

監視・制御のためのデバイスネットワークの学校教育への応用

前田 香織¹ 相原 玲二² 西村 浩二² 近堂 徹³
岸田 崇志⁴ 上浦 大智⁴ 谷口 和久⁵ 平賀 博之⁶

¹広島市立大学情報処理センター ²広島大学情報メディア教育研究センター ³広島大学工学研究科

⁴広島市立大学情報科学研究科 ⁵広島市立広島工業高等学校 ⁶広島大学附属福山中・高等学校

¹〒731-3194 広島市安佐南区大塚東 3-4-1

E-mail: hirobot@v6.ipc.hiorhsima-cu.ac.jp

あらまし 本稿は工業系高等学校と大学が共同実施している情報家電の IPv6 化に関する実験プロジェクトについて紹介するとともに、実施した実験について報告する。本プロジェクトでは、遠隔機器の一方向の制御や監視をするだけでなく、遠隔地の機器の状態を把握して、双方向の制御を行うシステムを開発した。開発したシステムを用いて、高等学校の照明などの遠隔制御や遠隔ロボット対戦を行った実験の報告をする。プロジェクトでは、今後のユビキタス社会を想定し、IPv6 での機器制御を念頭においている。そこで、各種プロトコルの変換システムとなるゲートウェイ装置 MicroRAC を開発した。MicroRAC は IPv6 と IPv4 の変換、IPv6 を利用した USB および RS232C の接続等、既存の機器制御方式と連携を行う。照明等の制御にはビル機器制御に広く利用されている LonWorks ネットワーク（エシエロン社）を用いた。

キーワード ユビキタス, IPv6, 情報家電, プロトコル変換, 高大連携

Application of Device Networks for Monitoring and Controlling in School Education

Kaori MAEDA¹ Reiji AIBARA² Kouji NISHIMURA² Tohru KONDO³
Takashi KISHIDA⁴ Daichi UEURA⁴ Kazuhisa TANIGUCHI⁵ Hiroyuki HIRAGA⁶

¹Information Processing Center, Hiroshima City Univ. ²Information Media Center, Hiroshima Univ.

³Graduate School of Engineering, Hiroshima Univ. ⁴Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City Univ.

⁵Hiroshima Municipal Technical High School ⁶Hiroshima Univ. Attached Fukuyama Junior and Senior High School

3-4-1, Ozuka-higashi, Asa-minami, Hiroshima, 731-3194 Japan

E-mail: hirobot@v6.ipc.hiorhsima-cu.ac.jp

Abstract We describe our research project to control home appliances using IPv6, which is the joint project of universities and high schools. In this project, we developed not only one-way control system of remote equipments, but also bi-directional control system obtaining their status. We show some experiments of remote control of lights of a classroom of the high school and robot fighting games over IPv6 networks using our system. Since IPv6 is essential technology in our project toward the ubiquitous society in near future, we developed a gateway to convert many protocols called as “MicroRAC”. For example, translation from IPv4 to IPv6, control of USB and RS232C using IPv6, and conversion from the existing control protocol like LonWorks network, which is the open platform developed by Echelon Co. used for building automation and so on.

Keyword Ubiquitous, IPv6, Home appliances, Protocol conversion, Joint of universities and high schools

1. はじめに

情報通信ネットワーク社会の形成を目標に 2001 年に始まった我が国の重点政策である「e-Japan 戦略」[1]

は 2006 年から「u-Japan 戦略」[2]へと展開する。こうした流れの中で IPv6 は常に基本技術として位置づけられている。そこでは、「いつでも」「どこでも」「あら

ゆるものを」ネットワークに接続するという目標をIPv6により解決しようとしている。現在、インターネットは多くの家庭に浸透しつつあるが、想定されているユビキタス社会では、身の回りにあるほとんどすべての電気製品がネットワークへ接続される。少なくとも、現在の数十～数百倍以上の機器がネットワーク接続されることになる。そのような社会にスムーズに移行するためには、単にIPv6対応機器の開発やネットワーク技術の開発のみならず、普及に向けた社会実験を実施することは言うまでもないが、科学技術への憧れや興味を持ち、情報通信の基礎知識を持つ人材をできるだけ多く養成することも非常に重要である。

