

UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES MODELOS TROPOSFÉRICOS NO POSICIONAMENTO RTK EM REDES

DANIELE BARROCA MARRA ALVES
JOÃO FRANCISCO GALERA MONICO

Universidade Estadual Paulista - Unesp
Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT
Departamento de Cartografia, Presidente Prudente - SP
{danibarroca, galera}@fct.unesp.br

ADELITON DA FONSECA DE OLIVEIRA

Universidade Federal do Paraná – UFPR
Departamento de Geomática, Curitiba - PR
adelitonoliveira@yahoo.com

ABSTRACT

Network RTK (Real Time Kinematic) is a positioning method that has been very used in several countries. There are several applications that can take advantage of this method: precision agriculture, location, traffic control, Geodesy, spatial information geo-referencing, etc. But, the method success depends on the local conditions, in special of the atmosphere (ionosphere and troposphere effects). In this paper the goal is to evaluate the VRS data quality using different troposphere models. Several tests were accomplished previously employing Hopfield and NWP (Numerical Weather Predictions) models, and the results were quite similar. But, recently, on February 2012, a new NWP model became available in Brazil and it will be tested in the network-based context and the results presented in this paper.

Key words: Network RTK, VRS, