

グリーン指向管理情報ベース (G-MIB) の設計

和泉 諭^{1,a)} 松本 和芳^{2,b)} 佐藤 哲朗² 中村 直毅^{3,c)} 菅沼 拓夫^{4,d)} 白鳥 則郎^{1,e)}

概要: 業務用 PC を中心とした ICT システムの省電力運転に役立つ稼働状況のパラメーターを、Simple Network Management Protocol (SNMP) を使ってネットワーク経由で収集するための、グリーン指向管理情報ベース (G-MIB) に関する研究を推進している。本稿では、G-MIB の設計と試作システムの実装、および初期実験について述べる。また、総務省 PREDICT における本研究の展開について紹介する。

キーワード: グリーン ICT, ネットワーク管理システム, MIB, SNMP, 標準化

Design of Green-oriented Management Information Base

SATORU IZUMI^{1,a)} KAZUYOSHI MATSUMOTO^{2,b)} TETSURO SATO² NAOKI NAKAMURA^{3,c)}
TAKUO SUGANUMA^{4,d)} NORIO SHIRATORI^{1,e)}

Abstract: We are investigating the green-oriented ICT system concentrating on the management information base. The green-oriented Information Base (G-MIB) is a MIB to collect working parameters of PCs for effective energy saving of entire ICT system by using Simple Network Management Protocol (SNMP). In this paper, we describe the design and implementation of the MIB. We also show results of the initial experiments of the system. Furthermore, we will give a brief introduction of a new project promoting based on the results of the MIB development.

Keywords: Green ICT, Network Management System, MIB, SNMP, Standardization

1. はじめに

業務用 PC を中心とした ICT システムの消費電力増加による CO₂ 排出量の増加が指摘されている。総務省の「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会報告書」(2008 年)[1] では、2012 年における ICT 分野の電力消費に係る CO₂ 排出量は 3,000 万 t と予想され、このう

ちの 10% である 300 万 t が業務用 PC 起因の排出量と推計されている。

オフィスにおける業務用 PC 導入台数は年々増加しており、今後もこれらに起因する CO₂ 排出量は増加することが予想される。現在、ビルなどの建物に関するエネルギー管理システム (BEMS) では、気温や湿度等の環境パラメーターを監視することで、省電力運転制御を行っている。一方、ICT システムにおいては、業務用 PC の CPU 負荷、HDD 負荷、電源設定、その PC 上で動作しているサービスなどの稼働状況に関するパラメーターが、省電力運転の制御に役立つ指標となると考えられる。

しかし、オフィスにはノート PC やデスクトップ PC、プリンタ、ルータ等、多種多様な規格に基づいて製品化された ICT 機器があるため、それらの稼働状況を系統的に収集することは困難となっている。また、各種 ICT 機器の稼働状況を収集する際に、それぞれの ICT 機器ごとに独自プロ

¹ 東北大学 電気通信研究所
RIEC, Tohoku University
² 株式会社日立東日本ソリューションズ
Hitachi East Japan Solutions, Ltd.
³ 東北大学大学院 医学系研究科
Graduate School of Medicine, Tohoku University
⁴ 東北大学 サイバーサイエンスセンター / 大学院情報科学研究科
Cyberscience Center/GSIS, Tohoku University
a) izumi@shiratori.riec.tohoku.ac.jp
b) k_matu@hitachi-to.co.jp
c) nakamura@med.tohoku.ac.jp
d) suganuma@isc.tohoku.ac.jp
e) norio@shiratori.riec.tohoku.ac.jp

トコルに基づいて通信しているため、これらの ICT 機器の稼働状況を収集し一元的に管理することは困難である。

この課題に対し、我々は、業務用 PC を中心とした ICT システムの省電力運転に役立つ稼働状況のパラメータを、Simple Network Management Protocol (SNMP) を用いてネットワーク経由で効果的に収集するための、グリーン指向管理情報ベース (G-MIB) に関する研究を推進している。G-MIB は、省電力運転に関連する、ICT 機器の稼働状況を表す各種パラメータを整理・定義したものであり、SNMP で活用できる管理情報ベース (MIB) の拡張である。実稼働する ICT システム上に G-MIB を活用した監視システムを構築することで、省電力運転の制御に役立つ情報を収集し、一元的に管理することが可能となる。

