

位置座標の流通におけるプレゼンス・システムの適用検討

福田 和真[†], 斎藤 謙一[†], 田中 聡[†]

近年, 測位可能な移動端末が広く普及しつつあり, 人や物の移動する位置に応じた情報・サービス提供を行うシステムが注目されている. 今後もそのような端末のさらなる普及が予想され, 数億以上もの端末による位置の発信が可能になると考えられる. そのため, 位置の利用はさらに一般的になり, システムにおける利用者への応答性などに対し, 端末から発信される位置をインターネット上で効率的に流通 (収集・配信) する技術は重要となる.

本論文では, End-to-end でのリアルタイムな位置座標の流通を実現するためプレゼンス・システムを適用した方式を検討する. 標準化に基づく試作と評価から課題を挙げ, 解決のために RTP を併用した方式について検討を行う. 今後は, 検討した方式の実現による効果の確認, QoS 制御方式の検討などを行う予定である.

A Study on Presence System for Distribution of Positional Coordinates

Kazuma Fukuda[†], Ken-ichi Saito[†] and Satoshi Tanaka[†]

In recent years, mobile positioning terminals are spreading widely, and many systems servicing according to those positions have been focused. Since it is expected that such a terminal spreads more, positional coordinates will be sent from hundreds of millions or more terminals. Therefore, use of a position become still more general, the technology which distributes the position efficiently on the Internet is important.

In this paper, we study a Presence system for realtime positional coordinates distribution by End-to-end. A prototype system based on standardization has been evaluated and mentioned some problems. To solve those problems, we consider that system with RTP. In the future, we will realize the system and consider a QoS control method.

1 はじめに

近年, 移動する人や物の位置に応じた情報・サービス提供を行うシステムが注目されている. 例えば, マンナビ, ITS(Intelligent Transport System), 食品などのトレーサビリティなどがある. また, 2007 年度の日本版 E911 の施行により GPS 機能付携帯電話がさらに普及することが予想され, 数億以上もの端末による測位または位置の発信が可能になると考えられる. そのため, 位置の利用は今後さらに一般的かつ重要になる.

位置をインターネット上で利用するためには, 端末から発信される位置に応じたさまざまな処理・判断を行うために, 位置の情報を必要とするところへ効率的に流通 (収集・配信) することが重要である. それは利用者に対する情報・

サービス提供におけるシステムの応答性などに影響する.

本論文では, End-to-end でのリアルタイムな位置の流通を実現するためプレゼンス・システムを適用することを検討する. 測位方式や位置の表現方法はさまざまなものがあるが, ここでは GPS などでの屋外測位における“位置座標”を扱う.

2 位置とその利用システムについて

“位置”は同じ位置であってもその表現方法は用途に応じてさまざまであり, 大きく次の二つに分類することができる.

論理的位置 領域 (住所, 地区, 建物, 階, 部屋, など), 相対的位置 (座標) など

物理的位置 絶対座標 (経度, 緯度, 高さ)

[†]三菱電機株式会社 情報技術総合研究所
Information Technology R&D Center,
Mitsubishi Electric Corporation
E-mail: {kfukuda,saiken,stanaka}@isl.melco.co.jp

この中で、物理的位置から論理的位置へ変換することは(理論的に)可能である¹が、逆は(精度も含め)すべてが可能とは限らない。なお、論理的位置として領域的なものは少々の移動では位置の情報として変化のない場合もあるが、相対的位置や物理的位置など座標的なものは少しの移動でも位置の情報変化となる。

一方、位置を利用したシステムについては、論理的位置を扱うシステムとしてはRFID^{[1],[2]}などやセンサーネットワークなどによる屋内位置・領域や無線基地局からの距離や領域などによるもの、物理的位置を扱うシステムとしては移動端末(ノートPC, 携帯電話, カーナビなど)による(GPSや無線基地局からの電波強度などを使用した)測位に基づくもの^[3]などなどがある。また、測位間隔は多くが1～数秒である。

