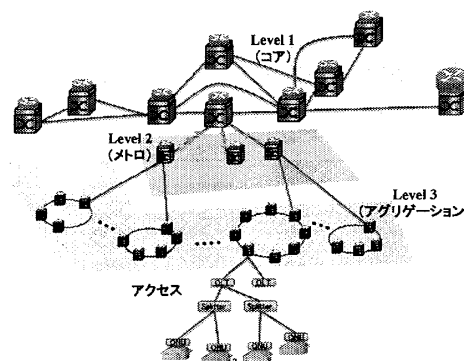


図 1: 評価に用いたネットワークのモデル

2 従来の消費電力の推定と将来予測方法

Baliga らは、ネットワークをコア (Level 1)・メトロ (Level 2)・アグリゲーション (Level 3)・アクセスの 4 つに分割し、アクセス網では回線加入者数と回線毎の電力から、Level 1-3 はデータ量あたりの機器消費電力 (J/bit) と総トラフィック量の積から総消費電力を求める手法を示した [5]。本稿の消費電力推定では、光パスを利用したショートカット導入時の消費電力抑制効果を考慮するため、Baliga らのモデルに加えて、Level 2 ルータ - Level 3 スイッチ間のリング構成のネットワーク、Level 2-1, および Level 1 間の伝送に関わるデバイスを考慮した (図 1)。

総消費電力の推移の予測では 2008 年を基準とし 2030 年までの回線加入者数、およびトラフィックの推移を以下のようにモデル化した (以下特に記さない限り 2008 年時点の値)。加入者数は総務省のデータをもとに 35 百万世帯とし、世帯数およびブロードバンド普及率の上昇から 2020 年までは年率 3% で増大し、その後は 50 百万世帯で飽和するものとしてアクセス網の消費電力、および総トラフィック量を評価した。2012 年のアクセス回線あたりの平均トラフィックは、31.3kbps、これが年率 23% で増加するものとした [1]。技術革新による省電力化はアクセス網では考慮せず、それ以外で年率 10% の改善率とした。ただし、トランスポンダについては電力改善が困難な光素子等が現状の消費電力の 2 割を占めるとし、残りの 8 割について年率 10% で低消費電力化するものとした。また、光素子の割合が多く省電力化が困難と思われる伝送機器に関しては改善はないものとした。

表 1 に Level 1-3 のルータ・スイッチにおける単位トラフィックあたりの消費エネルギーを示した。全国網を構成する Level 1 ルータの配置、それらの接続は SINET ノードと同じトポロジ、すなわち、札幌・仙台・東京・金沢・名古屋・大阪・広島・福岡にルータを配置した。Level 2 ルータは各都道府県に最低一台設置され、最寄りの Level 1 ルータに接続される。地域間のトラフィックは計測データからこの値を設定し、すべてのトラフィックは東京で交換されることとした。[9]。以上の条件における Level 1 ルータの平均経路数は 4.2 となる。

一方、アクセス網の評価では、G-PON あるいは 10G-PON を想定、全ての回線に ONU が接続されているものとした (表 1)。一般にネットワークトラフィックは社会活動度に応じて変動することが知られており、回線容量は平均トラフィックよりも大きなマージンが必要とされる。我々は回線容量を平均トラフィックの 10 倍の帯域として評価した。ただし、Level 3 スイッチのダウンリンク側は OLT の対向となるため物理的な制約が大きいため、従ってこの部分のみ回線容量を平均トラフィックの 100 倍として評価した。

表 2 に伝送関連機器の機器消費電力を示した。1 ファイバに収容できる最大波長数は 80 波とし、これを超える場合は 80 波毎に光ファイバを追加した。Level 3 スイッチ (アクセス集約局舎) はリングあたり 8 とし、Level 3 スイッチの収容数が 1 万人以上の場合は光回線数を倍とした。Level 1-2 間の回線のアンプは平均 3 個とし、Level 1 ルータ間のアンプは都市間の距離からその数を

表 1: 機器の消費電力、Level 1-3 はトラフィックあたり

機器 (型番)	用途 (対向機器)	消費電力
L1 ルータ (CISCO CRS-1)	Peer(Level 1) Down(Level 2)	15.4nJ/bit 15.4nJ/bit
Level 2 ルータ (CISCO ASR 9922)	管理モジュール Up(Level 1) Down (Level 3)	1.28nJ/bit 17.7nJ/bit 17.7nJ/bit
Level 3 SW (CISCO Catalyst 6513)	管理モジュール Up (Level 2) Down (OLT)	2.55nJ/bit 13.2nJ/bit 3.64nJ/bit
OLT ¹		400W/410 回線
ONU		5W/1 回線

¹ 分岐数上限の 80% [8]

表 2: 伝送関連機器の消費電力¹

機器、モジュール	消費電力	備考
光ノード	86W	方路あたり
インラインアンプ	138W	60Km おき、ファイバあたり
40G 光信号再生器 [12]	54.5W	320Km おき
10G トランスポンダ	30W ²	600Km おき
40G トランスポンダ	105W ²	320Km おき
100G トランスポンダ [11]	351W ²	デジタルコヒーレント