本稿では、G-MIB の詳細設計について述べる。また、G-MIB の設計に基づいて実装したプロトタイプシステムを用いた、実環境における実験について述べる。実験結果より、G-MIB によって PC の電源設定の情報を収集することで、電源設定が不適切なマシンを検出することが可能であった。さらに PC の CPU 稼働率、アプリケーション情報を収集することで、不適切なアプリケーションを検出できる見込みを得た。これら電源設定やアプリケーションの利用を見直すことで、消費電力の削減が期待できる。

さらに、本研究で設計・実装した G-MIB の展開として、ネットワーク管理システムとの融合による、ICT システム全体の省電力化を目指した次世代のグリーン指向ネットワーク管理技術の実現、及び G-MIB の国際標準化に向けた活動を開始している。

本稿では、まず G-MIB の設計とプロトタイプシステムの実装、および初期実験について述べる。また、今後の展開として、昨年 10 月より開始したの総務省 ICT グリーンイノベーション推進事業 (PREDICT) における「次世代グリーン指向ネットワーク管理技術」の研究開発について紹介する。

2. 関連研究と標準化動向

2.1 関連研究

業務用 PC からネットワークを介して、稼働状況を収集することは従来から可能である。例えば、Microsoft 社のオペレーティングシステムである MS Windows は、従来から「Microsoft 管理コンソール」[2] と呼ばれるプログラムを使って、ローカルコンピュータだけではなく、リモートコンピュータの稼働状況を収集することができる。

しかし、従来型の稼働状況収集プログラムは、独自プロトコルまたは非公開プロトコルに基づいて通信しているため互換性が低い。また、オフィスには、多種多様なベンダが開発した様々な通信機能を備える機器 (例えば、ノート PC、デスクトップ PC、プリンタ、ルータ、ネットワークストレージ、サーバ等) がある。したがって、環境に配慮し

たシステムを構築すべく、ネットワークを介して、オフィスにあるこれらの ICT 機器の稼働状況を収集しようとした場合、統一的な規格の欠除から、これらの情報を獲得、一元管理することは困難である。様々な ICT 機器の省電力運転と何らかの関連性を持った、機器の動作状況等に関する各種パラメータを系統的に表現し、それらを効果的に収集、管理するための情報ベースに対する要求が今後益々高まることが予想される。

2.2 ICT のグリーン化に関する標準化動向

データセンタやネットワークインフラなどの ICT システムのグリーン化へ向けて、様々な団体が国際標準化へ向けた取り組みを推進している。特に ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector) においては、ICT システムを利用することによる環境への影響について調査を実施し、それに関する勧告について、積極的に検討が行われている [4]。ITU-T では主に通信デバイスや通信インフラを対象とし、そのエネルギー効率に関する指標や測定方法の確立について議論されている。これにより環境負荷を計測し、環境負荷低減の計画を立案することで、通信デバイスのグリーン化を実践する。

日本の総務省では、ICT システムそのもののグリーン化 (Green of ICT)、及び ICT システムの利活用による各分野のグリーン化 (Green by ICT) の両面からのアプローチによって国際標準化に取り組んでいる。その結果として、データセンタにおいて電力使用の大きな割合を占める空調を対象とし、1) 寒冷地域特性を活用した「氷雪エネルギー」及び「外気冷房」による空調方式の実証実験、及び、2) 気候、スペース効率を考慮した空調方式選定方法の検証を行い、ITU-T にベストプラクティスモデルとして提案したものが勧告として採用された [5]。

一方、IETF Eman (Internet Engineering Task Force-Energy Management) では ICT システムにおいて、ネットワークに接続されたデバイスのエネルギー管理用の MIB を検討している [6]。ここでは、ネットワークに接続されたルータやスイッチ、PC 等を対象とし、これらデバイス同士がネットワーク内で親子関係を持つアーキテクチャを定義している。このアーキテクチャでは、親となるデバイスが接続デバイス (子のデバイス) の電源状態や電力消費等のデータをまとめて、それらを管理インタフェースに送信する。また、デバイスの種類や電力の優先度に応じたデバイスの制御についても定義されている。これらにより、停電時や電力供給が危機的な状況に置かれた際に、必要でないデバイスへの電力供給を遮断することが可能となる。

他にも欧州の通信関係標準化機関である ETSI (European Telecommunications Standards Institute) では、SNMP を用いて、空調機や電源機器を監視し、制御するためのプロ

トコルの標準化について検討が進められており [7], Ecma International ではサーバと空調機に関して、電源の監視・制御に関するデータセットの標準化について議論されている [8] .

