

すれ違い通信情報の位置精度補完による AR 空間表示

川端英雄[†] 高見一正[†]

スマートフォンの普及に伴い、GPS 等のセンサと AR(Augmented Reality)技術を駆使したサービスが様々提供されている。本稿では、このような高機能端末を携帯した人同士がすれ違った時にお互いにメッセージを送受信し、それぞれのメッセージをカメラ越しに送信者の映っている近傍の位置に表示する手法を提案している。具体的には利用者とすれ違い者の GPS 測位誤差を考慮して位置を計算する重心法と緯度差・経度差と方位による表示位置決定法を提案し、Android 端末に実装して有効性を評価した。

An Opportunistic Message Display using AR Technology which Complements Users' Positional Accuracy by Calculating the Triangle's Centroid

Hideo Kawabata[†] and Kazumasa Takami[†]

The widespread use of smartphones has prompted the provision of a variety of services that exploit sensors installed in the smartphones, such as GPS, and augmented reality (AR). This paper proposes a method in which a user of such a smart terminal receives a message from a person passing by, and has the message displayed alongside the image of that person on the screen of the camera installed in the user's terminal. Specifically, the paper proposes a gravity center method that calculate the positions of the user and the passing person taking errors in the GPS measurements into consideration, and a method of displaying the message sent by the other person at a position on the camera screen calculated from the position data sent by the other person's terminal. These methods have been implemented in Android terminals, and the effectiveness of these methods has been evaluated.

1. はじめに

近年では、スマートフォンの普及が目覚ましい。2009年1月から11月までのデータでは、日本国内のスマートフォンユーザ拡大率は350%で、世界トップであった。また、2010年のアメリカの調査では、Android搭載端末の世界出荷台数が、前年同期比886%増という結果が出るなど、スマートフォンが加速度的に普及していることは間違いないといえる。

こうしたスマートフォンの特徴としてタッチパネルや、加速度センサなどを搭載し、直感的な操作や表現が可能になっていることが挙げられる。また、端末のスペックが向上していることから、諸センサ、GPSやAR(Augmented Reality)といった技術を併用したアプリケーションなど、サービスの幅も広がっている[1]-[5]。具体的には「セカイカメラ」[6]や「Layer」[7]の様な、GPSデータや書物に印刷されたタグ又は物に貼り付けたタグを元にAR技術によって現実世界にそれらに付随する情報を付加するといったようなサービスも複数存在している。しかし、それは主にGPSで容易に特定できる店舗、商業ビル、ランドマーク、等の固定された大型の建物やタグが事前に付与された物に付随する情報が表示されるだけである。

一方、社会生活の中で人々が日々すれ違っていることに着目し、すれ違った人が携帯している端末に1つのノードの役割を持たせた情報通信ネットワークとしてOpportunistic Network[8]-[14]の研究が進められている。また、Opportunistic Network構成機能は無いが、Android端末にすれ違い通信機能を組み込み、街角ですれ違った相手と後日にツイート等で交流できるソフトウェアも提供されている[15]。しかし、すれ違った者をその場では即座に特定されず、信頼性の高い情報交換を行うためには、いくつかの相手を特定するための手順が必要である。また、目視できる距離を想定した近傍エリアでの利便性は考慮されていない。

本稿では、自分の近距離範囲でメッセージを発信している相手の顔を確認しながら、メッセージを受信し、見知らぬ相手でも安心して直接的なコミュニケーションできるサービスを目指す。具体的には、すれ違い相手の位置情報を近接通信によって、リアルタイムに相互に交換し、スマートフォンのカメラ越しにすれ違い相手の映像と配信されるメッセージを同じ画面上に表示する方法を提案する。2章では、サービスの概要と課題を示す。3章では課題の解決方式を示し、4章ではAndroid端末による試作システムの構成を示し、5章でその試作システムを使った実験結果と評価について説明する。6章ではまとめと今後の課題を示す。

