

IPv6 ネットワーク環境における 子供見守り支援と位置情報サービス

内海 哲史[†], 小田原 亨[†], 今野 将^{††}, 北形 元[†], 白鳥 則郎[†]

[†] 東北大学電気通信研究所

^{††} 東北大学情報シナジーセンター

近年、子供を巻き込む事件が多発し、社会的な子供の見守りとその支援が大きく注目されている。このため、現状のICTに基づく様々な見守り支援システムが開発されている。しかし、現在の見守り支援システムでは、幾つかの限界が存在する。我々が提案する子供見守り支援システムは、人に最適な情報やサービスを提供する共生コンピューティングの概念、および我々がIETFにおいて標準化に成功したMobileIPv6-MIBの技術[9]を用いて実現される。本システムは、ソーシャルウェアから推測されたコンテキストを利用することにより、従来より高度な情報を保護者へ知らせることができる。また、本システムで利用されるパーセプチュアルウェアとしての高精度位置情報サービスは、このコンテキストの推測を実現するため、時間的に高精度な位置情報を提供する。高精度な位置情報の取得における、子供が携帯する通信端末の電力消費量やネットワーク負荷の増加を解決するため、位置情報データ量の低減に基づく位置情報の提供コスト削減を行う。さらに、本サービスは、GPS位置情報補完のため、MobileIPv6-MIBを用いる。

A Support System for Watching Children and Location Service on IPv6 Network Environment

Satoshi Utsumi[†], Tohru Odawara[†], Kazuhide Koide^{††},

Susumu Konno^{†††}, Norio Shiratori[†]

[†] Research Institute of Electrical Communication

^{††} National Institute of Information and Communication Technology

^{†††} Information Synagy Center, Tohoku University

Now a days social events involves children and so there is an obvious need for a support system to watch the children. Some support systems are developed based on current information and communication technology for this purpose. However, there are certain limitations in their abilities. Our proposed watch-over support system for children is based on symbiotic computing, which provides optimal information and service for people, using MobileIPv6-MIB[9] now standardized in IETF. Using the context analyzed by a socialware, the system is able to provide more advanced information to guardians for children. For the socialware to analyze the context, the location service as a perceptualware used by the system provides temporally and spatially high-resolution location information. To solve the high power consumption in the hand-held device for children and network load the location service implement some cost reducing technique based on lowering the amount of data for location information. The service uses not only GPS, but also the MobileIPv6-MIB to acquire the location information.

1 はじめに

近年、子供を巻き込む事件が多く発生していることから、社会的な子供の見守りとその支援が大きな話題となっており注目されている。このため、現状のICTを利用した様々な見守り支援システムが開発されている。総務省のまとめた事例集[1]によると、その中でも[2][3][4][5]等の、位置情報アウェアな子供見守り支援システムが多く提案されている。

これらのシステムの多くは、位置情報アウェアな通信機器を子供に携帯させ（あるいは通学バス等に搭載し）、その通信機器の位置情報を収集し可視化する。さらに位置情報を分析し、子供の異常な行動を検出し警報を通知することで、保護者等による子供の見守りを支援するも

のもある。しかし、現状のこれらの見守り支援システムには次のような限界があると考えられる。

- 限界1：位置情報のみに基づいており、確度の高い異常検出が困難

子供の振る舞いについて、子供がどうしてそのような行動をするに至ったのか、などの「コンテキスト」を考慮していないため、例えば学校イベント等のまったく問題の無い理由で普段と違う行動をとったとしても、警報を発してしまうケースが考えられる。

- 限界2：位置情報取得コスト

上記のようなコンテキストを考慮した高度なサービスの実現にはより高精度な位置情報が必要となる

が、位置情報を効率的に取得するための基盤が整備されていないため、コストが非常に大きくなる。

- 限界3：位置情報取得のためのデバイスの限界

多くのシステムでは位置情報の取得にGPSを用いているが、GPSのみの場合、屋内や地下での情報収集に問題がある。

我々は、このような限界を克服する革新的な子供見守り支援システムを提案し、開発している。このシステムはMobileIPv6[8]技術に基づくオープンなユビキタスネットワーク接続環境を想定し、その上で我々が提唱する共生コンピューティングの概念[6]、および我々がIETFにおいて標準化に成功したMobileIPv6-MIB[9]の技術を用い、上記の問題を解決する。