3. グリーン指向管理情報ベース (G-MIB)

3.1 G-MIB の概要

グリーン指向管理情報ベース (Green-oriented Management Information Base: G-MIB) は、省電力運転に関連する、ICT 機器の稼働状況を表す各種パラメータを整理・定義した、管理情報ベース (MIB) の拡張である。本稿では、まず次節にて G-MIB の設計に関して述べた後、設計に基づく実装について概説する。また、次章にて、実稼働する ICT システム上への G-MIB を活用した監視システムの構築について紹介する。さらに、省電力運転制御へ有用性について検証し、得られた情報の利活用の方法について考察する。

3.2 G-MIB の設計

ICT システムを構成する機器の最適化運転設計を行う場合、単に ICT 機器の稼働状況のみを観測し、電力制御を行うだけでは不十分である。例えば、市役所等の窓口に配置される機器 (業務用 PC など) は、市民が窓口にこない間は、利用されないことが多い。このような機器に対して、稼働状況に応じた電源制御を行った場合、常時電源が OFF になり、市民が窓口に訪れた時にだけ機器が起動することになる。これは、待機電力の削減としては非常に有効であるが、利便性が著しく低下する。したがって、最適化運転設計に向けた情報として、用途や設置位置に関する情報は重要な要素となる。

一方、ICT 機器には、プリンタなどの周辺機器が接続されることがあり、この周辺機器が利用されていないのに、接続されているため、電力を消費している場合がある。

以上のことから、ICT システムの最適化運転設計に必要な情報は、稼働状況だけではなく、用途や設置場所、ハードウェアの情報、ソフトウェアの情報等、多角的な情報が必要となる。

そこで、G-MIB は、表 1 に示す通り、「基本情報」、「ハードウェア情報 (HW 情報)」、「OS 情報」、「アプリケーション情報 (APP 情報)」、「資源情報」から構成される設計とした。

基本情報として、設置場所や利用用途といった基本的な情報を定義する。これにより、機器の最適運用設計や、部門組織における省電力運転におけるポリシー設計に役立つことが期待される。

ハードウェア情報には、対象となるマシンそのもののハードウェア情報と接続された機器の情報を格納する。これにより、エネルギー効率が悪いハードウェア、不要な

表 1 G-MIB 構成概要

項目名	概要	項目数
基本情報	設置場所や使用用途等の情報。	3
HW 情報	CPU ,HDD の型番 ,接続されているハードウェアの一覧等。	21
OS 情報	OS 稼働状況 (CPU 負荷 ,HDD 負荷) ,電源設定等の情報。	24
APP 情報	アプリケーションの稼働状況。	18
資源情報	消費電力の理論値 (実測値) ,プリンタ出力枚数等の情報。	20

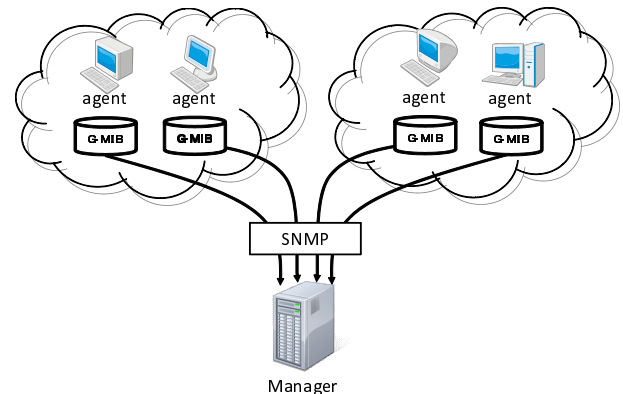


図 1 G-MIB 監視システム構成図

ハードウェアの検出に貢献することが期待できる。

OS 情報には、OS から得られる CPU 負荷、HDD 負荷、電源設定等の情報を格納する。CPU 負荷や HDD 負荷といった稼働状況を取得することにより、そのマシンの利用状況を把握することができることが期待でき、省電力運転におけるポリシー設計の観点から、不適切な電源設定を行っている機器を検出することが期待できる。

アプリケーション情報は、そのマシン上で動作しているサービスやプログラムの情報を格納する。この情報は、OS 情報に格納した稼働状況を補助する情報であり、ハードウェア (CPU や HDD) に負荷をかけることにより、結果的に環境負荷を与えるアプリケーションを検出することが期待できる。

G-MIB は、MIB2[3] をベースとして拡張しており、現在開発中の試作システムでは、「iso(1).org(3).dod(6).internet(1).private(4).enterprises(1).gmib(3001)」に対して拡張を行っている。

