

## 審査の結果の要旨

氏 名 劉 智 星

本論文は「GPS Performance Improvements by Utilizing Networks (ネットワークの援用による GPS 性能向上に関する研究)」と題し、近年位置情報の取得とその応用拡大へのニーズの高まりを受けて、GPS (Global Positioning System) 信号を用いる測位の高精度化、高感度化および高速化を実現するために、多様な情報ネットワークを活用することを提案し、提案方式の実現性と実用性とを実験を取り入れつつ検証したものであり、全 6 章で構成される。

第一章は「Introduction (序章)」であり、本研究に至る動機、目的が述べられ、全体の要約と構成が示されている。

第二章は「GPS, DGPS, AGPS and GPS Receiver (GPS、DGPS、AGPS および GPS 受信機)」であり、研究対象となる GPS システムの技術的体系と技術要素につき概説し、以降の各論の前提を述べている。

第三章は「Differential GPS Positioning Via Geostationary Satellite Communication Link and Internet (静止衛星通信リンクおよびインターネットによるディファレンシャル GPS 測位)」であり、ディファレンシャル GPS 測位の利用を容易にするための提案を行っている。

ディファレンシャル GPS の一つでありよく知られている DGPS を実現するための補正データの伝送には、FM ラジオ及び中波をデータリンクとして、補正データを放送する方式が知られている。しかし現時点では、高精度ディファレンシャル GPS を実現する RTK-GPS (Real Time Kinematic GPS)のために必要となる大量の補正データを提供するサービスはまだ全国的には存在していない。

静止衛星回線の利用は広い領域をカバーすることができ、受信するユーザの数に制限がなく、データ転送を 64kbps 以上とすることができる。これを活用した DGPS を実証するために、VSAT (Very Small Aperture Terminal) と通信衛星を用いて DGPS システムを構成し、DGPS 測位を評価し、静止衛星回線をデータリンクとすることの有効性を示している。

続いて、全国的に活用が可能となっているインターネットをデータリンクとする方式を提案している。インターネットは利用者のニーズに合わせた補正データの提供が容易であるために、ユーザは基地局や補正データタイプなどを自分の状況によって、選択できるという柔軟性を持つ。しかし、インターネットにける最大の問題は転送遅延であり、この遅延は DGPS および RTK-GPS 測位精度に大きな影響を及ぼす。本研究では、インターネット上で補正データの転送遅延を測定し、この結果に基づき、インターネットを用いた DGPS および RTK-GPS 測位システムを評価し、実用性を示している。

以上により、静止衛星回線及びインターネットをデータリンクとして活用することを提案し、高精度ディファレンシャル GPS の実用性を明らかにするとともに、またこの結論は現在構想中の QZSS (準天頂衛星システム) の活用にもつながるとしている。

第四章は「Integration of GPS with Network Assistance (ネットワークの援用による GPS 機能の高度統合化)」であり、本論文の第二の目標である高感度、高速 GPS 測位を実現するために、時刻同期が図られた 3G 携帯網を用いたアシスト GPS (Assisted GPS : AGPS)受信機に用いる捕捉手法を提案している。

AGPS は、測位感度の向上と高速化を目指す方式である。携帯電話に対し緊急自動位置通報の実装が義務づけられたが、屋内や都市中心部などのビルの谷間にいる場合には携帯電話が受信する GPS 信号が極めて制限され、信

頼性のある高速測位が困難となる。受信機の測位感度は、捕捉プロセスの感度が決定する。GPS 衛星信号の捕捉には、受信信号の長時間相関による S/N 比の改善が行われるが、信号に変調されている 50bps の航法メッセージが、20ms ごとデータビット反転を起こす可能性があるために、20ms 以上の相関処理を行うには航法メッセージの影響を除去しなければならない。加えて複数の衛星を同時に補足するためには、衛星ごとに信号チップとドップラ遷移周波数を考慮した周波数再生を行うことになるが、この処理には時間を要するために、周波数探索範囲を狭めることが高速化の課題となる。

このために、第三世代(3G)携帯網で運用されている網同期を活用することを提案している。提案は二つの要素からなる。第一は、端末が受信する航法メッセージとその伝送開始時間をサーバが端末へ通知することである。これにより長時間の信号相関処理を可能とし、同時に C/A コードの探索範囲を狭めることができる。第二は、衛星運動、地球自転、端末に起因する同期誤差およびサーバと端末間の距離を考慮し端末の受信ドップラ遷移周波数の予測値をサーバで計算し、端末に送ることである。これにより端末の周波数再生に要する計算処理を削減する。これらの概要が示されている。

第五章は「Evaluation of Fast Acquisition Scheme for AGPS Receiver (AGPS 受信機における高速化方式の評価)」であり、前章で述べた提案方式について、システム誤差を分析し、実現性および有効性をシミュレーションと実験で検証している。

まず網同期と端末の位置に起因する時間誤差を評価しているが、航法データ受信開始時刻の誤差は 20 マイクロ秒以下となることが評価された結果、時刻誤差のない理想状況に比べ、相関処理利得ロス、些細な値であり、航法メッセージの除去に殆ど影響はないことが検証された。これにより、長時間コヒーレント相関が可能となり、捕捉段階の感度向上を実現している。同時に、C/A コードの探索範囲は従来の 1023 チップから±20 チップまで減少し、約 96%のコード探索範囲の削減を達成している。

続いて端末が受信するドップラ遷移周波数に対する評価を、衛星運動、地球自転、端末に起因する同期誤差、サーバと端末間の距離、端末移動などの要素を加えて行った結果、都市部の携帯網では数十 Hz となることが評価され、周波数再生のための探索範囲は実用に問題のない範囲に狭められることを確認している。

提案した捕捉手法を用いれば、AGPS 受信機はコールドスタート条件でホットスタート (Hot start) と同等の性能が実現できる。加えて本提案は、携帯電話のハードウェア量、計算処理量、および低電力消費量の点でも問題なく実現できると結論している。

第六章は「Conclusion and Perspective (結論と展望)」であり、本論文において提案したネットワークの援用により、高精度 DGPS 測位と高感度かつ高速 AGPS 受信機が実現できることを、評価と検証を通して確認できたとしている。

以上これを要するに、本論文は広く活用されている情報ネットワークを多様に活用することにより、GPS 信号による測位の更なる高精度化、高感度化および高速測位を実現することを目的としたものであり、提案方式の実現性と実用性とを実験を取り入れつつ検証したものであり、情報通信技術に知見を与えるところが少なくない。

よって本論文は博士 (情報理工学) の学位請求論文として合格と認められる。

