

位置情報ブローカの提案とそのアーキテクチャ

丹康雄 日比野靖

ytan@jaist.ac.jp

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

ユーザーの位置情報を利用したサービスを提供するためのシステムアーキテクチャ、LIBRA(Location Information BRoker Architecture)を提案する。LIBRAでは、複数のセンサシステムから得られた情報をブローカーが蓄積、管理し、アプリケーションのエージェントがブローカーを通じてユーザーのエージェントやセンサシステムのエージェントと交渉の上、位置情報を得てサービスを提供する。位置情報収集専用センサーの着用をユーザーに強制することなくサービスを可能とし、また、give and takeの柔軟なアクセス制御により、望まれる情報が確保できる機会の増加を実現する。

LIBRA - Location Information BRoker Architecture

Yasuo TAN and Yasushi Hibino

School of Information Science

Japan Advanced Institute of Science and Technology

This report presents an overview of LIBRA (Location Information BRoker Architecture), a new system architecture for location aware services. In LIBRA, location information from several sensing systems are gathered and managed by the broker, through which each application negotiates with the agents of users and sensor systems to get the location information needed for its services. This architecture enables location aware services without forcing users to wear a location sensor, and the flexible access control brought out from the negotiations between agents increases a chance to get a location information with required quality for the services.

1. はじめに

ユーザーや設備の位置情報を用いたアプリケーション、サービスが出現してきている[1-4]。何らかのセンサーで得られたユーザーの位置情報を計算機システムに与えることで、移動したことを意識せずに利用できるサービスを実現したり、計算機システムとユーザーとが同じコンテキストを共有することを助けたり、設備や他のユーザーの状態を離れたところから把握する、といったことが可能となる。

こうしたアプリケーションを実現するためには、ActiveBadge[1,2]に代表される専用の位置検出センサーをユーザーに着用させ、これらからの情報を位置情報サーバーを通して各アプリケーションで利用するシステム形態が多くとられる。

こうしたシステムの構築においては、アプリ

ケーションからの位置情報の利用のしやすさと、セキュリティやプライバシーという対立した要求を妥当なレベルで両立させることが重要になる。そのため、情報管理方式やアクセス管理方式は、アプリケーションやサービスの開発そのものと同様に、この分野における最も重要な課題のひとつとして検討が行なわれている[1-4]。

この問題は、サービスが成立するに必要な情報を収集できるか否かに直接関わっており、うまく解決できなければ、システムの価値そのものを危うくしてしまう性質のものである。

本報告では、この問題に対するひとつのアプローチを提案する。

2. 位置情報管理における問題

位置情報を利用するアプリケーションを実現すべく、実際にシステムを構築して利用しよう

とすると、極めて現実的な問題に直面する。サービスが成り立つための位置情報が得られないということである。ここではその主な原因となる、二つの事柄を取り上げる。

2.1 位置情報センサーに関する問題

ひとつめの問題は位置情報を採取するためのセンサシステムに起因する。Active Badgeのような専用のセンサーは、その存在自体がユーザーに負担をかけないように設計されているが、いまだ以下のような問題を有している。

i) 大きさと重さ

40g以上の重さと5cm四方以上の大きさ、5mm以上の厚さは意識しないで着用できるというレベルのものではない。

ii) 着用場所の制約

赤外線を利用した通信を行なう場合には、必ずバッジの一部が露出した形で着用せねばならない。また、姿勢によって隠されてしまわない場所に着用する必要がある。

iii) 衣服に対する制約

上記二つと関連して、バッジがうまく機能するような衣服を間接的に強要してしまう。Tシャツ、ジーンズ姿とは特に相性が良くない。

また、広いユーザー層に支持されるためにはファッション性も無視できない。

iv) 精神的な抵抗感

上述のもの全てと関連して、バッジから来る制約に気がとられがちになり、本来の業務に影響を及ぼす。また、高価な(様に見える)機械を身につけているため、壊さないように気をつけてしまうことも見過ごせない影響を与える。

もちろん、装置を着用すること自体、すなわち自分の位置情報が採取されるということそのものに対する抵抗感も大きい。これは機器に依存しないため、別の議論を要する。

バッジの着用がユーザーにこうした不快感を与えてしまうようでは、何らかの形で強制でもされない限り、バッジは引き出しや机の上に置かれたままになってしまう可能性が極めて高い。