3.3 G-MIB の実装

前節で示した G-MIB の設計に基づくプロトタイプシステムとして、Microsoft Windows 上で動作する SNMP Agent プログラム [9]、及び、情報を収集する SNMP Manager プログラムであるデーモンプログラムを試作した (図 1)。

SNMP Agent は、OS の親和性と実運用への適用を考えた場合のインストール容易性を考慮し、Windows 標準の

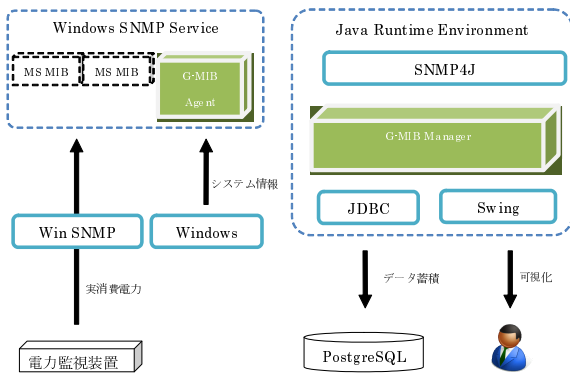


図 2 Agent と Manager の詳細構成図

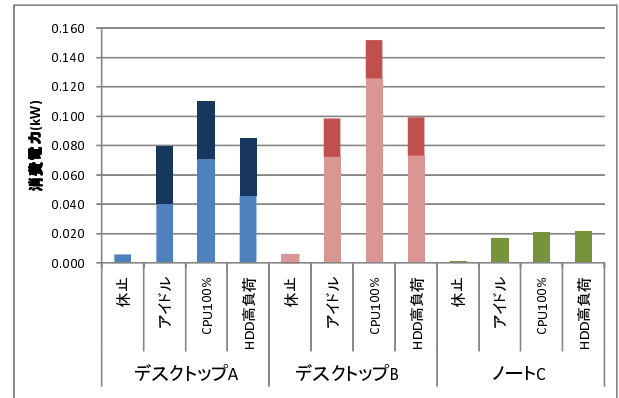


図 5 PC 稼働率と消費電力の関係

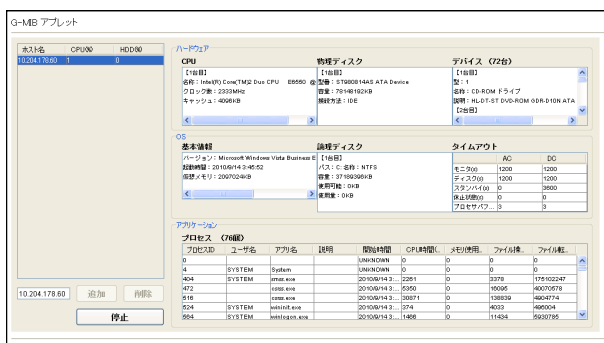


図 3 G-MIB 情報可視化画面例 (詳細情報表示)

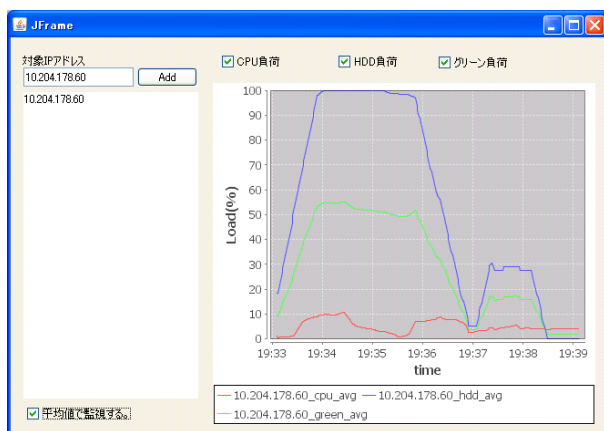


図 4 G-MIB 情報可視化画面例 (グラフ表示)

SNMP Agent に対して、拡張 MIB を実装する指針とした。一方、Manager は、マルチプラットフォームで動作できること、可視化システムや、情報収集デーモンプログラム等様々な利用形態が考えられるため、G-MIB の構成要素に対して、オブジェクトにアクセスできる Java クラスライブラリを設計し開発した。図 2 に実装の詳細を示す。

