

ネットワーク利用者認証システムとの連携による 無線 LAN 利用者の位置推定システム

— マッシュアップによるリッチな無線 LAN ネットワーク管理用インタフェースの開発 —

牛島 直記[†], 大谷 誠[‡], 渡辺 健次^{††}

[†] 佐賀大学大学院 工学系研究科 [‡] 佐賀大学 総合情報基盤センター

^{††} 佐賀大学 理工学部

ネットワーク管理において、ネットワーク利用者の居場所を推定する事が重要となってきた。我々は大学キャンパスを含め、様々な場所で設置が進められている無線 LAN アクセスポイントに着目し、無線 LAN 利用者を対象とした位置推定システムを開発している。これにより、より細かな粒度で無線 LAN によるネットワーク利用者の位置を推定する事が可能となる。また、ネットワーク利用者認証システムと連携する事で、ネットワーク利用者の特定を行う。加えて、マッシュアップや Ajax 等の Web2.0 技術を用いて、効率よくネットワーク管理が行える、ネットワーク管理用インタフェースを開発した。本稿では、開発したシステムについて報告する。

Development of Location Estimation System of Wireless LAN User by Cooperating with Network User Authentication System

— An Interface Developed by Using MashUp Technique for WLAN Network Management —

Naoki Ushijima[†], Makoto Otani[‡], Kenzi Watanabe^{††}

[†] Graduate School of Science and Engineering, Saga University

[‡] Computer and Network Center, Saga University

^{††} Faculty of Science and Engineering, Saga University

It is becoming very important to know the network user's geographical location for network management. We focus on estimating the user's location by using Wireless LAN. Wireless LAN Access Point is widely used in many places. By using them, we can estimate the location of network user on small granular range. This system also can identify network user by cooperating with network authentication system. In addition, we developed an interface for Wireless LAN network. This interface uses "Web 2.0" techniques, for example MashUp, Ajax, and any other. For using this interface, the network administrator can control Wireless LAN network efficiently. This paper describes the location estimation system with Wireless LAN and a using "Web 2.0" techniques interface.

1 はじめに

ネットワーク管理において、ネットワーク利用者の位置を把握する事が重要となってきた。例えば大学等の教育・研究機関のネットワークにおいて、P2P ソフトウェアを介した情報漏洩や違法なファイル共有、コンピュータウィルスの感染といった問題が起こっている。これらの問題は、通常、異常トラフィックとして観測される。異常トラフィックが生じた場合、そのトラフィッ

クを遮断する事がまず必要であるが、それだけでは問題の再発を防ぐ事が出来ないため、コンピュータウィルスの駆除や P2P ソフトウェアの利用を止めさせる必要がある。特に大学等の教育機関では、問題を起している利用者に対しての指導も必要である。この際、問題が起している最中に利用者の居場所に出向き、発生している問題を特定し、利用者に対して指導する事が重要となる。

問題を起している利用者の元に出向くには、その利用者の居場所を推定する必要がある。利用者の居場所を誤差数 m の高精度で推定せずとも、例えば現在の部屋

でネットワークを利用しているのかを推定する事が出来れば、対処がより容易になると考えられる。

そこで我々はネットワーク利用者の位置を推定する方法として、無線 LAN を用いた位置推定に着目した。無線 LAN アクセスポイント (以下、AP と記す) は 1 つの建物内に複数設置されるため、細かな粒度で位置推定が可能であると考えられる。

また、位置を推定した端末の利用者を特定する必要がある。他人のノート PC を使用したり、大学が貸し出すノート PC を使用する等、PC とその利用者が一意に定まらない場合があるためである。本研究では、位置を推定した端末の利用者を特定するために、ネットワーク利用者認証システムと連携して認証時のユーザ ID を取得する事で、利用者の特定を行う。

位置推定を行うシステムやソリューションは、数多く提案されている。しかしこれらのシステムを新たに導入するために、既に整備された大規模ネットワーク・システムを変更する事は困難である。本研究では既存のネットワーク・システムを変更せずに、ネットワーク利用者が居る部屋が判る程度の推定精度で利用者の発見を支援するシステムの開発を行っている [1]。

今回新たに、マッシュアップによるリッチな無線 LAN ネットワーク管理用インタフェースの開発を行った。開発したインタフェースにより、推定した無線 LAN 利用者の位置の表示や AP 管理を地図を用いて視覚的、直感的に行う事が出来る。また、無線 LAN 利用状況のモニタリングやログの閲覧等、複数の作業を 1 つの Web ページ内で行う事が出来る。

本稿では、本研究で開発を行っている無線 LAN 利用者位置推定システム、及び無線 LAN ネットワーク管理用インタフェースについて述べる。第 2 章では、本システムの概要と構成について述べる。第 3 章では、マッシュアップによるユーザインタフェースの実装について述べる。第 4 章では、考察を行う。最後に、第 5 章で本論文をまとめ、今後の課題について述べる。

2 開発した無線 LAN 利用者位置推定システム

2.1 システムの概要と構成

本システムは、PC で無線 LAN の受信電波強度を測定する事で AP と PC 間の距離を推定し、PC の位置を推定する受信電波強度方式を用いている [2]。同時にネットワーク利用者認証システムと連携する事で、無線 LAN 利用者の特定を行う。図 1 に、開発した無線 LAN 利用

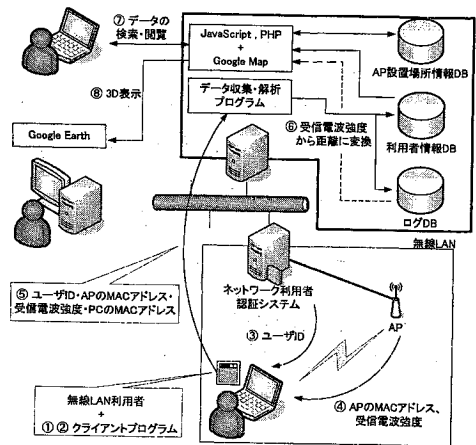


図 1 システム構成

者位置推定システムの構成を示す。

本システムは大学のように、無線 LAN ネットワーク網とネットワーク利用者認証システムが整備されている環境、および無線 LAN を用いたネットワークを利用する利用者を対象としている。そのため、Windows 利用者を対象として開発を行っており、次の 5 つのモジュールで構成される。

1. 接続している AP に関する各情報を取得し、定期的にデータ収集・解析プログラムへ送信するクライアント・プログラム。
2. 利用者情報を取得する際に利用するネットワーク利用者認証システム。
3. 利用者の位置情報を収集・解析するデータ収集・解析プログラム。
4. 現在の無線 LAN 利用者の情報、及び事前登録された AP の設置場所情報を保持するデータベース。
5. 推定した利用者の位置を閲覧するインタフェース。

2.2 クライアント・プログラムとデータ収集・解析プログラムの動作

クライアント・プログラムは起動後、自動的に接続している AP の MAC アドレス、AP・PC 間の受信電波強度を、WMI (Windows Management Instrumentation) [3] を用いて取得する。さらに PC の IP アドレスを基に、ネットワーク利用者認証システムよりユーザ ID を取得する。取得したデータは、UDP を用いて 60 秒間隔でデータ収集・解析プログラムへ送信する。

データ収集・解析プログラムは、クライアント・プログラムから送られてきたデータを受信し、受信電波強度から AP と PC 間の距離を推定する。また、受信したデー

タを基に、利用者情報データベースを更新し、受信データの内容と日付・時間をログ・データベースに保存する。

2.3 ネットワーク利用者認証システムと連携した利用者情報の取得

本システムは、ネットワーク利用者認証システムと連携して認証時のユーザ ID を取得する事で、無線 LAN 利用者を特定する。佐賀大学ではネットワーク利用者認証システムとして、Opengate を開発・運用しているため、本システムでは Opengate との連携を行った [4]。

Opengate は、認証を行ったユーザ ID と PC の IP アドレスの対を、ネットワーク利用終了まで保持する。今回、本システムの一部として Opengate 側に新たに CGI を設置し、PC の IP アドレスから Opengate が保持する利用者のユーザ ID を取得する機能を実装した。クライアント・プログラムがこの CGI にアクセスしてユーザ ID を取得する事で、無線 LAN 利用者の特定を行う。

2.4 AP・PC 間の距離の推定方法

本システムは受信電波強度方式を用いており、AP・PC 間の受信電波強度から数式を用いて自由空間伝播損失の値を求める事により、AP・PC 間の距離を推定する [2]。この方法は、利用環境の電波状況を事前に調査する必要がなく、指定するパラメータも少ないため本システムで採用した。

本システムでは、(1)、(2) 式を用いて受信電波強度から AP・PC 間の距離を推定している。ただし、 $d[m]$ を AP・PC 間の距離、 $Pr(d)[dBm]$ を任意の距離 d での受信電波強度、 $Pr(0)[dBm]$ を AP の送信電波強度、 $\lambda(=C/f)[m]$ を無線電波の波長、 $C[m]$ を光速 ($=3 \times 10^8$)、 $f[Hz]$ を無線電波の周波数、 μ を経路品質指数としている。 μ がとる値を、表 1 に示す [5]。

今回は、 $Pr(0) = 30$ 、 $f = 2.4 \times 10^9$ としている。また大学の講義室 (部屋内を大きく遮る障害物がない環境) を主な利用場所と考えるため、 $\mu = 2.5$ としている。 μ の値を利用環境毎に調整する事で推定精度が向上すると考えられるが、本研究では値を固定して利用する。

$$Pr(d) = Pr(0) - L_u \quad (1)$$

$$L_u = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) + 20 \log_{10}(d) \times \mu \quad (2)$$

3 ユーザインタフェースの実装

本システムでは、無線 LAN ネットワークの管理を行うためのインタフェースを、Google Map, Ajax, DHTML,

表 1 パラメータ μ がとる値

経路品質指数 μ	説明
2	見通しが良い室外
2.5	電波伝搬環境が良い室内
3.0	電波伝搬環境があまりよくない室内
4.0	電波伝搬環境がかなり悪い室内

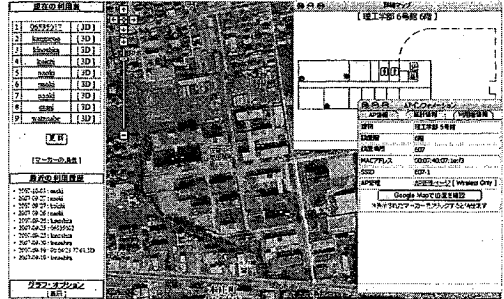


図 2 Prototype Window Class を用いた Web インタフェース

Flash 等、様々な技術をマッシュアップさせて実装した。

3.1 Ajax によるリッチインタフェースの実装

Ajax を用いる事で、リッチなユーザインタフェースを作成する事が出来る。既に、prototype [6] や JKL.ParseXML [7] 等の基本的な Ajax ライブラリをはじめ、Yahoo! UI Library [8], dojo [9], Rico [10] 等のリッチユーザインタフェースを作成するための様々なライブラリが存在する。

本研究では Prototype Window Class [11] を利用して、無線 LAN ネットワークの管理を効率的に行う事が出来るインタフェースを実装した。

Prototype Window Class は、prototype ライブラリをベースとし、Web ブラウザ内にドラッグやリサイズが可能な DHTML ウィンドウを表示するためのライブラリである。このライブラリを用いる事で、Web ブラウザ内に擬似デスクトップを構築する事も可能である。

Web ブラウザ内に複数の DHTML ウィンドウを生成する事により、AP に関する情報の検索や閲覧、現在の無線 LAN 利用状況をモニタする、ログを閲覧する等の複数の作業を同時に、且つ効率的に行う事が可能になった。

図 2 に、本システムで実装した無線 LAN ネットワーク管理用のインタフェースを示す。図 2 中の右側に、Prototype Window Class によって生成された DHTML ウィンドウが複数配置されている。

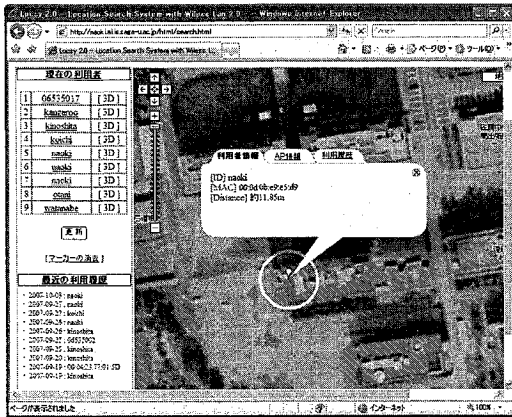


図3 推定した無線 LAN 利用者の位置表示

3.2 推定した利用者の位置表示

推定した利用者の位置表示には、Google Mapを用いる。AP・PC 間の推定距離と、事前登録した AP の位置座標、Google Map が保有している位置情報とを組み合わせる事で推定した利用者の位置を表示する (図 3)。また JavaScript と DHTML を用いてインタフェースを実装しているため、画面遷移は必要としない。

このインタフェースでは推定した利用者の位置を、AP を中心、推定した AP・PC 間の距離を半径とする円で示す (バルーン型のアイコンを、AP と見立てている)。

3.3 Flash による無線 LAN 利用統計のグラフ化

本システムでは、クライアント・プログラムが収集したデータを、ログ・データベースで保存している。このログデータを利用する事で、例えば月間の無線 LAN 利用者数や AP 毎の利用率等、無線 LAN の利用に関する様々な統計データを取得する事が可能である。

Web ブラウザ上で動的にグラフを生成する技術としては、MRTG や PHP、GD 等が有名である。近年では Ajax の技術的進歩、多数の Web API の登場により、動的にグラフを生成する様々なツールが存在する [12-16]。

これらのグラフ生成ツールを比較した結果、Ajax (JavaScript) や Web API よりも Flash や PHP/Perl を用いてグラフを生成する方法の方が、軸のメモリや描画するグラフ自体の詳細な設定が行えた。この結果から、従来よりあるグラフ生成ツールの方が、現在ではまだ設定項目等の自由度及び操作性が高いと我々は考えた。

そこで本研究では、XML ファイルにより約 170 項目もの設定が可能な “amCharts [15]” を利用し、Flash を用いて無線 LAN の利用に関する統計データを動的にグ

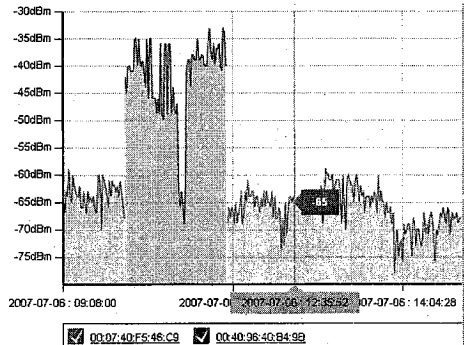


図4 amCharts を用いた電波強度の変動を示すグラフ

ラフ化し、Web ブラウザ上に表示する機能を実装した。

amCharts では設定ファイル及びグラフ化するデータを、XML ファイル、または XML データを生成する PHP や Perl で指定する。そのため、ユーザインタフェースの状況によりグラフのサイズや、描画するデータ項目数等を動的に変更する事が出来る。さらに、グラフ化するデータをプログラムで生成出来るため、データファイルを生成する必要は無く、データベースからデータを取得して直接 amCharts でグラフを生成する事が可能である。

加えて amCharts には、グラフを自動更新する機能がある。この機能は、グラフ化に必要なデータ/プログラムを定期的に再読み込みする事で実現されており、ページ全体を再読み込みさせてグラフを更新する必要がない。

この機能は株価や為替、気象情報のように、リアルタイムで更新されるデータのグラフを閲覧する際に有効な機能である。本システムではこの自動更新機能を用いて、現在の無線 LAN 利用者の利用状況 (受信電波強度の変動) をリアルタイムにモニタする事が出来る機能を実装した (図 4)。

3.4 Google Map とデータベースを利用した無線 LAN 利用者のトレース

ログ・データベースを利用する事で、過去に誰が、どの AP を、どのくらいの時間利用したかを把握する事が出来る。このログ・データベースと、AP 設置場所情報データベースを用いる事により、無線 LAN 利用者がどのような順序 (場所) で AP を利用したかトレースする事が可能である。

さらに Google Map と連携し、無線 LAN 利用者が無線 LAN を利用した場所の順序をマップ上にプロットする事で、無線 LAN 利用者がどのような移動経路を取ったか、視覚的に把握する事が出来る機能を実装した。

表2 実験環境

	実験 1	実験 2
AP・PC 間の実際の距離	約 3.4m	約 11.5m
障害物(壁)の有無	無し	有り
データ取得総時間	120分	
データ取得間隔	60秒	
取得データ数	120個	

4 考察

4.1 位置推定精度の検証実験とその評価

第2.4節の(1),(2)式の精度を評価するために、簡易実験を行った。実験はAPとPC間に障害物が一切ない場合と、APとPC間に壁がある場合の2通り行い、PCの位置を固定してデータの収集を行った。前者を実験1、後者を実験2として説明を行う。