2. すれ違い者からのメッセージ配信サービス

スマートフォンのカメラを通して映し出されるすれ違い相手と配信されているメ

[†]創価大学 工学部 情報システム工学科
Faculty of Engineering, Soka University

メッセージを図1に示すように発信者の近くに表示させる通信サービスを提案する。AR空間表示により、メッセージを発信者の頭上などすぐ近くに表示させることで、発信者が容易に特定でき、情報発信者と直接コンタクトを取ることが可能になる。また、すれ違い通信は広域ネットワーク内に配備されるサーバを介さずに接近した端末同士が、相手を定めず、1ホップで通信が完了する通信方法である。この方法により、端末がネットワークを介した通信ができない環境下においても、接近通信により情報のやり取りが行える。また、通信時の情報の遅延も抑えることができる。図1に示すサービスを実現するためには、以下の課題を解決する必要がある。



図1 すれ違いメッセージ配信サービスのカメラ画面イメージ

(1) すれ違い通信相手のGPS測位誤差を考慮した位置情報の取得

カメラの視野内で相手を特定するために、相手及び自分の位置を特定するGPS情報の誤差を考慮した位置計算を行う必要がある。

(2) カメラ越しに映っているすれ違い相手の近くにメッセージを表示する方法

3. 提案方式

3.1 重心法によるGPS測位誤差を考慮した位置計算

カメラ越しに映っている建物の情報や行き先の地理的な方向を確認するようなアプリケーションでは、利用者は常に移動しているため、位置を示すGPS情報は誤差の影響を受けるが、建物等は固定されとり、その位置を示すGPS情報は比較的精度が高い。また、GPS情報は周りの環境・天候及び観測時の衛星の数によってもその精度は影響を受ける。つまり、建物等の位置情報を測定した時間とそのサービスをまさに受けようとしている利用者の現在位置を計測する時間は異なっており、このようなサービスでも誤動作の要因となっている。

一方、提案するサービスでは、利用者とすれ違い者は共に人であり、移動すること想定しなければならない。しかし、利用者とすれ違い者は目視できる近傍に位置しており、環境・天候、衛星数等のGPS位置計測条件は共有している。このような条件を考慮して、本稿では、比較的近い時間に取得した3つのGPS情報を使い、それらの重心を求めて誤差の影響を少なくする方式を提案する。

図2のように、取得したGPS座標3点で作られる三角形を考える。この重心を求め、新たな位置情報として利用することで、誤差の修正が期待できる。この方法では、たとえ、ある時のGPS測定値よりも重心点の方が誤差が大きくなる場合でも、その地点で得た3点の最大誤差の範囲に必ず収まる。以下にそのアルゴリズムを示す。

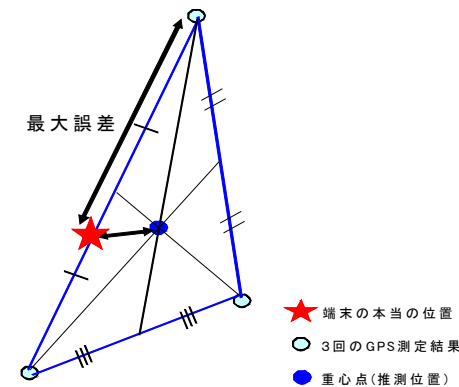


図2 重心法による位置補完計算

Step1: 現在の位置情報をGPSにより取得し続ける。サービス起動時に取得した最新のGPS座標3点を抽出する。

Step2: 抽出された3点を直線で結んだ三角形を構成する。

Step3: その三角形の重心を求め、新たな位置情報とする。

3.2 緯度差・経度差と方位による表示位置決定

3.1 節で求めた互いの位置情報とメッセージとを交換し、それぞれの端末上で相手の位置を計算で求めて、これを元に画面上にメッセージを表示させる。交換される情報は文字列の形でやりとりされ、情報を受け取った時点で分割、解析を行う。位置情報は更新されたものを、逐次互いに送信する。