また、図 3 と図 4 に G-MIB 情報可視化の画面例を示す。

4. 実験・評価

試作した拡張 Agent 及び Manager ライブラリを用いて、リモート PC にある G-MIB の情報と消費電力をモニタリ

ングした (図 5)。結果として、PC の消費電力は、CPU 稼働率に大きく影響を受け、OS 設定の休止設定とすることで、大きく消費電力を抑えることが可能であること、ハードウェアによって待機電力が大きく違う (特にノート PC は省電力設計となっている) ことが確認できた。

このことから、ICT システム全体の消費電力の最適化を行うためには、ICT システムを構成する機器、OS の設定値、稼働率、稼働率の内訳、すなわち動作しているアプリケーションの状態が重要となるため、本研究で検討を進めている。G-MIB の設計指針および構成要素は適切であるといえる。その一方で、G-MIB 全体では、PC 一台当たり、毎秒平均で 3~4K バイトのデータが発生する。これらをどのように、保存し、解析に利用するかは、今後の課題である。

また、実験において、図 6 に示すような挙動が観測されたマシン (マシン E) があつた。この日、利用者はマシンを午後から使用したにもかかわらず、CPU 利用率は午前中から 15%程度を推移していた。利用者にヒアリングしたところ、CPU 利用率の高いスクリーンセーバが稼働していたことが分かった。マシン本体のアイドル時消費電力を 56W、ディスプレイの消費電力を 32.5W と仮定し、CPU 利用率が 100%になると本体の消費電力が 1.7 倍になるとして、スクリーンセーバが稼働しなかった場合の消費電力削減量を試算した。その結果、不要なプロセスの停止による消費電力削減量は、3.27%となった。以上により、G-MIB で収集した情報から不適切な電源設定および、プロセスを検出できる見込みを得た。

5. G-MIB の今後の展開

今後はこれまで述べてきた G-MIB を、情報システム全体の省電力化の実現へ向けて発展・進化させ、ネットワークのグリーン化 (省電力化により CO₂ 排出量の削減化) を実現する「次世代グリーン指向ネットワーク管理技術」を研究開発する。

図 7 に G-MIB を基盤として実現される次世代グリーン

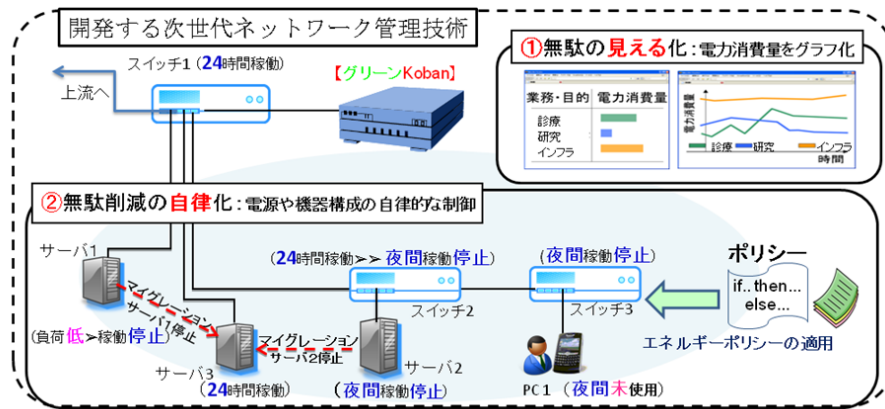


図 7 次世代ネットワーク管理技術の概要

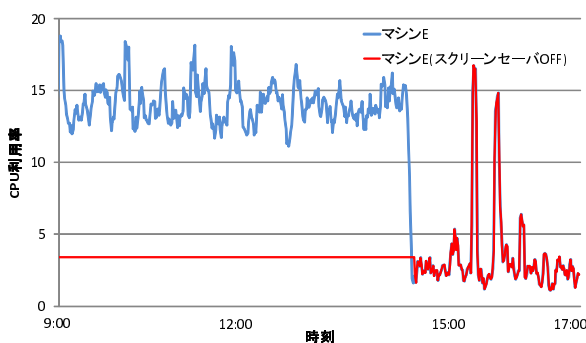


図 6 マシン E の CPU 使用率の推移

指向ネットワーク管理技術の概要を示す。本研究では、次世代グリーン指向ネットワーク管理技術をネットワークシステムの CO₂ 排出量の削減のために、電力消費の無駄をリアルタイムで可視化する (1) 無駄の見える化、エネルギーポリシー（電力使用戦略・計画）に基づいて無駄を自動的に削減し、さらに高度なデータマイニング、推論により無駄を自律的に削減する (2) 無駄削減の自律化の 2 つのモジュールを中核として実現する。これを達成するために、第 3 章で述べた G-MIB をネットワーク管理システムに適用し、さらに効果的に発展させ活用する。