2つの実験では同じAPを用いており、 $Pr(0)$ の値には実験の事前測定で一番強い値であった-30を、 μ の値には2.5を用いている。周波数には2.4GHzを用いており、小数点第2位以下の数値は切り捨てている。実験の詳細な環境を表2に示す。

4.1.1 実験 1

実験1では、AP・PC間の推定距離が2.5~4.5mの間を変動した。これは、フェージングやマルチパスの影響であると考えられる。この時の全取得データの平均値は約3.09mであり、標準偏差は約0.498である。

実験結果より、APとPC間の見通しが良い場合は誤差が約0.5~1.5m程度であり、ネットワーク利用者の位置推定には十分な精度であると思われる。また各APに対して $Pr(0)$ の値の測定を行い、データベースで保持する事で、推定精度の向上を図る事が出来ると考えられる。

4.1.2 実験 2

実験2はAPとPCとの間に壁がある状況で行い、それ以外の環境は表2に示す通り実験1と同じである。

この実験における全取得データの平均値は約13.63mであり、標準偏差は約1.275である。APまでの推定距離は11m~16mの間を変動し、実験1よりも標準偏差の値が大きく求まった。これは無線電波の伝搬環境が異なる事に加え、APとPCの間にある壁の影響が大きいものと考えられる。

4.1.3 位置推定精度の評価

2つの実験結果から、壁を挟まない場合でも誤差は約1~5m程度であり、壁を挟む場合でも5m程度の誤差で

位置推定が行える事が確認出来た。

さらに、AP・PC間に壁が存在する場合、位置の推定誤差が5m程度ある事を踏まえ、実験1,2を行った建物とは異なる建物で精度評価実験を行った。この実験ではAP・PC間に壁が存在したが、PCを設置していた部屋を正しく推定する事が出来た。

以上の実験結果より、本システムで採用した位置推定手法により、無線LAN利用者が居る部屋を推定出来る事を確認した。

4.2 関連研究との比較

受信電波強度方式を利用した位置推定システムの研究として、北須賀[2,17]らの研究が挙げられる。北須賀らの研究は、主にPDA等の携帯端末を対象としており、受信電波強度により推定されたAPと端末間の距離と、彼らが独自に考案した推定アルゴリズムにより無線LAN端末の位置を推定する。

製品化された位置推定システムとしては、Ekahau Positioning Engine [18]がある。Ekahauでは受信電波強度によりAPと端末の距離を推定し、事前に測定した電波強度分布と比較する事で推定精度の向上を図っている。この他にも、Loki beta [19]やWindows Live Local [20]、PlaceEngine [21]等の位置推定システムがある。

前述した位置推定システムに関する研究は、位置推定精度の向上に重点が置かれており、位置を推定した端末とその利用者の関係を考慮していない。本研究ではこの問題点を解決するためにネットワーク利用者認証システムと連携を行っており、さらに既存のネットワークにおいて無線LAN利用者の位置推定を行う事が出来るという点が本研究の特徴である。

さらに、APの管理機能や、無線電波を可視化する機能を持つ、ソリューションも提案されている[22,23]。これらは専用のハードウェアの導入が必要であったり、問題を起こしている端末の居場所を推定する機能が実装されておらず、この点が本システムとの相違点である。

4.3 プライバシー及び心理的抵抗への配慮

本システムは、ネットワーク管理者が無線LAN利用者の居場所を推定する作業を支援する事を目的としたシステムである。ネットワーク管理者が本システムの主な利用者ではあるが、無線LAN利用者の位置情報はプライバシー情報であるため、位置情報の収集、及びに“場所を監視されている”という事に対する心理的抵抗に対して十分に配慮する必要がある。

本研究では、位置情報の取得を行っているクライアン

ト・プログラムをインストールする際には、位置情報の取得及び収集を行う事、同意なしに第三者に対して公開しない事等の内容を含む使用許諾契約書を明確に示し、これに同意しないとインストールが行われないようにしている。また、推定した利用者の位置は Web ブラウザを用いて表示するが、パスワードによるユーザ認証を設け、ネットワーク管理者だけが閲覧出来るようにしている。

