

無線 LAN 位置推定と GPS のシームレスな統合手法

伊藤誠悟† 吉田廣志† 河口信夫††

現在、屋外環境において最も利用されている位置情報システムは GPS であり、GPS に対応する多くの地図アプリケーションや位置情報を考慮したアプリケーションが開発されてきた。しかし、GPS は屋内環境で利用できないため、屋内環境において位置情報を考慮したアプリケーションを利用する事が出来ない。一方、近年の無線 LAN の急速な普及により無線 LAN を利用した位置情報システムは屋内外において利用可能となりつつある。本論文では、既存の位置情報を考慮したアプリケーションを屋内外の環境でシームレスに利用できる手法の提案を行う。本手法を利用することにより、アプリケーションは、GPS と無線 LAN による出力された位置情報を区別せずに利用できる。加えて、無線 LAN を用いた広域な位置情報システムの実現を目指すプロジェクトである Locky.jp の紹介を行う。

Integration Method of Wireless LAN Positioning and GPS

SEIGO ITO,† HIROSHI YOSHIDA† and NOBUO KAWAGUCHI††

Most major location information system in outdoors is GPS, and many location-based applications using GPS have been developed. But, GPS cannot use in indoors, thus these applications are not available. In contrast, Wireless LAN positioning is available in indoors and outdoors. In this paper, we propose integration method of wireless LAN positioning and GPS. By using our method, application can use location information of GPS and wireless LAN without distinction. In addition, we introduce metropolitan-scale wireless LAN positioning project locky.jp.

1. はじめに

ユビキタス社会におけるアプリケーションを実現する際に位置情報は重要であり、位置情報の応用に関する研究が活発に行われている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。現在、屋外環境において最も利用されている位置情報システムは GPS (Global Positioning System) であり、GPS に対応するアプリケーションが多く開発されてきた。しかし、GPS はビルの陰や屋内環境など、衛星からの電波を受信できない場所では位置取得が出来ないという問題点がある。そのような環境では擬似衛星 (pseudolite) を用いる手段があるが、現時点においては広く普及していない。このため、屋内環境においては、GPS 対応の位置情報を考慮したアプリケーションを利用できない。一方、近年あらゆる場所において無線 LAN の利用が可能となってきている。大学や企業だけではなく、自

宅、駅、空港、アミューズメント施設やショッピングセンター等の場所で無線 LAN の利用が可能である。どこでも無線 LAN が利用可能となりつつある状況において、多くの研究グループにより無線 LAN を用いた位置推定システム⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾の提案が行われてきた。これらの技術により無線 LAN を利用した位置推定システムが身近なものとなりつつある。無線 LAN は屋内外において利用可能であり、屋内でも位置情報を考慮したアプリケーションを利用できる。しかしながらもともと無線 LAN アクセスポイントがない場所では位置推定が出来ないため都市部から離れるほど推定可能エリアが少なくなる。このような、GPS と無線 LAN 位置情報の、利用環境と推定精度及び推定可能エリアの関係を図 1 に示す。本論文では、既存の位置情報を考慮したアプリケーションが、無線 LAN を用いた位置情報をアプリケーションの変更なくシームレスに利用できる手法について提案する。本手法では、複数の仮想 COM ポートを用いて、GPS や無線 LAN を用いた位置情報をそれぞれ管理することにより、アプリケーションはどの手段により得られた位置情報が区別せずに利用できる。これにより、ユーザは屋外環境

† 名古屋大学大学院 情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nagoya University

†† 名古屋大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagoya University

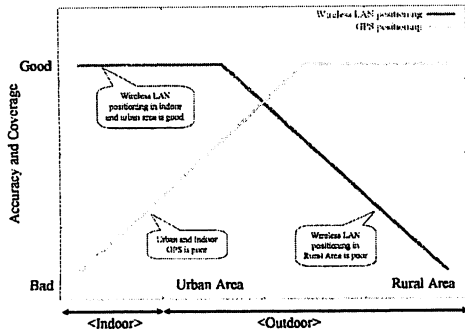


図1 GPS and Wireless LAN Positioning
Fig.1 GPS and Wireless LAN Positioning

のみならず屋内環境においても位置情報を考慮したアプリケーションの恩恵が得られる。加えて本論文では、無線 LAN を用いた広域な位置情報システムの実現を目指すプロジェクトである Locky.jp の紹介を行う。