¹ カタログ値、モジュールの消費電力から推定、² 2012 年の消費電力決定した。

これまでに述べた Baliga らの計算方法では、Level 1 と 2 の合計、Level 3 の占める割合はそれぞれ 0.8,4% と通信事業者による消費電力内訳、それぞれ 10,15% と大きく乖離している [7]。この原因として機材の冗長化、設備容量のマージン、モデルの不備が考えられるが、本稿では議論しない。事業者の電力内訳と乖離したまま、総消費電力の推移、ショートカット導入による削減効果の議論をおこなうことは困難なため、それぞれの部分に対して重み付けをおこなうこととした。

3 従来方式と光パス技術を利用したショートカット

図 2(左側)にこれまで述べた方法による総消費電力の推定と推移を示す。Level 1-3 部分の増大によって、2023 年には 2008 年比で消費電力は倍増、2030 年には 3 倍に達する。我々は、光パス技術を活用したショートカットによって経由するルータ数を抑え、パケット処理に関わる電力消費の抑制による電力削減効果を評価した。評価にあたっては、Level 1 ルータ間をショートカットすることとした。ショートカット適用時には経由する Level 1 ルータは 1 で固定される、加えて電気信号再生器代えて光信号再生器と予備パス分のトランスポンダの省エネ待機効果を取り入れた [10, 12]。図 2(右)にショートカットを考慮した総消費電力を示した。ショートカットの導入による省電力化は、Level 1 の消費電力が ONU に匹敵する 2030 年では 25% に達するとの結果を得た。

4 まとめ

本稿では、国内ネットワークにショートカットを導入した場合の消費電力削減効果、および 2030 年までの推移を示した。総消費電力の推定方法は他にも機器出荷台数から求める方法も知られている [3, 4]。由比藤らは前者のアプローチで、2008 年のネットワーク機器の国内総消費電力は 8.0 TWh/yr. と推定している。この値には

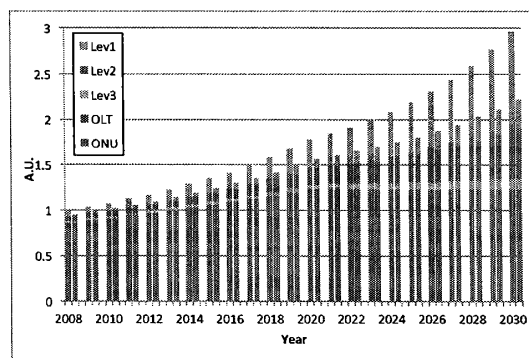


図 2: 消費電力の推移、右側がショートカットを導入した場合、左側は既存方式

宅内機器も含まれ、これを ONU と同等とすると本稿の対象部分は 5TWh/yr. 程度と考えられる。ショートカットの導入による省電力化効果はこの数字をもとにすると 2030 年には 3.2TWh/yr. に達することとなり、その効果は非常に大きい。将来のトラフィックの伸びがより大きければ、ショートカットの導入による省電力効果もより大きくなる。本稿では、ショートカットを Level 1 のノードを経由する通信にのみ適用したが、これを Level 2 に適用することでさらなる省電力化も期待できる。

謝辞

本稿には NEDO GreenIT プロジェクトとして実施したものの成果が含まれる。

参考文献

- [1] 我が国のインターネットにおけるトラフィック総量の把握、総務省 (2012 年 3 月)
- [2] "Cisco Visual Networking Index, Forecast and Methodology, 2011-2016," Cisco Systems, 2012
- [3] 由比藤宏宏, 西史郎, "ブロードバンドネットワークの電力消費量の試算," 電子通信情報学会ソサエティ大会予稿集 BS-13-5, 2008
- [4] K.W. Roth *et al.*, "Energy Consumption by Office and Telecommunication Equipment in Commercial Buildings," NTIS Number: PB2002-101438
- [5] J. Baliga *et al.*, "Energy Consumption in Optical IP Networks," Journal of Lightwave Technology, vol. 27, pp. 2391-2403, Jul. 2009
- [6] 持永大 他, "インターネット上のコンテンツ分布を考慮した光回線交換方式及び CDN 方式の採用による省電力化の評価," 電子通信情報学会論文誌 B Vol.J94-B No.10 pp.1293-1302, 2011
- [7] C. Lange *et al.*, "Energy Consumption of Telecommunication Networks," ECOC 2009
- [8] A. Otaka, "Power Saving Ad-Hoc Report," IEEE 802.3av Meeting, Sept. 2008
- [9] K. Cho *et al.*, "Growth Trends in Japanese Broadband Traffic," 6th Asia Broadband Summit. Bali, Indonesia 2007
- [10] 水谷健二 他, "複数待機モードを有する省電力トランスポンダの予備パスへの導入提案," 電子通信情報学会ソサエティ大会予稿集 B-12-7, 2012
- [11] M. Annalisa *et al.*, "Power Management of Optoelectronic Interfaces for Dynamic Optical Networks," ECOC 2011
- [12] J. Kurumida *et al.*, "All-optical Wide-area Node Connections Assisted with Optical Parametric Regeneration and Wavelength Conversion," OFC2013