位置情報の取得から表示までのアルゴリズムを図3の表示空間例を参照して説明する。

- Step1:** 利用者とするれ違い者の交換した位置情報から緯度差・経度差を求め、縦軸を経度差、横軸を緯度差とした座標空間で、利用者を原点とするれ違い相手が第何象限にいるかを求める。
- Step2:** 利用者とするれ違い相手、そして互いの緯度・経度上の交点3点を繋ぐ三角形UPHを形成する。この三角形の斜辺と横軸で狭まれた角度 δ を求める。
- Step3:** この角度 δ と相手が第何象限に位置するかによって、すれ違い相手が北を基準(0度)として何度角度 α にいるか求める。
- 3-1: 相手が2, 3象限にいる時: $\alpha = 90^\circ + (-1)^{n-1} \times \delta$ (nは象限の番号)
- 3-2: 相手が1, 4象限にいる時: $\alpha = 270^\circ + (-1)^{n-1} \times \delta$ (nは象限の番号)
- Step4:** 電子コンパスによって自分の向いている方角から北を基準(0度)とした角度 β を求める。利用者の向いている方向とすれ違い相手の方向の角度差(= $\beta - \alpha$)を求める。
- Step5:** 相手のいる方向(正面からのズレ)に合わせて、画面上の表示位置(横方向)を調整する。
- Step6:** GPSの位置情報(緯度・経度)を元にヒュベニの公式を用いて、互いの距離を求め、その距離に応じて、表示する情報の大きさを調整する。

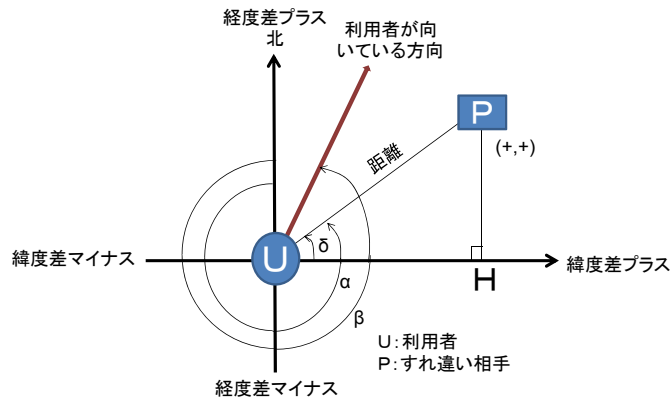
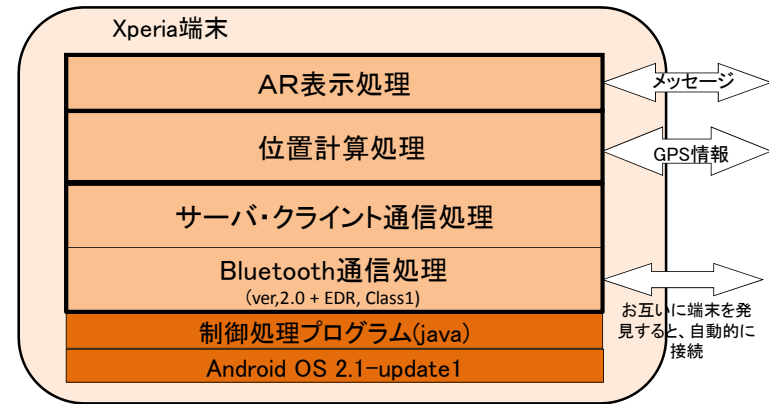


図3 表示空間座標

4. 評価システムの試作

スマートフォンとして Xperia™ 端末(Sony Ericsson 社の製品; Android OS(Version 2.1-update1))を利用した。“位置情報の取得”から“メッセージ表示”までのプログラムをJavaで開発した。試作システムのユーザインターフェースはカメラ画面とタッチパネルである。そのカメラ画面にGPS情報や電子コンパスの情報を処理して得た表示位置にAR表示させる。一方、バックグラウンドでは常に、GPS、コンパス情報の更新と、Bluetoothによる端末間同士の情報のやり取りが行われる。試作システムのソフトウェア構成を図4に示す。