著者らは、インターネットの普及が始まった1993年頃から地域の初等中等教育機関と大学が連携し、学校教育現場における情報通信技術の利活用に取り組んできた[3]。こうした取り組みに積極的に関わってきた学校においても、依然、ネットワークに接続されるものはコンピュータであり、近い将来あらゆるものがネットワーク接続されるということは必ずしも理解されていない。したがって、IPv6技術に対する関心も高くない。

そこで、ユビキタス社会へスムーズに移行するための試みとして、平成15年度および16年度に地域の高校と大学が連携した新たなプロジェクトを実施した。このプロジェクトでは、IPv6という技術を積極的に表に出し、ユビキタス社会について高校生自身が取り組み、考えることを重視している。本稿では、このプロジェクトの広島地域での取り組みを報告するとともに、IPv6を用いたユビキタス社会は高校生等若い世代が積極的に創造すべきものであることを主張する。まず、2.でプロジェクトの概要について述べ、3.でプロジェクトにおける開発成果を報告する。4.ではそれを用いた実験について報告し、5.で一連の実験に対する考察、6.でまとめと今後の展望について述べる。

2. プロジェクトの概要

広島地域で高校生とともに取り組んだ研究プロジェクトは平成15年には通信・放送機構「情報家電のIPv6化に関する総合的な研究開発」事業の支援を受けて「工業高校におけるIPv6を用いたロボット遠隔操作環境実現とロボット遠隔操作実験および総合的情報家電模型操作環境実現と遠隔操作実験に関する研究開発」のテーマで、平成16年度には情報通信研究機構の「情報家電のIPv6化委託研究開発」事業の支援を受けて「工業系高等学校におけるIPv6を用いたユビキタス社会実験プロジェクト」のテーマで実施された。佐賀大学、広島大学、広島市立大学、宮崎大学とその実験フィールドとなる高等学校等との共同研究である（以

降、この2年間の実験・研究プロジェクトを本プロジェクトと称す）。本プロジェクト全体の概要や意義については文献[4]～[7]に委ね、本稿では広島地域での取り組みについて概要を報告する。

広島市立大学と広島大学はそれぞれ実験フィールドとなる広島市立広島工業高等学校（以降、広島市工）と広島大学附属福山中・高等学校（以降、福山附属）とともに本プロジェクトに参加した。

これからのユビキタス社会の主役となる高校生自身がユビキタス社会を創り出す活動を行うことがプロジェクト全体の目的であり、意義である。その中で、広島地域では、従来から大学と地域の初等中等教育機関で取り組んでいる「先進技術を学校現場に提供し、教育における利活用の可能性を探ること」の一環として、本プロジェクトに取り組んだ。また、できるだけ高校生が授業やクラブ活動等自分たちの生活の中で、使っているものや作っているものを実際にIPv6で監視したり、制御したりすることを主な実験とした。これにより、高校生がIPv6をより身近に接し、さらにその展望を考えることとした。

3. 実験環境の整備

3.1 制御対象の選定

本プロジェクトはそれが参画している事業のテーマである「情報家電」と「IPv6」に対する高校生のイメージづくりから始まった。大学生を講師とした勉強会により、基礎知識を学んだ後、IPv6はコンピュータだけに活用される技術ではないというイメージを広げることができた。その結果、彼らの生活の中で、IPv6を用いて「遠隔操作」をする実験を始めることにした。