2. 位置情報シームレス統合手法

本節では、既存の位置情報を考慮したアプリケーションがどのように本システムを用いて、GPS 及び無線 LAN により取得した位置情報を取得するかについて述べる。

2.1 基本システム構成

システム構成を図 2 に示す。本システムでは、大きく分け 4 つのモジュールより構成される。1 つ目は、無線 LAN 及び GPS から位置情報を取得し、管理する位置情報管理モジュール。2 つ目は、無線 LAN の電波状況から端末の位置を推定し、推定位置の履歴から仮想方向と仮想速度を推定する無線 LAN 位置情報モジュール。3 つ目は、位置情報管理モジュールからの位置情報を、ある COM ポートで取得 (図 2 中 IN-COM) し、他の COM ポートへ出力する (図 2 中 OUT-COM)、仮想 COM ポートモジュール。4 つめは既存の位置情報を利用した Location Base アプリケーションモジュールである。

2.1.1 位置情報管理モジュール

位置情報管理モジュールでは、GPS 及び無線 LAN それぞれの推定手段により推定された位置情報を管理する。具体的には、Multi COM Monitor (図 2) において GPS および無線 LAN からの位置情報を、NMEA0183 形式¹⁹⁾ でそれぞれ取得する。NMEA0183 形式*の例

を表 1 に示す。\$ がセンテンスの始まりを表し、続く 2 文字が位置情報を取得している手段を記述する。例における、GP は GPS により取得した位置情報を表す。続く 3 文字が具体的なセンテンス名である。例では、GGA (Global Positioning System Fix Data) センテンス及び RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data) センテンスに緯度経度の情報が挿入されている。この時、位置情報管理モジュールは GPS からの位置情報が取得できているを監視し、取得できている場合は Multi COM Monitor は仮想 COM-Port の入力 (IN-COM) へ送信する。GPS からの位置情報が取得できていない場合は、Wireless LAN Positioning Engine で推定された位置情報を NMEA Maker により NMEA0183 形式し、その後、仮想 COM-Port の入力 (IN-COM) へ送信する。

表 1. NMEA0183 の例

```
$GPRMC,035634,A,3512.2411,N,13656.8278,E,12.0,298.5,250906,6.9,W,A*3D
$GPRMB,A,,,,,,,,,A,A*0B
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPGGA,035714,3512.3021,N,13656.6901,E,1,08,1.9,9.0,M,35.6,M,,*43
$GP RTE,1,1,c,*37
```

2.1.2 無線 LAN 位置情報モジュール

無線 LAN 位置情報モジュールでは、端末が現在観測できる無線 LAN アクセスポイントからの受信電波強度の情報を利用して、端末の位置を推定する。位置推定手法は現在までに我々が研究してきた手法を利用する⁸⁾¹¹⁾¹³⁾。位置を推定した後、NMEA Maker におい

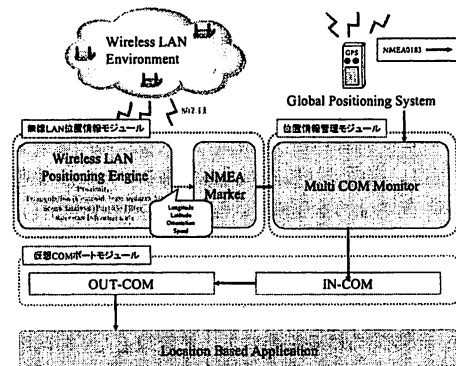


図 2 システム構成図
Fig. 2 System Architecture

* NMEA とは National Marine Electronics Association の略である。フォーマット詳細については参考文献 19) を参照。

て位置情報を NMEA へ変換する。このとき、NMEA 形式では位置情報だけでなく速度や方向等の情報も記述できるため、無線 LAN 位置情報モジュールでは、推定した位置情報の履歴から端末の仮想速度および仮想方向を推定し NMEA 形式へ記述する。