こうした状況を解決するひとつの方法は、上述の技術的課題を解決することである。たとえば、バッジ側を受動的な構成要素のみで実現し、環境側から給電や情報収集を行なうようにすれば、磁気ストライプIDカードとさほど変わらないバッジをつくることは可能であろう。

もうひとつの方法は、逆にユーザーが積極的に身につけたいくなるような付加価値をセンサーに持たせることである。携帯電話やPHSでは100g程度のものでユーザーは携帯しているし、200g以上のPDAを携帯するユーザーも少なくない。こうした機能をセンサーに持たせることで、ユーザーの自発的な着用を促せる可能性はある。

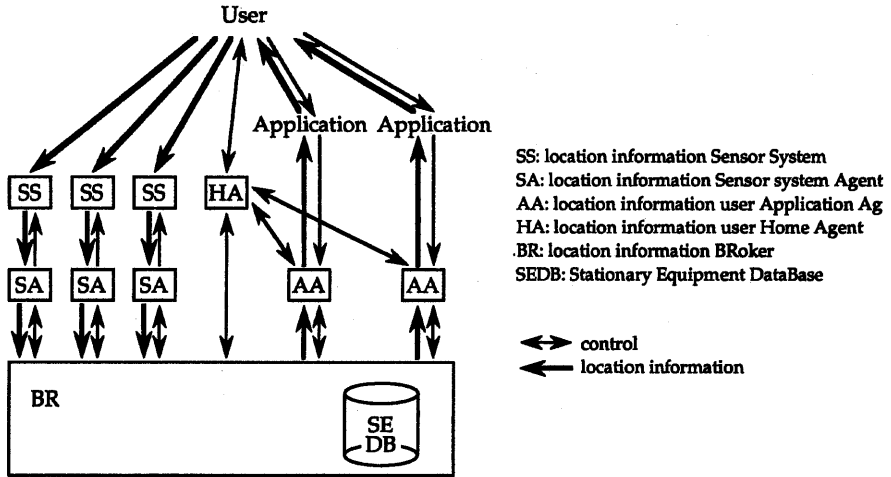
しかしながら、本報告では、ひとつの強力な位置情報収集用の専用システムに頼るのではなく、ユーザーの位置情報を得ることのできる複数のシステムを組み合わせ、専用システムと同等の効果を狙うという方法を提案する。このような目的に利用できるシステムには、IDカードゲート、PHS、デスクトップ計算機のネットワーク、GPSつきパソコン、対人認識装置などが挙げられるが、どれも単体では極めて貧弱な位置情報しか採取できないため、これを補うような推論を行なうことが必要になってくる。これについては後に議論する。

2.2 位置情報アクセス管理に関する問題

前節で述べた問題よりももっと根本的かつ深刻な問題が、ユーザーは他人の位置情報は知りたいと思うが、多くの場合、自分の位置情報は知られたくない、ということである。

プライバシーの観点からは位置情報のアクセス制御は各ユーザーに任せられるのが妥当であると考えられるが、単純で静的な設定のみで行なうと、最も知られたくない状況を想定してアクセスを制限する傾向が強いものと考えられる。これに対して、情報を要求してきたアプリケーションの種類は何か、また、それを指示したユーザーは誰か、などに依存したアクセス管理を行えば位置情報が得られる割合は高まるものと考えられる。しかしながら、その場合でも設定が静的に定められている限り、許可される要求に対しては際限なく許可し続けてしまうことになり、中長期的にはアクセス制限を強くする方向に進む原因となる。また逆に、許可されないアクセスは、それが必ずしも強く拒否しなければならぬ類のものではなかったとしても決して許可されないことになる。

そこで、本システムではクレジットを導入し、give and takeの原則によって柔軟な位置情報の授受を行なうことを提案する。



LIBRA: Location Information BRoker Architecture

図1 システムアーキテクチャ

Fig.1 system architecture

位置情報を利用するシステムにおいて、各ユーザーは情報の生産と消費の両方を行なっている。ユーザーが他人の要求に応えることでクレジットを獲得し、情報を得る際にはクレジットを消費するという原則で動くことにより、許可の有無だけではなく、幅を持ったアクセス管理が可能となる。許可の有無だけによるコントロールは、クレジットの必要のない無償の情報と、決して外に出されることのない機密情報のみが存在している場合に相当する。これらの中間にあたる設定を提供することで、結果的に授受可能な位置情報を増やそうとするわけである。