本論文では、我々の提案する子供見守り支援システムの開発思想とシステム構成の提案について述べる。本稿の構成を以下に示す。まず2章で、我々が既に提唱し、推進している共生コンピューティングの概念と、その概念に基づく子供見守り支援システムについて述べる。次に3章で、子供見守り支援システムで必要される高精度位置情報サービスと、その実現に当たって課題となる、位置情報提供コストの削減法およびGPS位置情報の補完について述べる。最後に4章で結論を述べる。

2 共生コンピューティングと子供見守り支援システム

2.1 共生コンピューティング

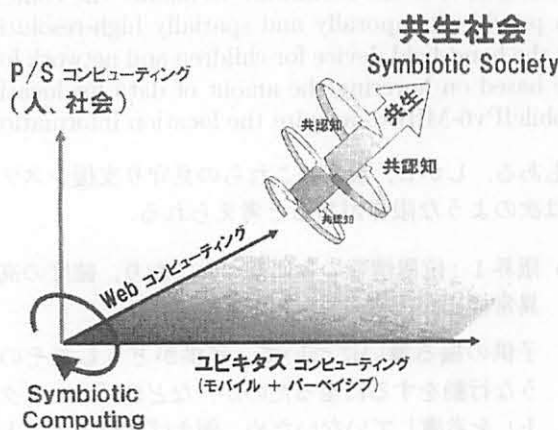


図1：共生コンピューティングを実現する3つのコンピューティング軸

我々は、図1に示すように、ユビキタスコンピューティングとWebコンピューティングに、新たに「P/S(Perceptual/Social)コンピューティング」を加え

た3つの軸の統合により実現される共生コンピューティング[6]を提唱し、推進している。

従来のユビキタスコンピューティングは、モバイルとパーベイスブの2つの軸により構成され展開されてきた。モバイルコンピューティングは、ネットワーキングの高度化や、通信端末の小型化などによって、いつでも、どこでも、だれとでも通信可能な環境を実現するための技術である。また、パーベイスブコンピューティングは、Invisible / Ambient / Disappearing / Calm / Connected Computingなどのように、計算能力の環境埋込みによって、サービスがいたるところに、何にでも埋め込まれる環境を実現するための技術である。一方、Webコンピューティングは、DS(Digital Space)の情報やサービスを分かりやすく容易にRS(Real Space)の利用者に提供する技術である。

これに対し、P/Sコンピューティングは、人と社会に着目し、現実社会の人間性や社会性をDSに効果的に組み込んで、人に最適な情報やサービス提供を実現するためのコンピューティングである。

P/Sコンピューティングは、感覚的現実感のためのパーセプチャルコンピューティングと、社会的現実感のためのソーシャルコンピューティングからなっている。パーセプチャルコンピューティングは、RSとDSからの信号/データを獲得・処理(識別、表現、操作)し、ソーシャルコンピューティングへ伝達する。また、ソーシャルコンピューティングは、パーセプチャルコンピューティングからの信号/データを用いて、社会知や個人モデルに基づき、社会における利用者の活動を理解し、それに対して適切なアドバイスや情報提供を行う。

なお、パーセプチャルコンピューティングを実現するソフトウェアはパーセプチャルウェアと呼ばれる。また、ソーシャルコンピューティングを実現するソフトウェアはソーシャルウェアと呼ばれる。

2.2 子供見守り支援システム

我々はソーシャルウェアに基づくアプリケーションとして、地域見守り支援システムSotto(Socialware-based smart support for watch-over system)[7]を提案している。

Sottoによる子供の見守り支援は、昨今多発している子供を狙った犯罪から、子供を守る仕組みとして提案され、子供や保護者のコンテキスト(活動の内容や状態に関する情報)を考慮した見守りサービスの実現を目指している。