2.1.3 仮想 COM ポートモジュール

仮想 COM ポートモジュールでは、異なる 2 つの COM ポート間の入出力をを接続し、1 つの COM ポートのように振舞うモジュールである。例えば、異なる 2 つ COM ポート「COM A」、「COM B」があった場合、「COM A」から入力したデータは「COM B」へ出力され、「COM B」から入力したデータは「COM A」へ出力される。本システムでは、GPS 及び無線 LAN による位置情報を、位置依存を利用したアプリケーションが直接利用せず、Multi COM Monitor からの位置情報を仮想 COM ポートへ入力する。これによりアプリケーションは仮想 COM ポートの出力を取得するだけで GPS 及び無線 LAN からの位置情報を取得できる。本システムでは、仮想 COM ポートドライバとして com0com²⁰⁾ を用いた。

2.1.4 Location Based アプリケーションモジュール

Location Based アプリケーションモジュールは、既存の地図ソフトや位置情報を利用したアプリケーションである。これらのアプリケーションは特に変更することなく、図 2 中の OUT-COM の COM ポートを位置情報取得のポートとして指定し位置情報の取得を行う。

2.2 プロトタイプシステム

前節の基本システム構成に従い JDK5.0 上においてプロトタイプシステムを実装した。図 3 にプロトタイプを示す。本システム起動後に再生ボタンを押し、GPS 及び無線 LAN による位置情報をそれぞれ取得開始する。加えて、それぞれの位置情報のログファイルを残し、後からログファイルのみを再生する機能も持っている (図 3 左)。

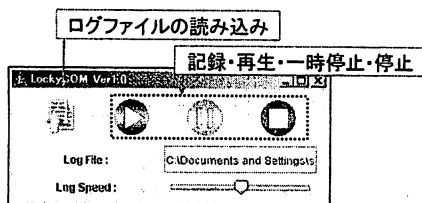


図 3 プロトタイプ
Fig. 3 Prototype

3. 評価

本節では、位置情報利用可能範囲に関する評価および、実際の位置情報を利用したアプリケーションとの連携例について述べる。

3.1 位置情報利用可能範囲に関する評価

GPS に加えて無線 LAN を用いた位置情報を利用する事により、日常生活における位置情報を利用したアプリケーションの利用可能範囲の違いがどの程度あるかについて評価を実施した。

3.1.1 設定

評価時の前提条件として無線 LAN 位置情報のための無線 LAN アクセスポイントの場所は既知であるとする。被験者が 6 日間、端末、GPS、本ソフトウェアにおける無線 LAN 情報収集機能を、常に携帯し、日常生活において、GPS 及び無線 LAN を用いたそれぞれの位置情報がどれだけの時間利用可能であるか評価した。この被験者は大学院生であり、平日は大学において活動し、週末は休日という生活スタイルである。評価には以下のハードウェアを用いた

- 端末：Sony VAIO Type-U VGN-UX50
- GPS：Sony Bluetooth GPS VPG-BGU1
- 無線 LAN アダプタ：Intel(R) PRO/Wireless 3495ABG Network

GPS 及び無線 LAN の情報取得間隔は 1 秒に 1 回である。

3.1.2 結果

図 4、5 に評価結果を示す。各図において横軸はそれぞれ利用できる時刻を表し、GPS 及び無線 LAN がそれぞれ利用可能である時刻がプロットされている。縦軸は 6 日の各曜日を日曜日から土曜日まで表している。横軸のプロット間隔は 1 分毎であり 1 分間に 1 回でも、利用可能であればプロットされる。図 4 より、6 日間のこの被験者の日常生活において、GPS 利用可能な割合は 3.5%、図 5 より無線 LAN が利用可能な割合は 96%であった。GPS の場合、平日は朝夕の通学時間を除いてはほぼ屋内にいるため、ほとんど位置情報が利用できていない。土曜日などの週末は、平日に比べ GPS の利用可能な場所にいる時間が多いが、図 5 の無線 LAN の場合と比較すると少ない。一方、無線 LAN の場合については地下の特定の場所や地下鉄の駅以外のトンネルのような場所においては利用ができていないが、そのほかの場所においては利用できていた。