最近では、位置に応じた情報・サービス提供を行うシステムに対して“LBS(Location-Based Services)システム”と呼ぶこともある。

3 プレゼンス・システム

プレゼンス・システムはインスタント・メッセージ(IM)におけるプレゼンス機能である。なお、IMの機能としては、End-to-endでのショートメッセージの交換を行うメッセージング機能と大きく二つに分類できる。

3.1 標準化について

IMは商用システムも含めさまざまなものが提供されている。IETFにおける標準化としては、IMの全体概要などに関するIMPP²、それに基づく実装に関する標準化として(SIP^[4]ベースの)SIMPLE^[5]、または、(プロトコルからXMLベースの)XMPP³がある。

プレゼンス機能は、人や物などの現在の状態とその変化(それらを“プレゼンス情報”と呼ぶ)を通知する機能である。IMPPではプレゼンス情報をXMLによるPIDF形式で表現するため、情報の追加や拡張は容易である。また、IMは個人情報を扱うため、標準化の当初からプライバシーやセキュリティに関する内容も盛り込まれている。

¹物理的位置から計算で変換できるものもあるが、多くは(データベースなどの)参照に基づくものと考えられる。

²Instant Messaging and Presence Protocol, 標準化は完了。

³eXtensible Messaging and Presence Protocol, 標準化は完了。Jabberというオープンソース実装がある。

IMのプレゼンス機能、メッセージング機能に関しては、概念的にはいずれもEnd-to-endでのPush型通信の形態を取る。しかし、すべてのIMがPush型通信で実装されているとは限らず、Pull型通信でのpollingなどによる疑似Push型で実現されている場合もある。

3.2 SIMPLE について

SIMPLEは通信プロトコルとしてSIPを拡張した形で標準化されている。SIMPLEにおけるプレゼンス情報の流通は図1のような流れで行われる。なお、図ではSIPにおける事前のREGISTERなどは省略している。

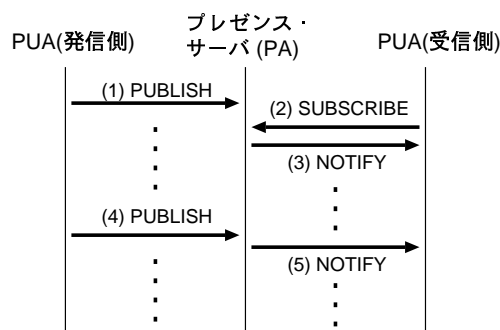


図1: SIMPLEのフロー

- (1) 発信側 PUA(Presence User Agent)⁴ は、プレゼンス・サーバ(Presence Agent)へ PUBLISH メソッドを使用してプレゼンス情報を発信(発信の開始は PUBLISH メソッド内のヘッダで指定)
- (2) 受信側 PUA は、プレゼンス情報を取得したい発信側 PUA に関して、プレゼンス・サーバへ SUBSCRIBE メソッドを使用して配信の申込
- (3) 配信が許可されるのであれば、現在の発信側 PUA のプレゼンス情報を受信側 PUA に NOTIFY メソッドを使用して配信
- (4),(5) その後、更新されたプレゼンス情報が発信されるたびに速やかに配信(発信または配信の終了は該当するそれぞれのメソッド内のヘッダで指定)

なお、SIPはEnd-to-endの双方向でPush型通信を実現する標準化としてはほぼ唯一のもの

⁴プレゼンス・システムにおけるクライアント端末と考えると差し支えない。

のである。また、最近の VoIP (いわゆる IP 電話) の普及により SIP はインターネット上で広く配備されており、携帯電話でも 3GPP における All-IP に関して採用されている。他にも SIP を利用したシステムの提案などもあり、SIP は今後さらに広く利用されるものと考えられる。