現状の見守りサービスの多くは、子供がブザーを押したり、保護者があらかじめ設定した行動パターンから外れたりした場合にアラームを発信する機能を持つ。しかし、ブザー押下によるアラームでは、子供がブザーを押せない状況に陥った場合には対応できない。また、行動パターンのズレによるアラームでは、特別な状況(たと

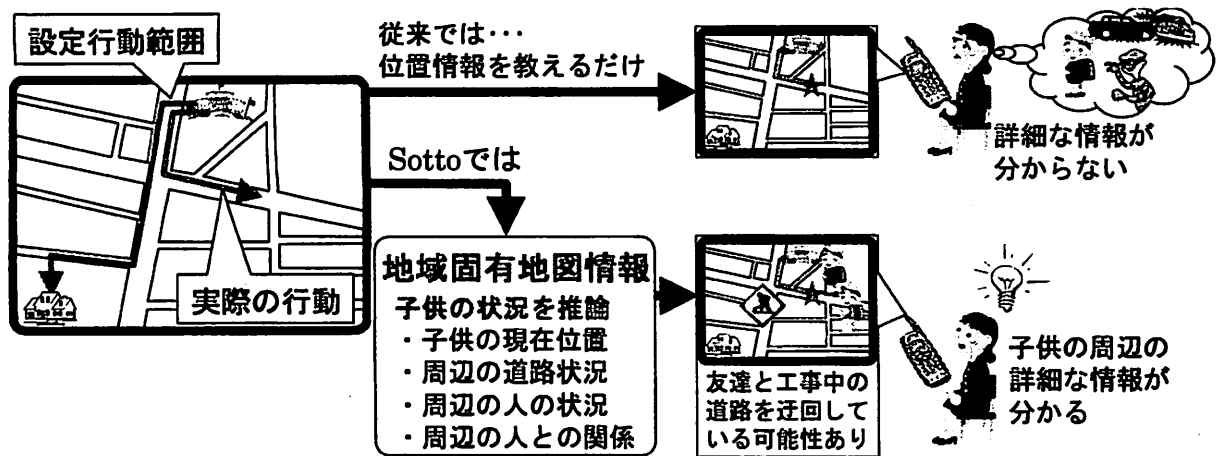


図 2: 共生コンピューティングに基づく子供見守り支援システム

例えば、子供の下校路での道路工事に起因する帰路の変更など)に対応することが難しくなる。

これに対して Sotto では、たとえば、「ソーシャルウェアとして提供される地図情報」を利用する。これは、地域見守り対象区域の各地点において随時、収集・獲得される「地域情報」や「地域活動支援の社会知」を、通常の地図から得られる「地図情報」に重畳して新たに生成される「地域固有地図情報」を基盤とし、地図上の各地点が地域のさまざまな社会知を反映した意味を有する「地域指向ソーシャルウェア」である。これを用いることで図 2 に示すように、子供のコンテキストを、「地域固有地図情報」などの地域指向ソーシャルウェアを利用して推測し、個々の状況に即した柔軟なアラーム発信を実現する。また、アラームが発信された場合には、推測された子供のコンテキストを利用して、従来のサービスでは扱えなかった情報を保護者に知らせることも可能となる。「地域固有地図情報」は、例えば、次のような情報である。

- 子供の現在位置
- 周辺の道路状況
- 周辺の人の状況
- 周辺の人との関係

子供単独の位置情報だけではなく、周囲の人々の位置情報を用いることにより、それらを連携させた子供のコンテキスト(「友達と一緒に工事中の道路を迂回している可能性がある」など)を生成できるようになる。

Sotto において、ソーシャルウェアによるコンテキストの高度な推測を実現するためには、地域見守り対象区域に存在する子供が携帯する通信端末(以下、子供端末とする)の位置情報が時間的に高精度に取得されていることが必要である。

