広域ネットワーク RTK 技術検討メモ

2008/04/23

東京海洋大　高須

方式比較

方式	SSR 方式	GSI 方式*1	VRS	FKP	GDGPS (StarFire)	SBAS (参考)
補正情報	軌道+時計+対流圏+電離層+バイアス	基準点観測+軌道+時計+対流圏+電離層	VRS 観測値	基準点観測値+FKP	軌道+時計	軌道時計+電離層+高速変動
補正データ量	<2Kbps	1.7Kbps	1200×4.8Kbps	300×4.8Kbps	1.2Kbps?	250bps
測位精度 (水平 RMS)	1-2cm	1-2cm	1-2 cm	1-2 cm	10 cm	30cm
移動体	可	不可	難	可	可	可
初期化時間 (2 周波)	30 秒-数分	―	数秒-1 分	数秒-1 分	10 分-30 分	数分
初期化時間 (1 周波)	数分-10 分	15 分	数分-10 分	数分-10 分	―	数分
実績	研究レベル	研究レベル	有	有	有	有

*1 国土地理院，準天頂衛星による高精度測位補正に関する技術開発の概要，第 3 回 QZSS ユーザーミーティング資料, 2008

SSR 方式設計及び補正データ量見積

前提として、サービスエリアは日本全土とし、補正情報を軌道・時計・電離層・対流圏等に完全に分離できるものとする。また補正衛星数は最大 12 機とする。

広域ネットワーク RTK 用補正データ量見積 (SSR 方式)

補正情報	衛星数	基準局数	更新頻度	データビット数	データ量	補正データ	
						レンジ	分解能
衛星軌道*1	12	-	1/30s	15 x 3 bits	18 bps	-33～33 m	0.002 m
衛星時計*1	12	-	1/2s	15 bits	90 bps	-33～33 m	0.002 m
電離層*2	12	30	1/30s	14 bits	168 bps	0～33 m	0.002 m
	12	270	1/30s	12 bits *3	1296 bps	-4～4 m	0.002 m
対流圏 (ZWD)	-	300	1/120s	9 bits	23 bps	0～1 m	0.002 m
コードバイアス (3 種)	12	-	1/30s	8 x 3 bits	10 bps	-12～12 m	0.1 m
位相バイアス (L1/L2/L5)	12	-	1/30s	15 x 3 bits	18 bps	-33～33 m	0.002 m
衛星 ID+IOD+フラグ	12	-	1/30s	7+8+5 bits	8 bps	-	-
衛星 alert/有効フラグ	12	-	1/2s	5 bits	30 bps	-	-
基準局バージョンフラグ	-	300	1/30s	2 bits	20 bps	-	-
合計	-	-	-	-	1681 bps	-	-

*1 ephemeris 基準。*2 L1 vertical ionosphere delay。*3 近隣主基準局相対

(1) 基準局は電子基準点から約 50km 間隔で 300 点 (主基準局 30 局+副基準局 270 局) 選ぶ。それらの座標・速度やアンテナパラメータは別途利用者がダウンロードし受信機フラッシュ ROM に書き込むものとする。基準局変更は基準局バージョンフラグ変更で通知し、それを見て利用者はデータの更新を行う。

(2) 衛星軌道・時計補正は放送暦基準差分量。30s 中は同一 IOD の暦に対しての補正値とする。衛星軌道の時間補外は過去補正量も使った多次多項式補間。従って運用開始時の値は少し精度が悪いがすぐ十分な精度に収束する。衛星異常は衛星 alert/有効フラグで通知し、利用者は異常衛星を除外する。

(3) 電離層補正は基準局・衛星毎の L1 鉛直遅延量とする。SBAS の様な IGP 方式では精度不足となる可能性が高いからである。またデータ削減のため副基準局の電離層補正は近隣主基準局相対値とする。利用者はこれら補正量を自位置に補間する。

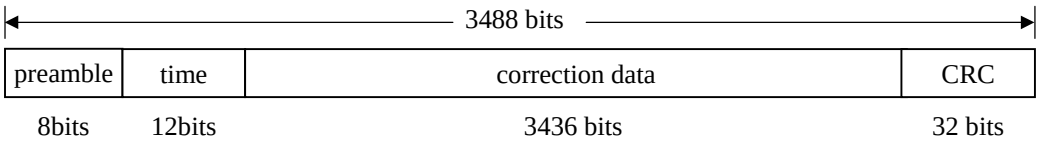
(4) 対流圏補正は基準局 ZWD とし利用者は補正量を自位置に補間する。また ZHD は適当なモデルで補正する。

(5) 搬送波位相バイアスは、基準点網基線の整数バイアスを解いて、どれか一つの基準局搬送波位相バイアス (L1/L2/L5) に統一を取り、かつ波長整数倍オフセットを除いたもの (phase leveling)。実質的に L1/L2/L5 衛星初期位相と(共通の)基準局受信機初期位相項が含まれることになる。(これがないと利用者が整数バイアスを解けない)

(6) 北海道から沖縄まで基線長 2000km 位にはなるので潮汐と phase-windup は無視できない。従って補正情報生成時には適当なモデルで落とし、利用者測位時にも同一のモデルで補正する。

利用者負荷を減らすため簡易モデルの開発が必要かもしれない。

さて、これら補正データを QZSS LEX に載せるものとする。LEX のシンポルレートは 2000bps であるが、RS(255,223)符号化を行うので航法データレートは 1744 bps (IS-QZSS 5.7)。マイナフレームレートを 1frame/2s として、フレーム構成を



とすると (time フィールドはサブフレームカウンタを兼ねる)、許される補正データレートは 1718 bps。従って、以上補正データ量見積ではまだ 40 bps 程余裕があり、QZSS LEX を使った日本全土をサービスエリアとする広域ネットワーク RTK の実現可能性はあると考えられる。

さて以上方式についての技術的な懸念は以下の通り。

(1) SSR はまだ研究レベルの技術であり確立された技術ではない。研究レベルでも概念の提案はある (Wubbena 2005) がまだ実装及びその評価結果は公開されていない。また補正メッセージの標準化活動もある (RTCM) がこれも始まったばかりである。従って以上のように補正データの完全な分離が本当に可能なのかはよく分からない点が多い。うまく分離出来なければ補正情報に誤差要因が残り性能劣化につながる。
(2) 30s 間隔補正値で電離層時間変動が十分に表現できるかは評価の必要がある。ただ 2 周波受信機の場合、いったん整数バイアスが FIX すれば 2 周波観測値を使って補正可能なので FIX 解精度に影響はない。(FIX 率・初期化時間等の劣化は有り得る)
(3) 基準局網の搬送波位相バイアスのレベリングが本当に可能か。基準局網内で整数バイアスが解けない基線があると、そこで基準局網が分断されてしまうので、安定なレベリングは難しそうに思える。(これは基準局網のクラスタリングを行った方が良いかもしれない) 基準局のスリップ発生時の取り扱いも結構やっかいそうである。

以上 SSR 方式は新方式であり技術リスクは大きい。従って技術的フィージビリティを確認するためにまずは実際に実装して評価してみる必要があると考えられる。