最初に身近な制御対象の1つとしてロボットがあがった。ロボットは2校の授業（課題研究：工業高校においてはカリキュラムの1つ）やクラブ活動で高校生が自ら製作したものである。ロボットには平成15年度はレゴ社の「マインドストーム」やイーケイジャパンの「ロボットアーム(MR-999)」を用い、平成16年度は広島市工で製作した日本ロボット相撲大会3kg級の試合規則として定めるラジコン型相撲ロボットを使用した。

次に、教室の中にあるビデオ、テレビ、電灯、空調なども遠隔操作対象とした。

3.2 IPv6 ネットワーク構築

実験に必要なIPv6ネットワークへのアクセスラインとして高校はFTTH（Bフレッツ）を用い、県間は本プロジェクトに参加する大学が接続されているJGN（平成15年度まで通信・放送機構）およびJGN II（平成16年度から情報通信研究機構）のIPv6網（JGNv6）を用いた。

Bフレッツは L3 のネットワークでそのままでは IPv6 を使用することができない。そこで、平成 15 年度は 2 高校と広島市立大学を Bフレッツのグループで接続し、さらに、広島市立大学と 2 高校間は IPv6 トンネルで接続して、JGNav6 へ接続した（用いたブロードバンドルータはアライドテレシスの AR450S）。

平成 16 年度も同じく高校のアクセスラインは B フレッツを用いたが、大学との接続は地域のネットワークサービス SuperCSI のフレッツアクセスサービス（<http://www.csi.ad.jp/fletsaccess.html>）を用いた。これは地域の広域イーサネット SuperCSI とフレッツ網の相互接続がサービス化されたもので、接続拠点間は使用するブロードバンドルータ（西日本電信電話とフジクラとの共同開発のフレボ）で L2 接続（イーサネット VPN）が可能である。これにより、実験参加の高校と大学、さらに JGNav6 までの VLAN 接続が可能で、柔軟な IPv6 ネットワーク構築が可能となった。平成 16 年度のネットワーク接続構成を図 1 に示す。

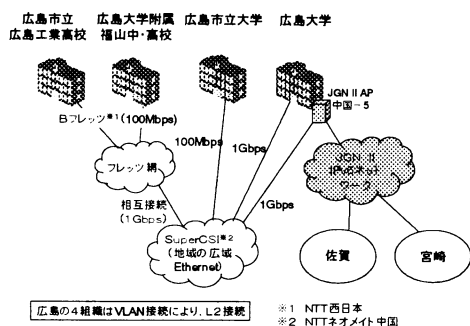


図1 ネットワーク構成

3.3 プロトコル変換

実験に使用しようとした対象物も含め、高校にある制御対象物で直接 IPv6 接続できるものはない。将来的にはすべての対象物が直接 IPv6 で制御することを念頭にし、実験期間中は、対象物を制御するためのプロトコル変換装置を設け、これを開発することとした。プロトコル変換装置は情報家電コントローラと称し、平成 15 年度はインターネットマイクロノード社の汎用マイクロノード RS6[8]を用い、平成 16 年度は小型 PC を用い広島大学で開発した MicroRAC[9]を用いた。マイクロノード RS6 は 8 チャンネルの平行出力ポートと 10BaseT インタフェースを持ち、IPv6 ネットワーク越しに http で届いた制御を各ポートごとの制御信号に変換するものである（制御には Web ブラウザを用いる）。MicroRAC については次節で述べる。

3.4 情報家電コントローラ MicroRAC の開発

高校生が遠隔操作の対象とするものは、3.1 で述べたように、ロボットや教室内に設置されている家電（テレビや電灯など）で、その制御の多くが、赤外線リモコン、ラジコン、スイッチによるもので、平成 15 年度に使用していたマイクロノードのように平行信号のみを取り出すものでは対応できなかった。

そこで、小型 PC（筐体はハイテックシステム社の ESS-3610）を用いて情報家電コントローラ MicroRAC を開発した。MicroRAC は LinuxOS を搭載している。CF (Compact Flash) ブートにより OS が起動し、その後はメモリ上で動作するため、シャットダウン手続きが不要である。コントローラの特徴は以下の通りである。