(注)Xperia: Sony Ericsson 社の商標

図4 試作システムのソフトウェア構成

4.1 Bluetoothによるサーバとクライアントの同時実行処理

Bluetoothが使用可能状態となると、システムはサーバの役割を果たすプログラムと、クライアントの役割を果たすプログラムの両方を同時に実行開始する。サーバプログラムでは自分の存在をブロードキャストし続け、クライアントからの接続待ち状態となる。一方、クライアントプログラムはサーバとして待ち状態にある端末の探索を開始する。ただし、本試作で使用するXperia端末では、初対面の端末と自動でペアリングを行い、通信を開始することはOSの仕様上実現が難しい為、試作システムではペアリング済み端末のみを探索することとする。この状態で端末を持った同士が近づくと、クライアントプログラムが自動的に接続を試みる。サーバ側でこれが正しく受け付けられると、端末の接続は完了する。接続が完了するとGPS情報や、画面上にAR情報として表示するためのメッセージの受け渡しを開始される。通信シーケンスを図5に示す。

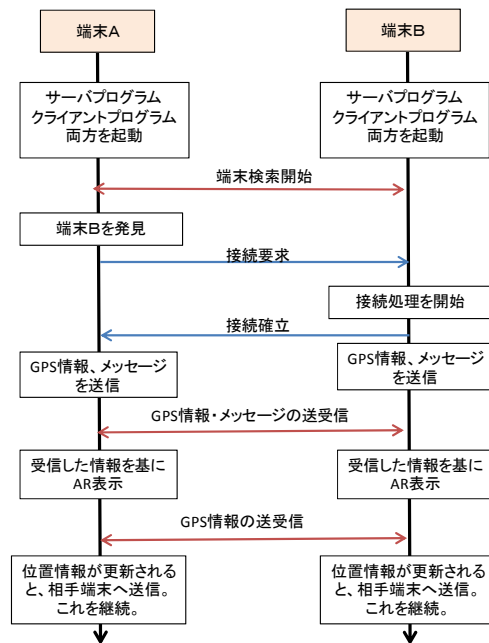


図5 通信シーケンス

4.2 位置計算処理とAR表示処理

3.1節及び3.2節で提案した重心法による位置計算と利用者とするれ違い相手との距離と角度を計算する処理を実現した。また、計算結果に基づき、カメラ画面にAR表示する処理を実現した。

5. 実験結果と評価

5.1 試作システムの利用実験

2台のXperia端末に試作プログラムを実装し文字列‘dog’を送信した時の表示結果を図6に示す。送信情報はテキストのみだが、実験結果確認の便宜上、プログラム中に組み込んでおいた画像を受信したメッセージに合わせて付加して表示させた。



(注) <1>経度差、緯度差 <2>距離 <3>経度 <4>緯度 <5>磁北からのずれ
 <6>利用者の北からのずれ <7>相手の北からのずれ <8>利用者から相手の角度
 <9>角度差 <10>経度重心、緯度重心 <11>受信した相手の緯度、経度とメッセージ

図6 実験のカメラ画面例

GPSと電子コンパスの誤差によって表示のズレの大きさが変化した。しかし、誤算が少ない場合には、すれ違い者に利用者が向いている時にメッセージが表示されるなど、概ね期待する方向にAR表示された。また、送信メッセージを図6の‘dog’から‘cat’に変更した時の結果を図7に示す。送信から表示までの時間は最長でも1秒以内であった。



図7 送信メッセージが変更された場合(画面の一部)

利用者のカメラの向きを変えた時、図8に示すように表示されている情報の位置も、画面上の発信者の位置に合わせて移動している様子を確認できた。



図8 カメラの向きを変更

電子コンパスの誤差が大きく、GPSによる誤差も残っているため、狙い通りの位置に情報が表示されない場合の例を図9に示す。図9(a)はメッセージの表示位置がすれ違い者の左に大きくずれた例である。図9(b)は利用者とすれ違い者の距離に誤差が出たため、メッセージの表示が大きくなった例である。