3.2 応用例

実際に、既存の位置情報を利用したアプリケーションと連携した例として、アルプス社のプロアトラス²¹⁾

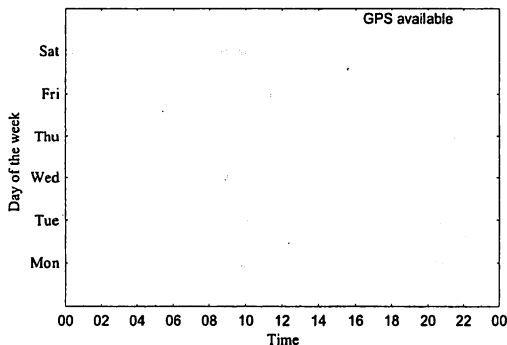


図 4 GPS が利用可能であった時間
Fig. 4 Availability time of GPS in daily life

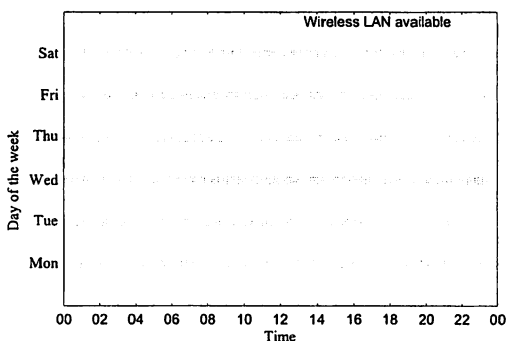


図 5 無線 LAN が利用可能であった時間
Fig. 5 Availability time of Wireless LAN positioning in daily life

を用いた例を図 6 に示す。プロアトラスとは、ラスタグラフィックスによる地図ソフトウェアであり、GPS の位置情報による移動軌跡の表示などが可能である。図 6 の例では GPS が接続されていない状態で、無線 LAN を用いた位置情報により本ソフトウェアとアプリケーション（プロアトラス）が連携し、地図上に移動軌跡を表示させている例である。GPS が接続された場合は、本ソフトウェアから GPS による位置情報が送信されるが、アプリケーションはそのまま利用可能である。このアプリケーション以外にも、GPS の位置情報を利用したアプリケーションならば同様に利用する事が可能である。

4. Locky.jp

4.1 概要

前節までは、無線 LAN 位置推定と GPS のシームレスな統合手法について述べた。本節では、前節の評価に

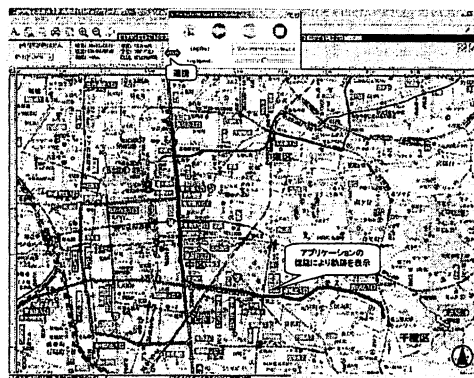


図 6 位置情報を利用したアプリケーションとの連携
Fig. 6 Linkage with Location Based Application

おいて前提とした無線 LAN アクセスポイントの場所を日本全国規模で収集を行っている、Locky.jp¹⁷⁾ について紹介する。Locky とはユーザコラボレーションにより無線 LAN 位置推定システムの構築と、無線 LAN を用いた位置依存・方向依存サービスの提供を目指しているプロジェクトである。Locky においては、事前に多数のユーザによって収集された無線 LAN アクセスポイントの場所情報を利用して端末の位置推定を行う。ここでの無線 LAN アクセスポイントの場所とは、緯度、経度及び BSSID (Basic Service Set Identifier) の組を表す。これらの推定手法は現在までに我々が研究を進めてきた無線 LAN を用いた位置推定手法⁸⁾¹¹⁾、方向推定手法¹³⁾ を活用する。Locky.jp により収集された無線 LAN アクセスポイントの場所情報はユーザに公開される予定である

4.2 カバーエリア

2006 年 10 月 12 日時点において、Locky.jp では日本全国において 214967 個の無線 LAN アクセスポイントの場所情報をユーザのコラボレーションにより収集した。アクセスポイント 1 つのカバーエリアを半径 100m の円と仮定した場合における東京および名古屋周辺の Locky.jp のカバーエリアを図に示す。図からわかるように都市部においては無線 LAN による位置推定はいたるところで可能である。現在も我々は日々無線 LAN アクセスポイントの場所情報の収集を行っている。