(a) 種々のインタフェース対応

図 3 のように 100Base-TX のネットワークインタフェースが 2 つ、USB1.1 ポートが 2 つ、平行ポート、シリアルポートなど多くのインタフェースをもつ。

(b) IPv6→IPv4 トランスレート機能

2 つある 100Base-TX イーサネットポートを利用して、IPv6 から IPv4 へのトランスレート機能をもつ。

(c) 柔軟な制御プログラム開発可能

ユーザは自由に CGI (Perl, Ruby) を作成することができ、作成したプログラムで機器制御が可能である。作成したプログラムはダウンロード/アップロード機能を利用することで、CGI をコントローラに載せることができる。コントローラ自体にも Web から編集できるエディタがあり、ブラウザ上でプログラミングを行うことも可能である。作成した CGI は、CF のユーザ領域に保存することができ、保存領域はユーザ毎に変更できる（最大 5 ユーザまで可能）。

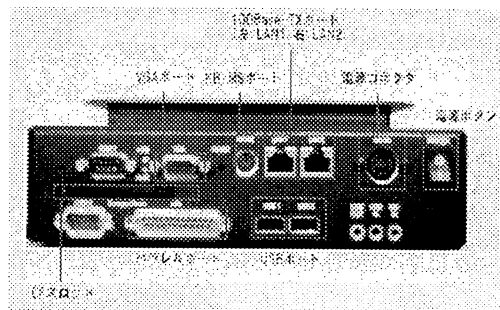


図2 MicroRAC の背面図

これにより、例えば、遠隔操作可能な USB カメラや USB ジョイスティックを利用して遠隔地の MicroRAC の平行ポートの制御、赤外線リモコン¹を利用した機器制御も可能である。

¹ Redrat3 に対応

3.5 高品質映像伝送システムの併用

2 年間のプロジェクトを通して、互いに離れた場所にある大学や高校との情報交流や研究交流にはテレビ会議システムを用いた。高校等組織の接続環境にもよるが、広島地域では、映像や音声の品質によるストレスを小さくするためとできるだけ新しい技術に触れるため、テレビ品質相当のテレビ会議ができる環境を用意した。IPv6 ネットワーク上で使用可能な MPEG2 映像音声伝送システムとして Robst[10]やピクチャーの MPEG4 CODEC (DM-NC40) を使用した。場合により Robst でハイビジョン映像伝送を使用することもあった。

4. 遠隔操作実験

4.1. 一方向機器制御実験

平成 15 年度は情報家電コントローラとして、マイクロノード RS6 を用いて、高校生の製作機器を制御した。広島市工ではリモコンカーなどのロボットの製作の他、RS6 で使用する 8 チャンネルの ON/OFF 制御可能なインタフェース回路を製作した。また、赤外線リモコンで制御できる機器を操作するため、図 3 のように学習機能付き多機能リモコン (SONY RM-AV3000U) の制御端子を取り出して RS6 と接続し、多機能リモコンのいくつかの制御 (ビデオの再生/停止, リモコンカーの前進/後退, DV カメラの撮影) を RS6 経由で IPv6 ネットワークからできるようにした。福山附属では各種電子工作品 (電子イルミネーションやロボットアーム) を製作した。その後、相互に表 1 のような遠隔操作の実験を実施した。図 4 はその様子である。

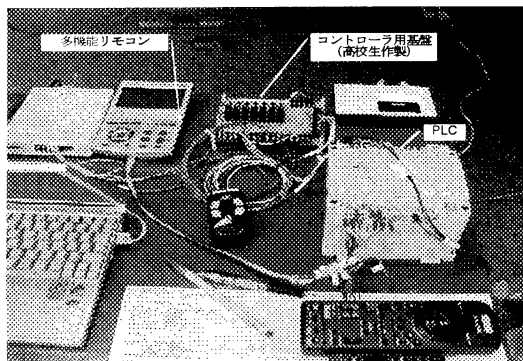


図 3 RS6 と多機能リモコン等制御機器

RS6 での制御は高校生にとっては各種の操作対象機器を IPv6 で制御するという実感を生み出すためには効果があった。しかし、RS6 で提供されていた GUI では 1 度にスイッチオンまたは、オフしかできないため、ロボットアームの向きを少しずつ変更させるような制