SIP は、クライアント的な SUA (SIP User Agent) とサーバ的な SIP サーバ (SIP Proxy, リダイレクト・サーバ, レジストラ) に分類できる。SIMPLE の実装において、PUA は SUA に該当するが、プレゼンス・サーバは SUA と SIP サーバのいずれでもよい。

一般に、Push 型通信を利用したサービスを実現する上で受信側のネットワークの接続状態の確認や送信元や送信情報のフィルタリングなどの課題が存在する。しかし、それらは SIP の各種機能や SIMPLE のプレゼンス機能を利用することで実現しやすくなったとも言える。

3.3 プレゼンス情報における位置の表記について

現在のプレゼンス情報の標準化においては、IM を利用する人の状態に関するものがほとんどである。また、その変化は利用者が明示的に操作をして変更するが多い。(RFID などと連携して自動的に変化を行うシステムも存在する。)

位置の表記に関連した標準化として IETF の GEOPRIV^[6] がある。そこでは主に位置とプライバシーに関する標準化を行っているが、その中で位置の表記方法として PIDF 形式のプレゼンス情報の中に含める標準化を行っている。表記としては主に位置座標と住所に関する表記であり、位置座標については GML^[7]3.0 を利用したものとなっている。

4 位置座標流通の検討

ここで End-to-end での位置のリアルタイムな流通について検討する。論理的な位置は物理的位置から変換でき、物理的位置は少しの移動でも値が変化するため、物理的位置つまり“位置座標”の流通に関して検討する。

4.1 流通形態について

位置の流通において図 2 の流通形態が理想的である。つまり、位置を発信する端末は一度

の発信のみを行い、その位置を必要とする他のすべての端末へネットワーク上で End-to-end の Push 型で流通する形態である。

なお、図 2 での位置受信端末は、LBS システムにおけるアプリケーション・サーバであってもよく、そうすることで位置の変化に応じたイベントドリブンな対応が可能となる。そのため、この形態であれば、各種 LBS システムにおいても同じ位置の共通的な、また、各種リソースの効率的な利用が期待できる。

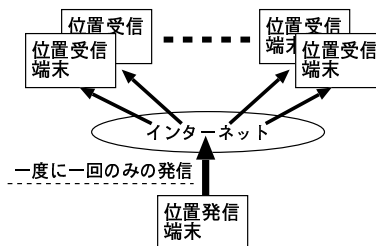


図 2: 理想的な流通

一方、位置を利用する現在のシステムでは図 3 のような形態のものが多い。

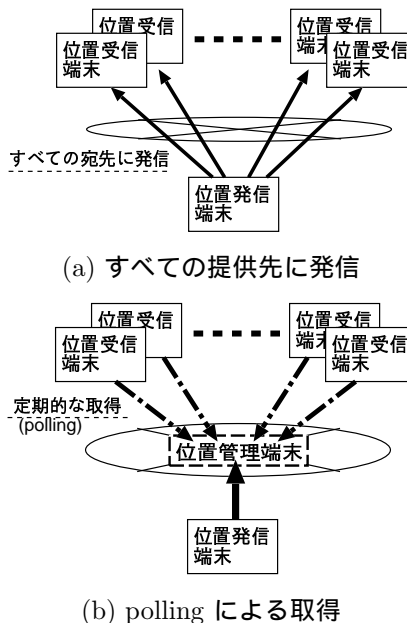


図 3: 多くの既存システムによる流通

図 3(a) では、位置発信端末自身がその位置を必要とするすべての位置受信端末に発信する形である。この場合、位置受信端末が増加すると位置発信端末の発信回数も増加するため、位置発信端末でのネットワークや処理負荷が増大する。また、多数の位置発信端末がある場合に