4.3 Locky.jp への参加方法

Locky.jp への参加はノート PC 等の無線 LAN 機能付き端末および GPS を保持していれば誰でも可能である。Locky.jp では情報収集のためのソフトウェアである Stumber を公開しており、Stumber を利用する事によ



図 7 東京周辺のカバーエリア
Fig. 7 Coverage in Tokyo

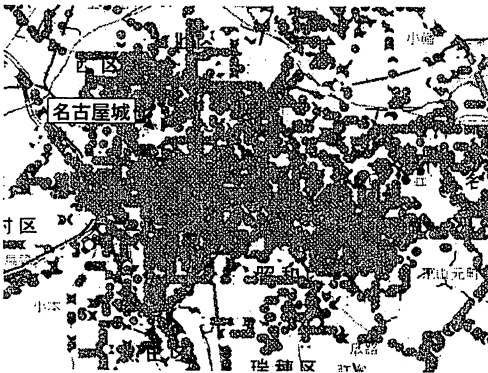


図 8 名古屋周辺のカバーエリア
Fig. 8 Coverage in Nagoya

り無線 LAN に関する情報収集が容易にできる。収集した情報は Locky.jp のホームページ (<http://locky.jp/>) か Stumbler よりアップロードする事ができ、集められた情報は全てのユーザーに公開される予定である。このように無線 LAN を用いた広域な位置情報システムの実現可能性は大いに高まりつつある。

5. 関連研究

関連研究として、複数の位置推定手段を用いた位置情報システムに関して紹介する。

Otason らの研究¹⁴⁾ においては GSM (Global System for Mobile Communications) 及び無線 LAN の

情報を用いてハイブリットな位置推定を行っている。無線 LAN が利用可能な場所においては無線 LAN を用いた位置推定、GSM が利用可能な場所においては GSM を利用した位置推定、共に利用可能な場合はそれらの情報を合わせて位置推定を行うといったように使い分けにより、広範囲にける位置推定が可能となる。

Welbourne らの研究¹⁵⁾ においてはマイクロフォン、受光素子、3 軸加速度計、2 軸コンパス、気圧計、温度計、湿度計等を搭載した Multi-modal Sensor Board を作成しこれらの複数のセンサー情報及び、GSM、無線 LAN の情報を統合して利用した屋内外の環境で利用可能なハイブリット位置推定システムに関する研究を行っている。

Muthukrishnan らの研究¹⁶⁾ である BlueStar システムでは、GSM、無線 LAN、Bluetooth の情報を用いたハイブリットな位置推定を行っている。無線 LAN や Bluetooth による位置推定時には BluStar サーバに接続しそこから位置情報を取得する。

Skyhook Wireless により提供されている Loki²²⁾ では、アメリカ全土の主要都市部において、無線 LAN を用いた位置情報システムの提供及び、位置情報を考慮したサービスを提供している。

Sony CSL において研究されている、PlaceEngine²³⁾ では、無線 LAN を用いた広域な位置情報システムを用いて Web アプリケーションが容易に位置情報を利用できる API を提供している。Locky.jp プロジェクトでは PlaceEngine と協力しつつ日本全国における無線 LAN を用いた広域な位置情報システムの実現に向けて研究を進める。

6. まとめ

本論文では、既存の位置情報を考慮したアプリケーションを屋内外の環境でシームレスに利用できる手法の提案、及び無線 LAN を用いた広域な位置情報システムのプロジェクトである Locky.jp の紹介を行った。今回は主に屋外で利用されているアプリケーションとの連携について示したが、今後の課題としては、屋内用のより詳細な位置情報を考慮したアプリケーションとの連携についても検討を進める。例えば、屋内ではフロア情報や、屋外と比べてより詳細な位置情報などが必要となる、これらを屋外の位置情報を考慮したアプリケーションとシームレスに利用するためには、屋外を主に想定している現在の NMEA の仕様だけでは不足しており、屋内における緯度経度の利用などの拡張についても検討が必要となる。これらの点について今後研究を進めていく。