3. 位置情報ブローカーアーキテクチャ

前節で議論した方針に基づき、位置情報を利用したサービスを実現するシステムアーキテクチャ、LIBRA (Location Information BRoker Architecture)を提案する。全体の構成を図1に示す。

ユーザーの位置情報は、複数のSS (location information Sensor System)によって収集され、各々のSA (location information Sensor system Agent)によって共通の形式とされた後、BR (location information BRoker)に蓄積される。SAはまた、SSの提供できる機能とコストを管理する。

位置情報を利用するユーザーアプリケーションは、各々のAA (location information user Application Agent)に位置情報を希望する品質を指定して要求する。AAは、アプリケーションからの要求を具体的なパラメータ化してBRに要求する。BRは、各ユーザーのHA (location information user Home Agent)が管理しているアクセス管理情報に基づき、位置情報をAAに渡したり、要求を拒否したりするが、このとき、その状況下で可能な限りの品質を持った情報を与えるべく、利用できる情報を基に推論を行なう。

AAがBRの返事に満足できない場合には、まずBRに対するパラメータの見直しを行い、それでもうまく行かない場合には、アプリケーションを起動したユーザーのHAに連絡する。このとき、HAに提供可能なクレジットがあれば、AAはそれを用いてBRとの再交渉にあたる。提供可能なクレジットがない場合には現状での結果をアプリケーションに返す。

クレジットを提示してAAが交渉を行ってきた場合、BRはSAや各ユーザーのHAが管理する位置情報収集コストを調べ、必要なエージェントと交渉の上、さらなる位置情報の取得、提供を行なう。このステップで得られる位置情報には、各ユーザーが通常は公開したくないが、特

定の条件の要求に対しては公開しても良いと考えているものと、センサシステムにかかる負荷の観点から日常的には用いることのできないような収集方法によるものがある。

BRはまた、SEDB(Stationary Equipment DataBase)を有する。これは、固定的に設置されている設備の位置情報を管理しており、移動するユーザーや機器とこれらの固定された設備との関係を得るのに用いられる。

4. LIBRAの構成要素

4.1 位置情報ブローカー(BR)

BRは、基本的には従来の位置情報システムにおける位置情報サーバーと類似した存在で、以下のような役割を果たす。

- 1) 位置情報を一箇所に蓄積することで、場所による検索、エンティティによる検索など、柔軟な問い合わせを可能とする。
- 2) センサーからの情報を抽象化すると同時に、複数のセンサーを用いていることをアプリケーションやAAから隠蔽し、統一されたインタフェースを与える。
- 3) 固定設備のデータベースにより、これらの位置情報も移動体と同様のやり方で利用可能とする。
- 4) 複数のセンサーからの情報を基に推論を行なうことにより、より品質の高い位置情報を生成する。
- 5) プライバシー保持のため、各ユーザーのHAの指示に従って蓄積された情報のアクセスコントロールを行なう。
- 6) クレジットの生成を行ない、各エージェント間交渉を促進する。

LIBRAにおいて、各構成要素は独立した存在となっているが、BRは特異な位置を占めていることに注意が必要である。

各エージェントは自分の立場で直接的利益を得ようと振る舞えば良いのに対し、BRはLIBRA全体が円滑に機能することを目的とした振る舞いをとる。すなわち、提供するのに問題のない情報は即座に提供し、通常は提供できない情報もアクセスコントロールの権利を有するエージェントと交渉してできるだけ提供するようにし、また同時に提供する側のユーザーが不快に思っ

て取る役割を担う。

具体的には、こうしたエージェント間の give and take の関係が成立して、中長期的な位置情報の流通量が最大となるように、クレジットの発行を通して全体のコントロールを行なう。

BRは基本的に全ての情報を掌握しているという点では、集中管理のサーバーと同様であるが、単に蓄積した情報をリクエストに応じて提供する受動的な存在ではなく、位置情報の流通量を最大化するという自分自身の目的を持ったひとつのエージェントという能動的な存在になっている。

4.2 センサシステムエージェント(SA)

第2節で述べたように、位置情報を得られるセンサシステム(SS)にはActiveBadgeのような専用のシステム以外にも様々なものがある。SAはこれらのSS毎に異なる部分を吸収してBRへのインタフェースを標準化する役割を果たす。