は、ネットワーク全体での通信量が爆発的に増加することにもなる。そして、これらの結果として、サービスとしての応答性の低下などを招くことになる。

図 3(b) では、ネットワーク上に位置管理端末 (サーバなど) を設置し、位置発信端末からは一度に一回のみの発信の形となっている。しかし、位置受信端末へ位置管理端末から即座に配信されるのではなく、位置受信端末が定期的に位置管理端末へ位置発信端末の位置を取得する形^[8]などとなっている。これでは位置変化がなくとも取得処理が発生するため、位置管理端末での無駄な処理負荷や通信量の発生となり、サービスとしてのスケーラビリティが低下する。また、End-to-end で考えた場合、取得間隔でのタイムラグの発生によるリアルタイム性の低下や、取得間隔内に複数回発信された場合には位置受信端末での情報の取りこぼしとなる。それらの解決のために、時間間隔を短くするとさらに無駄な処理負荷や通信量の増加となる。

理想的な図 2 の流通形態を実現するために独自プロトコル・方式による構築も可能であるが、広く利用されるためにはその労力が大きい。そのため、可能な限り標準化されたプロトコルやシステムを活用した方式による実現を目指すことが現実的である。

4.2 システム構成の検討

位置座標を図 2 の End-to-end での理想的な Push 型流通を標準化されたプロトコルなどを活用して実現するために、プレゼンス・システムを適用した図 4 の構成を考える。実現において、図 3(b) のようにネットワーク上で位置管理端末の代わりにプレゼンス・サーバを配置した構成としている。

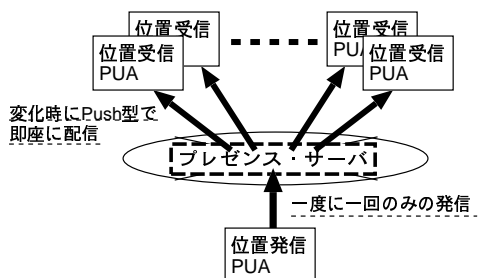


図 4: SIMPLE を適用した流通システム

適用するプレゼンス・システムとしては SIMPLE に準拠したものとし、位置発信端末と位置受信端末は PUA である。また、プレゼンス・

サーバは位置発信 PUA または位置受信 PUA それぞれのドメインにおいて設置されていてもよく、そのときはそれぞれのプレゼンス・サーバ間で位置 (プレゼンス情報) が中継される。なお、SIP における SIP Proxy やレジストラなどは省略している。

プレゼンス・システムの標準化として、XMPP ではなく SIMPLE を適用した理由としては次が挙げられる。

- SIP ベースの標準化されたプロトコル (高い拡張性も持つ)
- End-to-end での Push 型通信が可能
- インターネット上での SIP 設備の普及、携帯電話上でも今後同様の見込み
- 各種 SIP 関連アプリケーションとの高い親和性
- XML によるプレゼンス情報 (PIDF) の高い拡張性
- プレゼンス情報への位置の記述についても GEOPRIV で標準化中

なお、プレゼンス情報に含まれる位置に関しては、今回は位置座標のみを対象とする。

4.3 試作システムの構築

検討した構成に沿った図 5 のような試作システムを構築した。試作システムにおけるそれぞれの動作環境は表 1 である。

位置座標の流通のために、位置座標を発信する PUA を複数用意し、受信側も 2 種類の PUA を用意した。なお、位置発信 PUA は位置座標だけを発信するダミー的な PUA も含み、複数の経路上を移動中の位置で 1~3 秒間隔で発信⁵する。また、単に位置座標を流通させるだけでなく、送信側 PUA(PDA) での現在位置の地図上への表示、送信側 PUA(PC) での受信したすべての位置発信 PUA の位置の地図上への表示も行っている。なお、地図は屋外地図である。

PDA については、GPS ユニットを接続することで実際に測位を行い、その結果の位置座標を発信することも可能である。

さらに、PDA の位置に応じて、PDA に情報提供を行う簡潔なアプリケーション・サーバも構築した。これは、IM のメッセージング機能を利用して情報提供 (現在は、テキストと URI