送信するメッセージの文字数と画面表示量について実験した。送信する文字数は文字のサイズにもよるが日本語で10文字と30文字で実験した。図10に示すように10文字程度の短い文章「講堂に行きたいです！」なら人物も特定でき、一目で情報を読み取ることができるが、長い文字列になると、表示誤差が無くても人物の特定が困難になる場合、画面からはみ出して表示されることがあった。



(a)左に表示がずれた例



(b)相手との距離感と合わない表示例

図9 表示誤差が大きかった例



図10 メッセージの文字数と表示画面量（画面の一部）

5.2 重心法の精度

取得した GPS 座標に重心法適用の有無でどれくらい実際の位置からの誤差に違いが出るのかを実験した。GPS の測定誤差評価として正確度と精密度の指標が定義されている[16]-[18]。正確度とは観測値（あるいは観測値から得られた数量）の真値に対する近似性を意味し、精密度とは、繰り返しのある観測値（あるいは繰り返しのある一連の観測値から得られた数量）の標本平均に対する近似性を意味する。実験は GPS 測定専用の高機能計測機器ではなく、試作システムを実装した Xperia 端末で実施した。また、実験の場所は大学の建物の近くの屋外で実施した。2010 年 11 月から 2011 年 1 月までの期間で、昼間、夜間、晴天、曇り等の条件を考慮して 46 回の測定実験を行った。Xperia 端末の GPS 観測周期は 1 秒に設定した。これらの実験から正確度と精密度のそれぞれが高と低の 3 つ組み合わせ条件に適合する測定結果に分類し、重心法の効果を推定した。図 1 1 に各組み合わせを代表する実験結果例を示す。



(a)正確度、精密度ともに高い例



(b)正確度高、精密度低い例



(c)正確度低、精密度高の例

図 1 1 重心法の測位誤差実験例

図 1 1 (a)の正確度、精密度ともに高い場合は、単独の GPS 座標でも比較的精度が高く、重心法の適用による変化は殆ど無かった。しかし、座標の分散を幾分か少なくする効果はあった。図 1 1 (b)の正確度高、精密度低の場合は、正確度が高いので測定点を中心に座標を取得することができるが、精密度が低くかなり広範囲にわたってばらつきが出てしまうため、正しい座標が取得できない。しかし、重心法の適用によって図のようになりに精度を上げることが成功した。図 1 1 (c)の正確度低、精密度高の場合は、精密度が高いので非常に安定した座標を取得することができるが、正確度が低いため、全く外れた位置を示してしまう。この時、重心法を適用してもあまり精度向上に効果は無かった。しかし、3 点の最大誤差より誤差が大きくなることも無かった。以上の実験結果から、重心法の定性的な効果を表 1 まとめる。

表 1 重心法の定性的な有効性

測定時 精密度条件		精密度 「繰り返しのある観測値の 標本平均に対する近似性」	
		高	低
測定時 正確度条件	高 正確度 「観測値の真値に 対する近似性」	○	◎
	低	△	/

6. おわりに

本稿では、すれ違い相手の位置情報を近接通信によって、リアルタイムに相互に交換し、スマートフォンのカメラ越しにすれ違い相手の映像と配信されるメッセージを同じ画面上に表示する方法を提案した。特に、GPS 情報の測位誤差を補完する重心法と受信したメッセージを相手から送信された位置情報からカメラ画面の表示位置を計算し、表示する方法を提案し、Android 端末(Xperia)に実装して評価した。重心法は、GPS そのものの精度に依存する部分はあるものの、特にその精密度の部分で精度向上に有効性があることが分かった。また、緯度差・経度差と方位による表示位置決定法は、GPS や電子コンパスの誤差の影響に過敏に反応するが、測位が安定している場合には期待通りのメッセージ表示を確認した。