SSには何らかの形で能動的に働きかけないと位置情報を得ることはできないものが多く、この役割もSAが担う。例えば、各個人が使っている計算機のアイドルタイムを利用するにはrwhoやfingerなどを用いて情報を収集する必要がある。

一方、収集した情報を蓄積するのはBRであってSAではない。例えば、PHSでは子機が位置登録や発着信、ハンドオーバーをしたときのみ情報が生じるため、SAは常にこれらの情報を交換機から受け付けていなければならないが、得られた情報は直ちにBRに渡してしまう。一般に、SAが情報をキャッシュするのは構わないが、基本的には単なるBRのセンサインタフェースであるため、要求があったときの生データを返すように動作しなければならない。

上記の議論からもわかるように、SSにはBRに対して一方的に情報を流すものと、BRからの要求に応じて情報を収集するもの、およびその両方が可能なものが存在する。BRはSAに対するこれらの属性を知っており、状況に応じて利用するSAを選ぶ。

4.3 アプリケーションエージェント(AA)

位置情報を利用したサービスを提供する各アプリケーションは各々エージェントを立て、位置情報取得の交渉などを任せることで本来のサービス提供に専念する。AAが仲介することで、ア

アプリケーションが要求する位置情報の抽象レベルやAPIを一定にしたまま、BRやエージェント間で流通する位置情報や交渉の方法を変えていくことが可能となる。

4.4 ホームエージェント(HA)

一般に、位置情報の品質や提供できるサービスの柔軟さの点では、情報は集中管理されているのが望ましい。一方で、プライバシーの観点からは、各ユーザーが自分の情報を所有している方が望ましいといえる。

LIBRAでは、位置情報そのものは集中管理としているがアクセスコントロールの設定は各ユーザーに任せることで妥当な解を得ようとする。

HAはアクセスコントロールに関するユーザーの設定データベースを持ち、BRからの照会に応じて返事をする。また、設定の中には簡単なルールも有しており、BRからの交渉に応じて位置情報を提供しクレジットを得たり、AAにクレジットを与えてより高価な位置情報を得るべく、BRと交渉させる。

基本的にBRは全ての情報を掌握することが可能であるため、HAの意向を無視することもできるが、こうした動きを検知した場合にはHAがユーザーに通知する。また、通常、交渉結果は記録として残されるが、ある条件が成立したときにはHAがユーザーに通知を行なうように設定できる。

4.5 インプリメンテーション

現在、これらのエージェントはUNIX上でRPCを用いて構築されつつある。SSとしては、rwhoやfinger、Active Badgeと類似した製品であるOKI PRISTANTが用いられているが、近い将来、全キャンパスを網羅する構内PHSシステムを利用することが予定されている。

5. 議論

ここでは、第2節で述べた問題点がLIBRAにおいてどのように対処されているかという観点から議論を行なう。

5.1 位置情報の収集方法と品質

前述のように、LIBRAにおいては専用のセンサーを用いるのではなく、位置情報を生成できる他の目的を持ったシステムをセンサーとして活用し、こうしたシステムを複数利用すること

により品質を確保するという方針で位置情報の収集を行なう。これにより、あまり快適とは言えないセンサーの着用をユーザーに強要しないようにすることで、第2節で述べた第1の問題を回避しようとしている。

しかしながらこの方法は、Active Badgeのような専用システムを否定するものではなく、むしろそれを包含するものであることに注意が必要である。

そもそも位置情報には、

- ・ 時間的精度(何秒間隔で情報がとられるか)
- ・ 空間的精度(位置の最小単位はどれくらいか)
- ・ 確度(得られた位置情報が誤っている確率はどれくらいか)

といった「品質」が存在する。各SSからの情報は、こうした観点から言うところの様々な品質を有することになるが、一方で、アプリケーションが要求する品質も多岐に渡っている。専用システムから得られる位置情報は、全ての点において極めて高い品質を有しているが、アプリケーションの種類によってはこうした品質がほとんど必要ない場合も多く、他のSSからの情報でも十分な場合が少なくないと考えられる。従来の専用システムに依存する位置情報サービスシステムが、全てのアプリケーションをカバーする品質を有するがユーザーが着用しなければ全く何も得られなくなるall or nothingの性質を持ったシステムであるとすると、LIBRAはgraceful degradationの性質を有するシステムを目指しているといえることができる。