⁵経路や発信間隔は任意に設定可能。実際の発信においては、GPS も数秒間隔での測位となることが多い。

情報)を実現しているものであり、双方向での Push 型通信を確認する意味も持ち合わせている。また、同様に PC から PDA へのテキストメッセージの送信も可能とした。

なお、プレゼンス・サーバは、SIP サーバではなく SUA として構築(理由は後述)している。

4.4 試作システムの評価

試作システムにより、位置座標を End-to-end の Push 型で流通できることを確認した。PC 上ですべての位置発信 PUA の位置を表示することで、それらの位置を非同期的に追跡できている。また、それぞれの位置発信 PUA からは一つの位置座標の発信は一回のみであり、その位置座標を必要とする複数の位置受信 PUA に配信されている。なお、今回はすべての通信を LAN 上で行った。

プレゼンス・サーバや位置受信 PUA (PC)での位置座標を含むプレゼンス情報の同時受信数についても調査したところ、表 1 のような性能であっても 300 クライアント以上可能⁶であった。

また、位置に応じた情報提供やメッセージングによる双方向の End-to-end での Push 型通信も確認した。LAN 上での動作ではあるが、End-to-end での通信はほとんど 1 秒以内(ネットワーク上の通信状況や、各種サーバや PUA 上での負荷状態は良好な場合)であった。

これらの結果は、LBS システムへの適用において、提供サービスのさまざまな品質向上に結びつけられる特徴を備えているものであると考えられる。

しかし、より多くの位置発信 PUA に対応し、応答性の高いシステムの実現のためには、位置座標の流通における効率性の向上として次のような課題を挙げることができる。

1) プレゼンス情報サイズの削減

位置座標は経度・緯度・高度で構成されるが、テキスト表記で(精度にもよるが)30~40 バイト程度、バイナリ表記で 15 バイト程度である。また、数秒以内の間隔で位置座標が発信される場合には、小さなサイズのデータによるストリーミング的な流通として考えることができる。

SIMPLE において、プレゼンス情報はすべての内容を毎回流通する形になっている。その場合、毎回数百バイトのテキ

ストの XML データが流通することになる。また、更新された部分のみ流通する“partial”流通も議論中であるが、これでも 100 バイト以上になる場合が多いと考えられる。

ネットワーク上で数億程度の端末に対する位置座標の流通を考えると、プレゼンス情報としての位置座標のデータサイズを必要最低限にする必要がある。また、高頻度な XML データのパーサ処理も、多数の位置発信 PUA を考えた場合、負荷として大きくなることも考慮する必要がある。

2) プロトコル・オーバーヘッドの削減

SIP ベースのプロトコルであり、そのメソッドやヘッダ情報は HTTP に似たテキストで表記される。そのため、1 回のメソッドで 100 バイト程度のプロトコル・オーバーヘッドが付加されており、位置座標のデータサイズよりも大きなオーバーヘッドである。

また、SIP は受信確認を肯定的応答 (ACK)で行う。つまり、流通時のすべてのメソッド時にその処理が行われている。ストリーミング的な流通において、この処理は負荷が大きいものとなる可能性がある。

3) SIP Proxy などの経由段数の削減

SIP では End-to-end での通信を実現するために、SIP Proxy などによる中継を行う。しかし、経由する段数が多くなりすぎると流通時の処理・配送遅延が累積される。毎回の流通において高い応答性を実現するためには必要最低限の経由であるほうが望ましい。

4) 通信状況への適応

SIMPLE における現在の標準化では、輻輳発生時などにおけるプレゼンス情報の流通に関する対応は特に行われていない。SIP 自体に再送処理を行う機能があるため、単純な信頼性は考慮されているが、ネットワークの状況に応じたリアルタイムな流通の実現方式(いわゆる QoS 制御技術)について検討する必要がある。