また、多くの見守りシステム([2]等)では、保護者の位置情報取得要求に応じて子供の単一の位置情報を送信するため、位置情報の時間的な精度は低い。また、周囲の状況、特に周辺に存在する他の子供の位置情報をも高精度で把握できるシステムは殆ど存在しない。

これを実現するためには、位置測定デバイスと通信インフラだけでなく、基盤となる高精度位置情報サービスが必要となる。次章では、Sotto の実現に必要な高精度位置情報サービスについて議論する。

3 パーセプチュアルウェアとしての高精度位置情報サービス

本章では、我々の提案する高精度位置情報サービスについて議論する。

3.1 位置情報サービスの概要

前章で述べたとおり、Sotto はコンテキストに基づいて子供の行動や状態を認知・推定する。提案する高精度位置情報サービスは、このために必要な子供端末の位置情報を提供することから、共生コンピューティングにおけるパーセプチュアルウェアの一部を実現するものとして捉えられる。

まず、我々の想定する環境について述べる。見守りの対象となる子供は、子供端末を常に携帯する。子供端末は、PDA のようなある程度高機能なデバイスを想定している。子供端末は、必要に応じて無線でインターネットに接続する。ユビキタス通信インフラは、MobileIPv6[8]環境を想定し、子供端末は MobileIPv6 プロトコルを用いて通信を行う。ここで、MobileIPv6 のホームエージェントには、MobileIPv6-MIB[9]の機能が搭載されているものとする。また、子供端末は位置情報測定のために

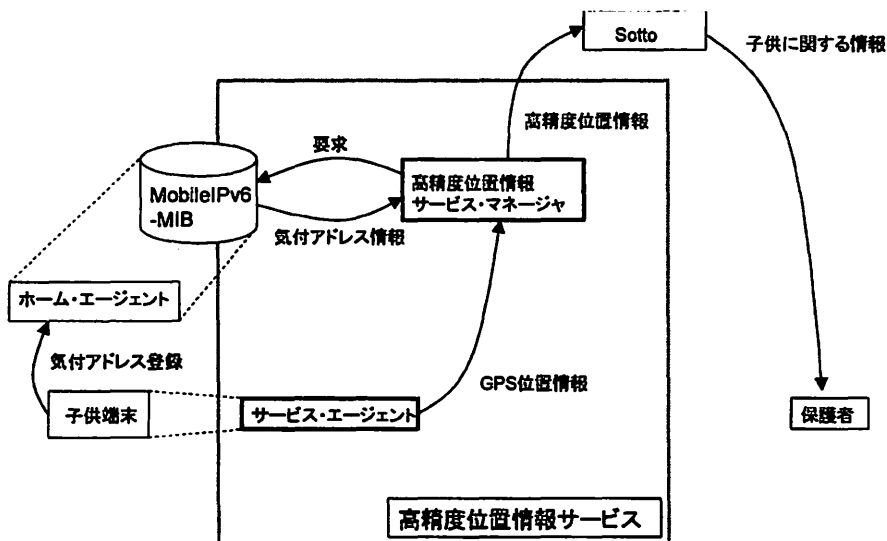


図 3: 高精度位置情報サービスの概要

GPS 機能を持つ。我々の提案する高精度位置情報サービスは、見守りの対象となる全ての子供端末の位置情報を取得し、Sotto に提供する。

図 3 に、高精度位置情報サービスの概要を示す。高精度位置情報サービスは、子供端末上のサービス・エージェント、ホーム・エージェント上の MobileIPv6-MIB、および高精度位置情報を管理し Sotto に提供するサービス・マネージャから構成される。

3.2 高精度位置情報

Sotto の利用する「高精度位置情報」は、空間的、時間的に連続して、かつ出来るだけ細かい情報であることが理想である。また、子供の異常行動を検出し警報を発するために、高精度位置情報サービスは、理想的には 1 秒毎に取得された位置情報を即座に Sotto に送信するといった、リアルタイムに近い処理が求められる。