今後の課題として、測位精度向上の面では、加速度センサ等を取り入れ、カメラの仰角や発信者の移動状態も考慮に入れた位置推定法や、表示法の改善が残っている。また、本稿では 1 対 1 の通信でのみ実験したが、多人数との同時通信への機能拡大を

行う必要がある。複数発信者からの情報を同時に受け取り、画面上に複数情報を同時に表示させるための表示精度の向上が必要である。

参考文献

- 1) B. Avery, B. Thomas and W. Piekarski, "User evaluation of see-through vision for mobile outdoor augmented reality," In 7th Int'l Symposium on Mixed and Augmented Reality. pp 69-72. Cambridge, UK. Sep 2008.
- 2) A. Stafford, W. Piekarski and B. H. Thomas, "Implementation of god-like interaction techniques for supporting collaboration between indoor and outdoor users," In 5th Int'l Symposium on Mixed and Augmented Reality, Santa Barbara, Ca, Oct 2006.
- 3) I. M. Zendjebil, F. Ababsa, J.-Y. Didier, M. Mallem, "Hybrid localization system for mobile outdoor augmented reality applications," Image Processing Theory, Tools and Applications, pp.1 – 6, 23-26 Nov. 2008.
- 4) Ho-Sung Myung, Byung-Gook Lee, Hyung-Woo Kim, Shang-Hyun Kang, "A study on effective visual communication method with the 'pictomation' contents in augmented reality environment information visualisation," 13th International Conference, pp.274 – 279, 15-17 July 2009
- 5) 田口真史, 児島伴幸, 柳澤政生, 大附辰夫, 戸川望, "携帯電話 GPS の測位誤差に基づく道路標識とランドマークを用いた位置特定システムの改良," マルチメディア,分散,協調とモバイル(DICOMO2010)シンポジウム,4E-4,p968-975,2010.7.
- 6) <http://support.sekaicamera.com/> セカイカメラサポートセンター(2011年1月17日現在)
- 7) <http://www.layar.com/>, (2011/10/02)
- 8) Marco Conti, Silvia Giordano, Martin May, Andrea Passarella, "From opportunistic networks to opportunistic computing," IEEE Communications Magazine, pp.126-139, September 2010.
- 9) Hideya Ochiai, Kenichi Shimotada, Hiroshi Esaki, "DTIPN: Delay tolerant IP networking for opportunistic network applications," MobiOpp '10, February 22-23, 2010, Pisa, Italy.
- 10) Anna-Kaisa Pietilainen, Christophe Diot, "Experimenting with opportunistic networking," MobiArch'09, June 22, 2009, Krakow, Poland.
- 11) Ari Keranen, Jorg Ott, Teemu Karkkainen, "The ONE simulator for DTN protocol evaluation," SIMUTools 2009, Rome, Italy.
- 12) Elizabeth Daly and Mads Haahr, "Social network analysis for routing in disconnected delay-tolerant MANETs," MobiHoc'07, September 9-14, 2007, Montreal, Quebec, Canada, DOI:10.1.1.89.6178.
- 13) J. Burke, D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, S. Reddy, M. B. Srivastava, "Participatory sensing" WSW'06 at SenSys '06, October 31, 2006, Boulder, Colorado, USA.
- 14) Evan P. C. Jones, Lily Li, Paul A. S. Ward, "Practical routing in delay-tolerant networks," SIGCOMM'05 Workshops, August 22-26, 2005, Philadelphia, PA, USA, DOI:10.1.1.102.4793.
- 15) iDovatter for Android, <http://androrank.com/?id=com.idovatter> (2012/1/27).
- 16) "GPS の測位誤差評価," <http://forest101.life.shimane-u.ac.jp/error.html>
- 17) A. Leick, "GPS satellite surveying 2nd edition," John Wiley & Sons, New York, 1995.
- 18) GPS HORIZONTAL POSITION ACCURACY: <http://users.erols.com/dlwilson/gpsacc.htm>.