5 流通の効率性向上への検討

位置座標の流通における効率性の向上に関する前章で挙げた課題を解決するため、その方式

⁶ソフトウェアとしての作り込みはまだ不十分ではあるが。

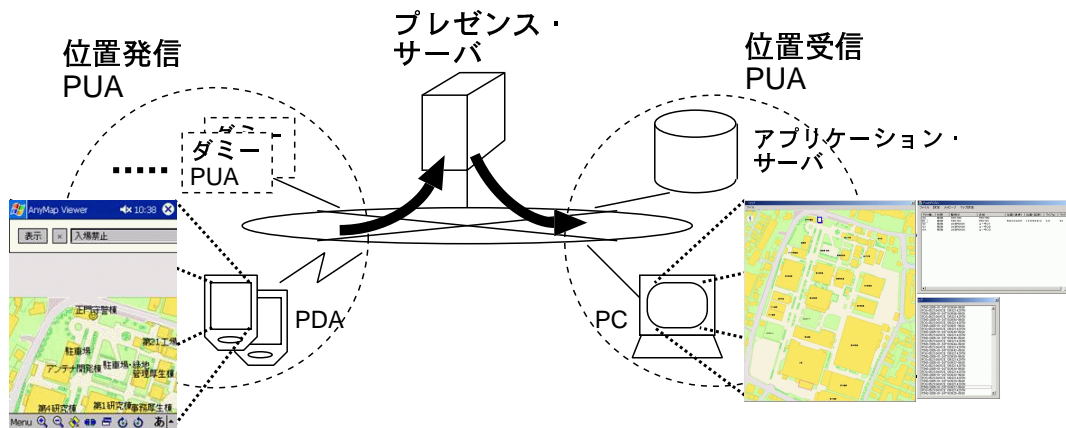


図 5: 試作システム

表 1: 試作システムの動作環境

	プレゼンス・サーバ	位置発信 PUA		位置受信 PUA	
		PDA	ダミー PUA	PC	アプリケーション・サーバ
CPU	PentiumIII 500MHz	PXA250 400MHz	Pentium4 3.0GHz	PentiumIII 450MHz	Pentium4 3.0GHz
メモリ	512MB	64MB	512GB	512MB	512MB
OS	Linux(2.4 系)	PocketPC 2002	WindowsXP	Windows2000	WindowsXP
言語	C	C/C++	C/C++	C/C++	C/C++

について検討する。

なお、完全にすべてを独自方式にするのではなく、標準化が行われているものを活用した方式を検討する。

5.1 提案方式

図 2 での理想的な流通の形態を実現するため、プレゼンス・システムを利用した図 4 の構成はそのままとする。しかし、前述の課題を解決するため、現在標準化中の partial 流通の考え方を踏襲し、一部のプレゼンス情報の流通のために図 6 のような RTP^[9] を併用した流通方式を考える。なお、RTP は音声や動画を配信するためによく利用されるが、仕様としては一般的なデータにも適用可能⁷である。

変化頻度の低いプレゼンス情報は従来の SIP メソッドによる PIDF 形式により流通を行い、

⁷データの配信に RTP を利用したシステムはこれまでほとんど見られていない。

位置座標のような変化の頻度高いストリーミックな情報は RTP 上で流通を行う。なお、RTP には受信状況のモニタリングなどのためのフィードバックを行うプロトコルとして RTCP(RTP control protocol) も備えている。

RTP を利用した流通においても、プレゼンス・サーバは位置発信 PUA と位置受信 PUA との間で中継する形になる。両 PUA 間を直接接続しないことで位置発信 PUA からの発信を一回につき一度のみにすることができる。

プレゼンス・サーバは SIP における SUA として構築し、RTP のペイロード部への位置座標の格納はバイナリ表記で行うものとする。また、RTP だけでは接続時のアドレスやポート、ペイロード部のデータ種別などの情報の解決はできないため、図 6 の構成でのフローを図 7 に示す。