ところで、提案したような方法をとることで、ユーザーがバッジを着用するなどの行為で意識的に位置情報を提供する必要から解放される可能性が出てくるわけであるが、逆にこれは知らない間に居場所を知られてしまうという不快感につながりかねない。しかしながら、オフィス環境においては、ほとんどの場所において「他人の目」が存在し、誰かが「見かけた」という情報に基づいて他人の居場所を知ることは日常に行なわれている。「他人の目」と大きくかけ離れた性質をSSに持たせないようにすることで、この問題はある程度解決できるものと考えられる。

これと同様の議論はBRによって行なわれる議論にも当てはまる。ユーザーの位置は、センサーがなくても本人の行動パターンを知っていれば高い確率で言い当てることが可能であるし、そも

そも、座席を知っているだけで、多くの場合、ある程度の確率で本人がいる場所を知ったことになる。これらの情報をBRのデータベースに持つことはプライバシー上問題となると考えられるため、HAとの役割分担を含め、検討が必要である。複数のSSより得られた情報から、各SSの性質の違いに基づいて推論を行なうことについては、センサーの技術的な欠点を補うものと考えられるため、(ユーザーの直感に反するような高い品質が得られたりしない限り)こうした問題は生じないものと考えられる。

5.2 エージェント間交渉による位置情報管理

LIBRAでは、第2節での2つめの問題、すなわち「他人の位置情報は知りたいが、自分の位置情報は知られたくない」という基本的な問題に対し、エージェント間交渉という形で、give and takeの原理による解決を図る。無条件で公開されない情報は、互いに何いを立てることによって得ようとするわけである。

この方法は、前節の議論と通じるところが多い。前節での議論がセンサーからの入力そのものがall or nothingになるのを防ぐことを目的としていたのに対し、ここでの目的はユーザーのアクセス制限によって、得られる情報がall or nothingになるのを防ごうとするものであると考えることができ、センサーからアプリケーションまでの経路のうち、異なる2箇所における同じ問題への取り組みであるとみることができる。

この問題は、結局のところ如何に位置情報を流通させるかということであり、これがすなわちBRの行動の目的となっている。また同時に、何れの問題においてもユーザーを如何に味方につけるかということが最終的な目的になっていることも注意が必要である。BRはLIBRA内ではBig Brother的存在になりうるが、結局はユーザーという全く手の届かない相手の動きを間接的にコントロールしなければならないため、中長期的な展望を持って行動しなくてはならない。

これは、経済予測や企業経営と似た困難な最適化問題となりうることを示しているが、比較的規模が小さく、影響を与える要因も限られることから、こうした最適化問題へのアプローチで効率良く解決できるものと思われる。

5.3 本アプローチの位置付け

当然のことながら、問題に対する対処方法はひとつではなく、状況に応じて大きく変化する。LIBRAでとられた方針は、個人の意向が大きな影響を持つ、大学という我々の環境と密接に関係している。胸ポケットのついた制服と名札の着用を義務づけることのできる組織ではActive Badgeのようなシステムが容易に導入でき、技術的にも推論や交渉のような高コストかつ不正確な方法を用いずにサービスを提供できるであろう。しかしながら、時勢をみる限りではこうしたアプローチをとりうる組織は減少する一方のようであるし、また、近い将来、ユーザーが自分の位置情報を好んで提供するように意識が変わっていくようにはみえない。バックグラウンドの変化があっても、今回LIBRAでとったようなアプローチは検討するのに価値のある方向であると考えられる。

6. まとめ

位置情報を利用したサービスを実現するためのシステムアーキテクチャである、Location Information Broker Architectureを提案した。従来の同様なシステムで問題となっていた、位置情報センサーへの依存と、アクセスコントロールの問題を解決するため、複数の位置情報を発生しうるセンサーの併用と、エージェント間交渉を用いる。

完全なインプリメンテーション、ブローカーにおける位置情報推論およびクレジット発行アルゴリズムに関する評価検討は今後の課題である。

参考文献

- [1] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, J. Gibbons, "The Active Badge Location System", ACM Trans. on Information Systems, 10, 1, pp.91-102 (1992)
- [2] A. Harter, A. Hopper, "A Distributed Location System for the Active Office", IEEE Network, 8, 1, 62-70 (1994)
- [3] C. Schmandt, "Multimedia Nomadic Services on Today's Hardware", IEEE Network, 8, 5, 12-21 (1994)
- [4] B. Schilit, N. Adams, R. Want, "Context-Aware Computing Applications", Mobile Computing, Dec 94, Santa Cruz