謝辞 本研究の一部は文部科学省科研費, 若手研究
(B) (課題番号: 17700146) による助成を受けている。

参考文献

- 1) Giovanni Iachello, Ian Smith, Sunny Consolvo, Gregory Abowd, Jeff Hughes, James Howard, Fred Potter, James Scott, Timothy Sohn, Jeffrey Hightower and Anthony LaMarca: *Control, Deception, and Communication: Evaluating the Deployment of a Location-Enhanced Messaging Service*. In Proceedings of the Seventh International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2005). pp.213-231, 2005.
- 2) Timothy Sohn, Kevin A. Li, Gunny Lee, Ian Smith, James Scott, William G. Griswold: *Place-Its: A Study of Location-Based Reminders on Mobile Phones*. In Proceedings of the Seventh International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2005). pp.232-250, 2005.
- 3) John Krumm and Ken Hinckley: *The NearMe Wireless Proximity Server*. In Proceedings of the Sixth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2004), pp.283-300, 2004.
- 4) Ian Smith, Sunny Consolvo, Anthony LaMarca, Jeffrey Hightower, James Scott, Timothy Sohn, Jeff Hughes, Giovanni Iachello and Gregory D. Abowd: *Social Disclosure Of Place: From Location Technology to Communication Practices*. In Proceedings of The Third International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE 2005), pp.134-151, 2005.
- 5) Paramvir Bahl, and Venkata N. Padmanabhan: *RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System*, IEEE Infocom 2000, pp. 775-784, (2000).
- 6) Teruaki Kitasuka, Tsuneo Nakanishi, and Akira Fukuda: *Wireless LAN based Indoor Positioning System WiPS and Its Simulation*, 2003 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM'03), pp. 272-275, (2003).
- 7) 荻野敦, 他: 無線 LAN 統合アクセスシステム - 位置検出方式の検討 -, DICOMO2003, pp.569-572, (2003).
- 8) Seigo Ito, and Nobuo Kawaguchi: *Bayesian based Location Estimation System using Wireless LAN*, Third IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCOM2005, pp. 273-278 (2005).
- 9) Petri Kontkanen, Petri Myllymaki, Teemu Roos, Henry Tirri, Kimmo Valtonen, and Hannes Wettig: *Topics in Probabilistic Location Estimation in Wireless Networks*, Proc. 15th IEEE Int. Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (2004).
- 10) Anthony LaMarca, et.al.: *Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild*. Third International Conference PERVASIVE 2005, Lecture Notes in Computer Science (LNCS3468), pp. 116-133 (2005).
- 11) 伊藤誠悟, 吉田廣志, 河口信夫: 無線 LAN を用いた広域位置情報システム構築に関する検討, 情報処理学会論文誌, コピキタス時代を支えるモバイル通信と高度交通システム特集号, Vol47, No12 (採録決定)
- 12) 石原孝通, 西尾信彦: GPS と無線基地局検出ツールを排他利用する位置情報システム, 情報処理学会研究報告, 2004-UBI-6, pp.91-96, 2004.
- 13) Seigo Ito, and Nobuo Kawaguchi: *Orientation Estimation Method and Orientation-Location Based Service Using Wireless LAN*, The Seventh International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp2005, (2005).
- 14) Veljko Otsason, Alex Varshavsky, Anthony LaMarca, Eyal de Lara: *Accurate GSM Indoor Localization*. In Proceedings of the Seventh International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2005), pp. 141-158, 2005.
- 15) Evan Welbourne, Jonathan Lester, Anthony LaMarca, and Gaetano Borriello: *Mobile Context Inference Using Low-Cost Sensors*. In Proceedings of The First International Workshop of Location and Context-Awareness (LoCA2005), pp.254-263, 2005.
- 16) Aaron Quigley and David West: *Proximity: Location-Awareness Through Sensed Proximity and GSM Estimation*. In Proceedings of The First International Workshop of Location and Context-Awareness (LoCA2005), pp.363-376, 2005.
- 17) Locky Project - <http://locky.jp/>
- 18) PlaceLab - <http://www.placelab.org/>
- 19) NMEA - <http://www.nmea.org/>
- 20) com0com - <http://sourceforge.net/projects/com0com/>
- 21) アルプス社 - <http://www.alpsmap.co.jp/>
- 22) Loki - <http://loki.com/>
- 23) PlaceEngine - <http://www.placeengine.com/>