(1) 発信開始時および PIDF 形式での流通時は、従来通りに開始

(1.1) 発信側 PUA およびプレゼンス・サーバ

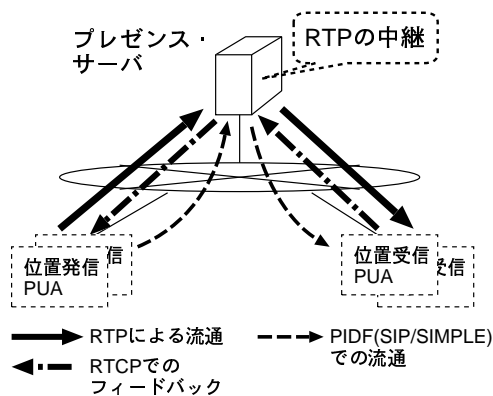


図 6: 提案方式

が両方とも RTP での流通が可能かどうか INVITE メソッドと SDP^[10] により情報交換

- (1.2) 可能ならば該当する情報 (位置座標) を RTP で発信
- (2),(3) 受信側 PUA の配信申込と、最初のプレゼンス情報は PIDF 形式で従来通り
- (3.1) 受信側 PUA およびプレゼンス・サーバが両方とも RTP での流通に対応可能かどうか INVITE メソッドと SDP により情報交換
- (3.2) 可能ならば該当する情報 (位置座標) を RTP で配信
- (4),(5) その後、プレゼンス情報が更新されたものは、その情報に応じて PIDF 形式または RTP で流通
- (6),(7) 発信または配信の終了は、PIDF 形式は従来通りであり、RTP での流通を行っている場合は BYE メソッドも使用

なお、RTP での流通は、PUA 側での RTP での流通への対応状況により発信側 PUA または受信側 PUA のみとなってもよい。また、対応していない PUA に対しては、従来通りの PIDF 形式のみでの流通となる。

5.2 考察

提案方式について考察する。

前章で挙げたそれぞれの課題に関して、提案方式を実現することで次のような効果が期待できる。

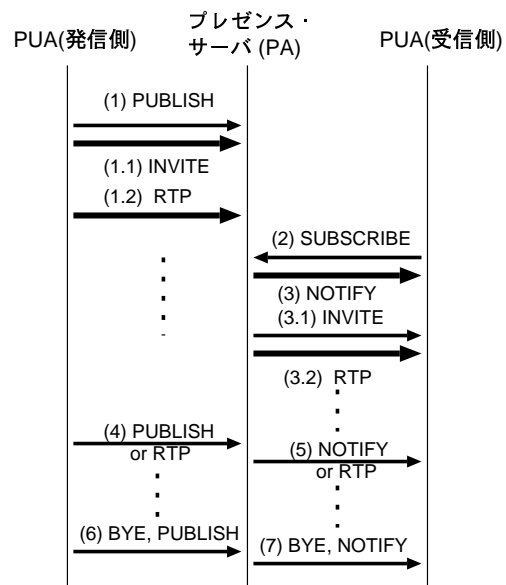


図 7: RTP を併用した流通のフロー

1) プレゼンス情報サイズの削減

位置座標をバイナリ表記としたことで、付加的な情報が数バイト追加されたとしても十数バイト程度と半減する。また、RTP で流通する情報では PIDF 形式での XML のパーサ処理のような負荷は減少する。

なお、直前の位置座標との差分などによる圧縮方式を検討することで、さらに削減可能である。

2) プロトコル・オーバーヘッドの削減

RTP のヘッダ情報は 12~20 バイト程度であるため、位置座標をバイナリ表記とした場合のサイズと同等程度ではあるが、SIP メソッドでの形式と比較しプロトコルのオーバーヘッドが大幅に減少できる。

RTP は基本的に応答の仕組みは持っていない。しかし、RTP パケットが欠損する場合の再送^[11]や冗長符号化^[12]などに関する標準化も行われている。それらを実装することで NACK 的な対応は可能である。また、ACK 的な応答ではないため、毎回の流通における処理負荷を小さくすることが期待である。