御には向かず、生徒にとって操作性はよくなかった。

表 1 遠隔機器操作の内容

生徒電子工作 (イルミネーション) の点灯・消灯
ロボットアームの腕左右曲げ, 指つまみ, 肘曲げ・伸ばし (くす玉の紐を引く)
クリスマスツリーの点灯・消灯
リモコンカー始動・停止
デジタルカメラの撮影
レゴロボットの前進・後退
映像機器 (テレビ等) の電源オン・オフ, ビデオ再生・停止

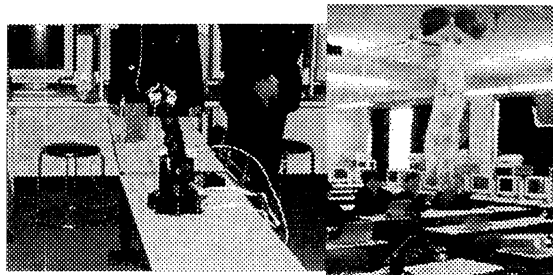


図 4 福山附属のロボットアーム (右) の広島市工からの遠隔操作 (左) による遠隔くす玉割り

4.2. 双方向, インタラクティブな遠隔操作実験

平成 15 年度における実験では, IPv6 で遠隔機器制御ができたものの, 手元の Web ブラウザで制御信号を送るだけで実際に機器が動作しているかを判断するには, 遠隔地の映像を見るしかなかった。また, 2 高校が互いに相手の様子を見ながら操作しようというインタラクティブな操作もできなかった。そこで, 平成 16 年度はこれらの実験を試みることとした。

4.2.1 LonWorks を用いた教室の状態把握

前年度に引き続き, 高校生の身近な機器の遠隔操作を検討したところ, 教室の電灯がついているか, 温度や湿度, 人がいるかどうかなど教室の状態把握の実現を平成 16 年度の目標とした。こうした情報を採取する際のセンサーネットワークの規格は, ビル, 工場, 住宅の機器管理やエネルギー管理などを目的として ECHONET[11], UPnP[12], Zigbee[13]など有線, 無線とも各種出ている。今回はこのうち, オープンシステムとして通信プロトコルが公開されているエシエロン社の LonWorks[14]を用いることにした。

LonWorks は対応したデバイス同士が LonTalk と呼ばれる通信プロトコルで通信を行う。対応デバイスとして各種センサ, スイッチやアクチュエータ (ファン, モーターなど) などが用意されており, これらに通信ポートを持たせることにより各デバイスの遠隔制御が可能とするものである。最大 32,000 個のデバイスが接

続可能である．図 5 は本プロジェクトで用いた LonWorks と IPv6 ネットワークの接続や機器構成の概要である．接続されたデバイスは LonWorks の通信プロトコルで制御，監視され，IP ネットワークとは iLon100 という機器が橋渡しをする．現在のところ，iLon100 は IPv6 に対応していないため，情報家電コントローラとして，MicroRAC を使用した．