しかし、子供端末が高精度かつリアルタイムな位置情報を絶え間なく送信すると、子供端末の電力消費量や、無線ネットワークへの負荷が大きくなる。また、地下など GPS を用いた位置測定が難しい場合もある。このため、子供端末から、精度の高いリアルタイムな位置情報を、絶え間なく送信することは、現実的ではない。

そこで、提案する高精度位置情報サービスは、子供端末の電力消費量やネットワーク負荷も考慮し、子供の状況に応じて、子供の移動軌跡を捉えることが可能となるよう、送信位置データ量の低減に基づく位置情報提供コストの削減、およびネットワークインフラの情報を活用した位置情報の補完を行う。

3.3 送信位置データ量の低減に基づく位置情報提供コスト削減

送信位置情報数の低減に基づく位置情報提供コスト削減策として、

- 子供端末が提供する位置情報の時間的な精度の制御
- 子供端末から位置情報を送信するタイミングの制御

が考えられる。

3.3.1 位置情報の時間的な精度の制御

子供の移動パターンが極めて単純である場合は、位置情報の時間的な精度を低減させても、子供の位置の推測は容易である。

そこで、子供の移動パターンを端末の側である程度計算し、情報の送信時にいくつかの位置情報を間引くことで、送信する位置情報のデータ量を減少させることができ、送信に伴う、子供端末の電力消費量とネットワーク負荷を削減できる。

子供端末は連続的に位置を計測し計算することで、子供の移動方向・速度を認識する。そしてこの結果に基づき、子供端末が送信する位置情報の時間的な精度の制御を動的に行う。子供が短時間の間に方向転換した場合、子供の移動軌跡を追うには、時間的に精度の高い位置情報が必要となるため、情報を間引かない。それに対し、子供が同じ方向に移動しているときは、時間的に精度の高い位置情報は必要ないためいくつかの情報を間引く。

このことを具体的に示す。同じ距離を同じ速度で移動した時に、右折した場合と直進した場合において、子供端末からの位置情報の送信パターンを比較する。

- 右折時：子供が携帯する通信端末は、4点での位置情報を送信する（図4）。
- 直進時：子供が携帯する通信端末は、2点のみでの位置情報を送信する（図5）。

このように、直進時、位置を推測することが容易なため、子供が携帯する通信端末は、送信する位置情報のデータ量を減少させることにより、位置情報のデータ送信に伴う、子供が携帯する通信端末の電力消費量とネットワーク負荷を削減できる。

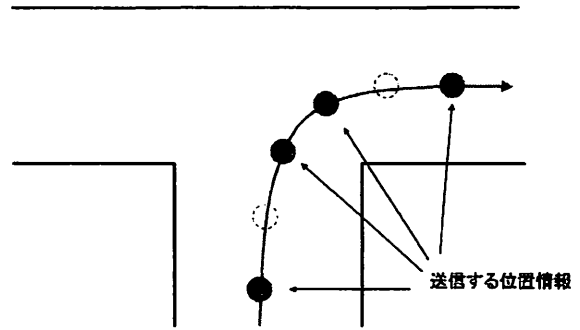


図4：右折時に送信する位置情報

3.3.2 位置情報の送信タイミングの制御

子供見守り支援システムが子供の異常行動を検出し警報を発するためには、位置情報のリアルタイムな取得が必要である。しかし、Sottoにおいて「コンテキスト生成のために」必要とされる位置情報は時間的に高精度なものであるが、その情報の送信タイミングは、必ずしもリアルタイムである必要はない。例えば、子供端末の「通常の行動パターン」を学習している段階では、位置情報は後でまとめて取得しても良い。このような場合には子供端末が、位置情報を計算してから位置情報の送信するまでのタイミングを遅らせ、長時間の位置情報のデータをまとめて圧縮して送信することにより、位置情報のデータ送信に伴うネットワーク負荷を削減することができる。