3) SIP Proxy などの経由段数の削減

両 PUA 間にはプレゼンス・サーバのみとなるため、中継における段数は必要最低限の構成を取ることが可能である。

なお、プレゼンス・サーバを複数中継する構成の場合について考慮する必要があるかもしれない。

4) 通信状況への適応

RTCP により得られるフィードバック情報から流通における各種 QoS 関連制御の実現も可能である。ただし、制御方式については別途検討する必要がある。

また、プレゼンス・サーバを SUA として構築することで、RTP の流通に関する部分は SIP ベースの VoIP クライアントの実装と共通化でき、開発での効率化が期待できる。もちろん各 PUA においても同様であり、さらに VoIP アプリケーションとの連携も容易となる。

6 今後の課題

まずは試作システムに対して提案方式を実装し、その効果を確認する必要がある。また、LBS システムとしての利用者から見た応答性の向上にどの程度寄与できるのかについても評価を行う必要がある。

リアルタイム性などの性能向上のため、位置座標の差分流通方式や Push 型通信における通信状況への適応方式について検討する必要がある。大きなサイズのデータの差分配信方式や、動画や音声の配信における (アプリケーションレベルの) QoS 制御方式については多くの研究があるが、大量の端末からの位置座標のようなサイズの小さなデータが高い頻度で流通するような場合に関してはほとんど考えられていない。

なお、提案した方式は、扱う情報が位置座標に限定したものではない。センサにおける各種数値的な測定値などにも適用可能であると考えられる。そのため、汎用的に利用可能なシステムとしての検討も考えている。

7 まとめ

本論文では、End-to-end でのリアルタイムな位置座標の流通を実現するため、プレゼンス・システムを適用した方式を検討した。SIP ベースの SIMPLE に基づいたシステムを試作し、End-to-end での Push 型通信による位置座標の流通を行えることを確認した。

しかし、それだけでは将来予想される端末数に対し、処理負荷や通信量などで非効率と考えられる課題が多いため、位置座標の流通に関して RTP を併用した方式を検討した。

今後、検討した方式の実現による効果の確認、QoS 制御方式の検討などを行う予定である。

参考文献

- [1] 江頭, 小林, 板生. “物流における位置追跡システム”. 情処学会研報 MBL-17-3, pp. 17-21, 2001.
- [2] 五十嵐, 高瀬, 掛水, 若本. “ユビキタスサービスの基盤となる位置情報管理アーキテクチャ”. 信学技報 NS2003-59, pp. 67-21, 2003.
- [3] 小西, 柴崎. “位置情報取得のための統合プラットフォームに関する基礎的研究”. 情処学会研報 UBI-3-12, pp. 77-84, 2004.
- [4] Session Initiation Protocol. <http://www.ietf.org/html.charters/sip-charter.html>.
- [5] SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions. <http://www.ietf.org/html.charters/simple-charter.html>.
- [6] Geographic Location/Privacy. <http://www.ietf.org/html.charters/geopriv-charter.html>.
- [7] Open Geospatial Consortium. “Geography Markup Language”. <http://www.opengeospatial.org/>.
- [8] 渡辺, 竹内, 栗栖, 寺岡, 村井. “プライバシー保護を考慮した地理位置情報システムの実装と評価”. 信学会論文誌 B, Vol. J86-B, No. 8, pp. 1434-1444, 2003.
- [9] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Application”. IETF RFC3550, 2003.
- [10] M. Handley and V. Jacobson. “SDP: Session Description Protocol”. IETF RFC2327, 1998.
- [11] J. Rey, D. Leon, A. Miyazaki, V. Varsa, and R. Hakenberg. “RTP Retransmission Payload Format”. draft-ietf-avt-rtp-retransmission-* (IETF AVT WG で標準化中).
- [12] J. Rosenberg and H. Schulzrinne. “An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction”. IETF RFC2733, 1999.