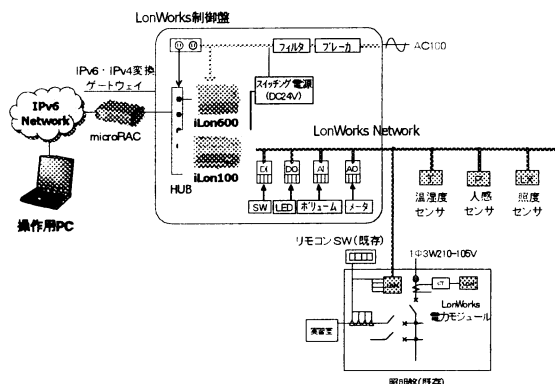


図 5 教室の状態把握のための制御機器構成

デバイスの状態を参照したり，制御したりするために各デバイスに対応するネットワーク変数を iLon100 に定義する．iLon100 は Web サーバ機能を持ち，定義された変数に対して SOAP を用いてクライアントからアクセスする（クライアントから定期的にポーリングする）．今回，クライアントは VisualBasic を用いて図 6 のような GUI を開発した．GUI 上に教室の状態をリアルタイムに表示可能である．

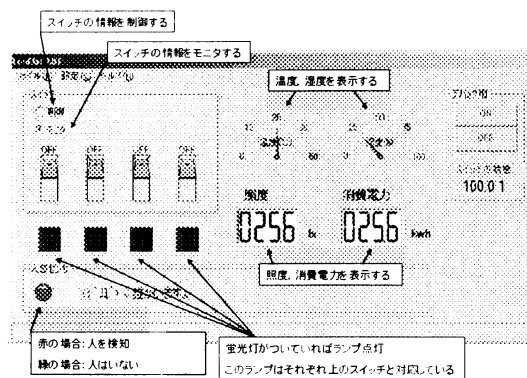


図 6 教室状態把握の GUI の概観

この実験機器を使用し，遠隔地から教室の状態を監視する実験を行った．その 1 つとして，全国産業教育フェア（平成 16 年 10 月 29 日～31 日，広島県立体育館）

において，図 7 のようにフェアの会場から広島市工の教室の遠隔機器操作の実演展示を行った．



図 7 実演展示の様子

4.2.2 遠隔ロボット対戦実験

インタラクティブに遠隔操作する実験の 2 つ目として，広島市工で作成したラジコン型相撲ロボットを使用し，遠隔地間でロボット相撲対戦の実験を行った．遠隔地からの操作は MicroRAC の USB ポートで接続したジョイスティックによる．赤外線受信機は市販の 4 チャンネル赤外線リモコンセット（イーケイジャパン PU2706）を使用した．この実験は同じく産業教育フェアで広島と福山で，また，「九州 JGNII シンポジウム in さが」では佐賀，宮崎の 3 地点で実演展示した．図 8 はその様子である．



図 8 遠隔ロボット対戦の様子

5. 考察

本実験プロジェクト開始以前，多くの高校生は IPv6 はもちろん，IPv4 についてもよく知らない状態であった．インターネットはコンピュータを接続するためのものという，漠然とした理解に留まっていた．そこで，まず大学院生による IPv6 の入門的講義を行い，莫大な数の機器がネットワーク接続される可能性などについて学習した．さらに，テレビやビデオ，ロボットなどを次々とネットワーク接続し，遠隔制御実験を進めるにしたがって，今後身の回りにある多くのものがネットワーク接続できることを実感するようになった．

実験後の高校生の感想は文献[7]に掲載されているが，コンピュータ以外のものがネットワーク接続され

ることにより、単に便利になるだけでなく、日常生活スタイルをも変えてしまう可能性を持つことを指摘する生徒もいた。また IPv6 がそれを支える重要な基盤技術であるとの感想を持つ生徒が多かった。今後 IPv6 を利用して試してみたい機器制御などのアイデアも多数出され、情報技術への興味が深まった。

IPv6 の基本動作の講義、IPv6 ネットワークの構築、プロトコル変換装置の作製と利用の支援などについては主に大学院生が担当したが、大学院生と高校生の交流は、双方に様々な刺激を与え、非常によい効果をもたらした。今後の高大連携のあり方を示唆しているようにも思える。