また、位置情報の適切な送信タイミングは、保護者が子供の移動に対してどの程度警戒するか依存する。通常状態、注意状態、警戒状態等の警戒レベルに応じて、子供端末が、位置情報を計算してから送信するまでのタイミングを制御する。警戒レベルが低いとき（たとえば、通常状態のとき）、子供端末は位置情報の送信タイミングを遅らせる。子供端末からの位置情報の送信について、警戒レベルが高い場合と低い場合とを比較する。図4と同様に、ある速度で右折する場合を考える。

- 警戒レベルが高い場合：一度に2点ずつの位置情報のデータを送信する（図6）。
- 警戒レベルが低い場合：4点の位置情報のデータを一度に送信する。

このように、警戒レベルが低いとき、一度に長い時間の位置情報のデータをまとめて圧縮して送信することで、位置情報のデータ送信に伴うネットワーク負荷を削減する。

3.4 MobileIPv6-MIB を利用した GPS 位置情報の補完

位置情報取得デバイスとして GPS のみを用いている場合では、屋内や地下においての情報取得に問題がある

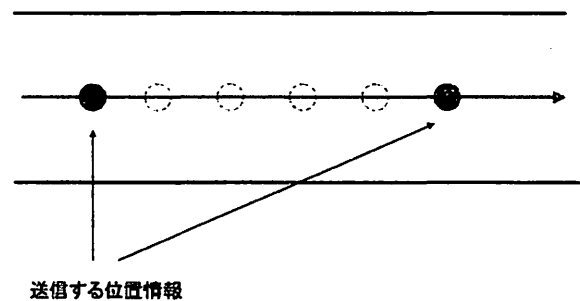


図5：直進時に送信する位置情報

ため、GPS 以外の位置情報取得機構を用い、端末の位置情報を補完する仕組みが必要である。このような仕組みとしては、PHS 基地局の位置情報と組み合わせたり [12]、無線 LAN 基地局の情報を用いる方法 [11] 等が考えられている。

しかし、アクセス網の基地局情報と位置情報との対応付けは、それぞれのアクセス網に用意された位置情報サービス側で行われるため、子供端末から位置情報サービスへの基地局情報の通知が必要であり、通信コストを増大させる一因となる。また Sotto は、前提としてアクセス網を一つに限定していないため、子供端末は接続する可能性のあるアクセス網それぞれの位置情報取得方式をサポートし、かつアクセス網の切替に合わせて、スムーズな処理を行う必要がある。

Sotto はこのため、我々が提案した MobileIPv6-MIB [9] を効果的に用いる。MobileIPv6-MIB を利用することで、端末が MobileIPv6 環境においてホームエージェントに登録する気付アドレス (Care of Address) の情報を遠隔から取得することが可能になる。これにより、Sotto は、ホームエージェントにアクセスして子供端末が接続しているネットワークの気付アドレス情報を取得し、それを基に、子供端末の接続ネットワークの IP プレフィックスを取得することができる。IP プレフィックス情報をあらかじめ位置情報と対応付けておくことで、GPS が使えない状況においてもある程度の位置情報を取得することが可能になる。この方式のメリットは、MobileIPv6

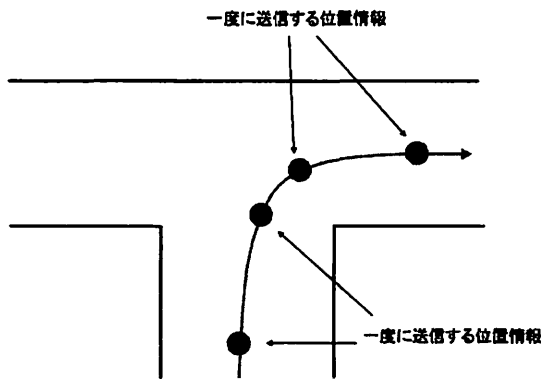


図 6: 警戒レベルが高いときに一度に送信する位置情報

環境においては気付アドレスの登録が自動的に行われる点にある。つまり、追加通信コストを発生させることなく、GPS 位置情報の補完を行うことが可能になる。

また、IP プレフィックスとアクセス網の対応関係が与えられれば、IP プレフィックスからアクセス網を特定することも可能である。これにより、Sotto は子供端末が接続中のアクセス網を検出し、それに基づきそれぞれのアクセス網の位置情報サービスへ効率的にアクセスすることも可能になる。