(1)「無駄の見える化」では、接続機器の環境負荷に関する情報（見える化の対象）を収集、分析し、接続されている機器の稼働（電力消費）状況や電力消費の内訳（利用目的別の分類など）といったシステム全体の環境負荷（電力消費状況）の情報をリアルタイムに表示する。この際、第 3 章で述べた G-MIB を活用することで、これら情報の収集を実現する。管理者は表示された情報に基づいて事前に電力使用計画を策定し、環境負荷を削減する。また利用者に対し省電力化意識の向上（ソーシャルアウェアネスの喚起）を行うことで、CO₂ の削減への貢献が大きく期待できる。

(2)「無駄削減の自律化」では、管理者が定めたエネルギーポリシーに基づいてネットワーク全体の環境負荷

を自動的に削減する。また、サーバおよび端末の機器の CPU の負荷の状況、サービスの利用状況、流れているトラフィックの情報などを収集する。収集した情報をもとにデータマイニング解析の効果的な応用によって、サーバや端末の今後の利用状況を推測・予測し、自律的な環境負荷の削減を目指す。さらに、サーバや端末の推測・予測した利用状況をもとに、機器の電源の ON/OFF の動的な制御をシステム自身が推論することで、効率的な電源制御をおこなう。同時に、仮想化の技術を効果的に応用することによって、ネットワークサービスの配置を最適化する仕組みを考案し、自律分散的に環境負荷を削減する。

本研究では、G-MIB を基盤技術として、(1)「無駄の見える化」、(2)「無駄削減の自律化」の 2 つの仕組みを新しく研究開発し、既存のネットワーク管理システムへ新たに統合することによって次世代グリーン指向ネットワーク管理技術を実現する。これにより、従来型のネットワーク管理システムを導入済みの場合、大幅なシステム改修等を行う必要がなく、低コストでエネルギー管理システムを導入することが可能である。なお、本管理技術の実現（設置したセンサなど）による新たな消費電力の増加は、本管理技術によって得られる無駄の削減効果と比較し、極めて小さいため、導入によるデメリットは発生しない。

6. おわりに

本稿では、ICT 機器の省エネルギー化を実現する G-MIB の設計について述べた。ICT 機器の消費電力量は、ファシリティ（建物）全体の消費電力量の 1 割程度を占める。オフィスなどの建物では、ますます ICT 機器に対する依存度が高くなっているため、ICT 機器が消費する電力量の割合は今後より一層多くなると考えられる。

また、位置センサなどから得られる「人」の動きによって、空調や照明などの建物に関する電力制御システムの開発が試みられているが、ICT 機器の稼働状況も、オフィスで働く「人」の状況を把握する上で、有効な情報として考

えられる。そのため、G-MIB が、建物の電力制御システムの一部として利活用されることも大いに期待できると考える。今後は、試作システムの拡張を行いつつ、G-MIB の国際標準規格化へ向けてより詳細な検討を進める予定である。

謝辞 本研究の一部は、総務省平成 21 年度第 2 次補正予算「ネットワーク統合制御システム標準化推進事業」における「宮城県栗原市における通信プロトコル等検証のための地域実証」、および平成 23 年 10 月開始の総務省 PREDICT「情報システムの省電力化を実現する次世代ネットワーク管理技術の研究開発」の支援を受けて実施している。

参考文献

- [1] 「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会報告書」, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/chousa/ict_globalwarming/pdf/0804_h1.pdf
- [2] Microsoft 管理コンソール, [http://technet.microsoft.com/ja-jp/library/cc757318\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/ja-jp/library/cc757318(WS.10).aspx)
- [3] RFC1213 Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1213.txt>
- [4] ITU-T Study Group 5 (Study Period 2009-2012), <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com05/index.asp>
- [5] 総務省 | グリーンデータセンターのベストプラクティスの国際標準化, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu02_02000029.html
- [6] Energy Management (eman), <http://datatracker.ietf.org/wg/eman/>
- [7] ETSI, <http://www.etsi.org/WebSite/homepage.aspx>
- [8] TC38 - Product-related environmental attributes, <http://www.ecma-international.org/memento/TC38-M.HTM>
- [9] MSDN Library "SNMP Service" [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa379100\(v=VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa379100(v=VS.85).aspx)