これらにより、無線 LAN 利用者のプライバシーの保護、及び無線 LAN 利用者の心理的抵抗へ配慮している。

4.4 不正利用者への対応

本システムでは、各無線 LAN 利用者の PC にクライアント・プログラムをインストールさせる必要があるが、インストールの強制力はない。そのため、インストールを拒む、クライアント・プログラムを停止させる等の行為が十分に考えられ、本システムを利用して問題を起こしている利用者の位置を絶対に推定出来ると言う保障はない。このような問題に対する技術的な対処は、今後の課題となっている。

ただし本システムは、ネットワーク利用者認証システムによってネットワークの利用が認められた者のみが利用するものである。筆者らが所属する大学をはじめ多くの大学では、P2P ソフトウェアを利用した不正行為等、悪意のある利用を行った者については、法令や大学が定めているネットワーク利用に関する倫理規定 [24] により処置が取られるため、そのような事を行わないように利用者を常に指導している。

5 まとめ

本稿では無線 LAN 利用者の位置推定システム、及びマッシュアップを用いた無線 LAN ネットワーク用のインタフェースの開発について述べた。

今回新たに開発したインタフェースでは、Google Map や DHTML ウィンドウを利用する事で、無線 LAN 利用者の位置表示や AP 管理、無線 LAN の利用状況の把握等、複数のネットワーク管理作業を Web ブラウザ上で行う事が出来るようになった。

今後は全学的な運用実験や、本システムのクライアント・プログラムを Opengate の状態監視機能へ組み込む事等を検討している。

参考文献

- [1] 牛島 直記, 大谷 誠, 渡辺 健次: Opengate との連携による無線 LAN 位置推定システムの開発, 情報処理学会研究報告, 2007-DSM-44 (2007 年 3 月).

- [2] 北須賀 輝明, 中西 恒夫, 福田 晃: 無線 LAN を用いた屋内向けユーザ位置測定方式 WiPS の実装, 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集, pp. 349 - 352 (2004).
- [3] 斗光 佳輝: WMI システム管理開発テクニック, CQ 出版社, ISBN: 4-7898-1845-4 (2004 年 2 月).
- [4] 渡辺義明 他: 「Opengate ホームページ」
<http://www.cc.saga-u.ac.jp/opengate/>
- [5] 鄭 立: Zig Bee 開発ハンドブック, リックテレコム社, ISBN: 978-4-89797-646-4 (2006 年 2 月).
- [6] Prototype JavaScript Framework
<http://www.prototypejs.org/>
- [7] JKL.ParseXML/ajax 通信処理ライブラリ
<http://www.kawa.net/works/js/jkl/parsexml.html>
- [8] The Yahoo! User Interface Library
<http://developer.yahoo.com/yui/>
- [9] The Dojo Toolkit
<http://dojotoolkit.org/>
- [10] Rico: JavaScript for Rich Internet Applications
<http://openrico.org/>
- [11] Prototype Window Class
<http://prototype-window.xilinus.com/>
- [12] 高機能グラフ作成ソフト - JpGraph
<http://www.asial.co.jp/jpgraph/>
- [13] グラフ作成ソフト - JSChart
<http://www.jschart.jp/>
- [14] PHP/SWF Charts Introduction
<http://www.maani.us/charts/index.php>
- [15] amCharts: Customizable Free Charts and Graphs
<http://www.amcharts.com/>
- [16] WebFX - What you never thought possible
<http://webfx.eae.net/>
- [17] 北須賀 輝明, 中西 恒夫, 福田 晃: 無線通信網を用いた屋内向け測位方式, 情報処理学会論文誌: コンピューティングシステム, Vol. 44, No. GIS10 (ACS2), pp. 131 - 140, 2003 年 7 月.
- [18] Ekahau Positioning Engine
<http://www.ekahau.com/>
- [19] Loki beta
<http://www.loki.com/>
- [20] Windows Live Local
<http://intl.local.live.com/>
- [21] PlaceEngine
<http://www.placeengine.com/>
- [22] Meru
http://www.dit.co.jp/products/meru_networks/option.html
- [23] InCharge
<http://japan.colubris.com/modules/tinyd02/index.php?id=7>
- [24] 佐賀大学キャンパス情報ネットワーク利用者倫理規程.
<http://www.saga-u.ac.jp/houmu/kisoku/center/kyanpasuriyousya.htm>