6. おわりに

本プロジェクトの成果は高校生（広島市工情報電子科 3 年荒木雄二）が The 6th Asia Pacific Next Generation Camp（平成 17 年 2 月 21～23 日、京都国際会議場）にて報告した。高校生による IPv6 に関する報告はアジア、オセニア、米国等 20 カ国の学生、研究者約 60 名が参加する中、注目を集めるものだった。実験や各種の成果発表を通して、単に技術の利活用だけでなく、高校生自身が次世代を担うものとしての意識改革を進めることができたことで、本プロジェクトの目的の一部は達成できたと考えている。

今後は MicroRAC の小型化や GUI の改善を行うとともに、実験で使用したデバイス制御実験をユビキタス社会創造のための学習プログラムとしてまとめていけないかを検討している。

謝辞

佐賀大学の近藤弘樹教授、渡辺健次助教授、宮崎大学の高岸邦夫教授他本プロジェクトのメンバー各位、実験フィールド校の関係者の方々に感謝します。特に広島市立広島工業高等学校、広島大学附属福山中・高等学校の校長先生他、関係の先生方に実験フィールド校として支援して頂き、感謝します。また、広島市立大学河野英太郎助手、広島大学大学院藤田貴大氏には実験にご協力頂いた。本研究は平成 15 年度通信・放送機構「情報家電の IPv6 化に関する総合的な研究開発」事業、および平成 16 年度情報通信研究機構「情報家電の IPv6 化委託研究開発」の支援を受けています。また、実験機材等でエシエロン・ジャパン株式会社、ダイダン株式会社、ネットスプリングに支援を受けました。ここに記して謝意を表します。

文 献

- [1] “高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 戦略本部）”
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/. 2001.
- [2] 総務省, “ユビキタスネットジャパン”,
http://www.soumu.go.jp/menu_02/ict/u-japan/index.html. 2005.
- [3] 前田香織, 相原玲二, 染岡慎一, 前原俊信, 渡辺健次, 西村浩二, 河野英太郎, “高品質動画通信に対応した学校ネットワークの構築と利活用,” 情報処理学会「分散システム / インターネット運用技術シンポジウム 2003」講演論文集, pp. 87 - 92, Jan. 2003.
- [4] 渡辺健次, “工業系高等学校における IPv6 を用いたユビキタス社会実験研究プロジェクトの意義と取組,” 信学技報 ET2004-116, pp. 85 - 90, Mar. 2005.
- [5] 渡辺健次, 近藤弘樹, “工業系高等学校における IPv6 を用いたユビキタス社会実験研究プロジェクトの概要と意義,” 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会, May 2005（発表予定）
- [6] “工業系高等学校における IPv6 を用いたユビキタス社会実験研究”,
http://www.ai.is.saga-u.ac.jp/ipv6-robocon/
- [7] “工業高校における IPv6 を用いたロボット遠隔操作環境実現とロボット遠隔操作実験および総合的情報家電模型操作環境実現と遠隔操作実験に関する研究,” 平成 15 年度研究開発成果報告書, Mar. 2003.
- [8] インターネットノード株式会社, “IPv6/v4 DualStack 汎用マイクロノード RS6,”
http://www.i-node.co.jp/product/rs6index.html
- [9] 広島大学情報メディア教育研究センター, “汎用コンパクトノード MicroRAC (Remote Appliance Controller),”
http://net.ipc.hiroshima-u.ac.jp/microrac/
- [10] 近堂徹, 西村浩二, 相原玲二, 前田香織, 大塚玉紀, “高品質動画画像伝送における FEC の性能評価,” 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, pp.84-92, Jan.2004.
- [11] エコネットコンソシアム, “ECHONET CONTHORTIUM,” http://www.echonet.gr.jp/
- [12] UPnP Forum, “UPnP Forum,” http://www.upnp.org/
- [13] Zigbee Alliance, “Zigbee Alliance,”
http://www.zigbee.org/
- [14] エシエロンジャパン, “LonWorks ネットワークテクノロジー,” http://www.echelon.co.jp/

- [1] “高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 戦略本部）”
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/. 2001.