MobileIPv6-MIB は既に IETF において標準化されているため、今後多くの MobileIPv6 機器に実装されることが見込まれる。本技術を用いることで、子供端末にかけるコストを押さえつつ、GPS 情報を補完する位置情報の効果的な獲得が可能になる。

4 まとめ

本論文では、現実社会の人間性や社会性を効果的に組み込み、人に最適な情報やサービス提供する共生コンピューティングの概念、および我々が IETF において標準化に成功した MobileIPv6-MIB の技術を用いて実現される、子供見守り支援システムの開発思想とシステム構成について述べた。

従来の子供見守り支援システムは、近年注目を集めているが、幾つかの限界がある。そこで我々は、我々が既に、提唱し、推進している共生コンピューティングの概念に基づき、ソーシャルウェアから推測された様々なコンテキストを利用して、従来のサービスでは扱えなかった情報を保護者に知らせることができる、より高度な子供見守り支援システムを提案している。本論文ではこれを実現するため、時間的に高精度な位置情報をソーシャルウェアに提供する、パーセプチャルウェアとしての高精度位置情報サービスを提案した。高精度な位置情報の取得には、子供端末の消費電力やネットワーク負荷が大きいという問題があるが、その問題を解決する手法として、位置情報の時間的な精度の制御と送信タイミングの

制御に基づく位置情報提供コスト削減について述べた。さらに、MobileIPv6-MIB を用いた GPS 位置情報の補完手法について述べた。

今後は、本論文で述べた高精度な位置情報や地域ソーシャルウェアを利用したコンテキストについて、より詳細に検討する予定である。

謝辞: 本研究の一部は、科学研究費補助金 (16300011) の援助を受けて実施した。

参考文献

- [1] 総務省報道資料－「ユビキタスネット技術を用いた子どもの安全確保システムに関する事例」の公表,[ONLINE] Available:
http://www.soumu.go.jp/s-news/2006/060330_3.html
- [2] 「イルカーナ」、加藤電機, [ONLINE] Available:
<http://www.kato-denki.com/personalsecurity/irukana/>
- [3] 「いま CoCo バス」、アイサンテクノロジー株式会社, [ONLINE] Available:
<http://www.kitty-net.jp/case/index.html#cocobus>
- [4] 「ZigBee 技術を利用した、通学路における登下校児童の安全確保システム」の構想, 沖コンサルティングソリューションズ株式会社, [ONLINE] Available:
http://www.soumu.go.jp/s-news/2006/pdf/01_sankou/05_mimamorisys/r512.pdf
- [5] 「GPS 携帯を利用した学童安全ソリューション」, エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社, [ONLINE] Available:
http://www.soumu.go.jp/s-news/2006/pdf/01_sankou/05_mimamorisys/r516.pdf
- [6] 白鳥 則郎, 菅原 研次, 菅沼 拓夫, 藤田 茂, 小出和秀, "Symbiotic Computing -ポスト・ユビキタス情報環境へ向けて", 情報処理, vol.47, No.8, pp.811-816, Aug. 2006
- [7] 木下 哲男, 今野 将, 北形 元, 打矢隆弘, 原 英樹, "ソーシャルウェア", 情報処理, vol.47, No.8, pp.817-824, Aug. 2006
- [8] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004
- [9] Glenn M. Keeni, Kazuhide Koide, Kenichi Nagami, and Sri Gundavelli, "Mobile IPv6 Management Information Base," RFC 4295, Apr. 2006
- [10] 深澤 香代子, "位置情報サービスアプリケーションのためのサービス提供プラットフォームの提案", 信学技法 NS2004-227, pp.155-158, Mar. 2005
- [11] Locky.jp プロジェクト, [ONLINE] Available:
<http://www.locky.jp/index.html>
- [12] みつけ! GPS, [ONLINE] Available:
<http://www.mikkegps.jp/index.html>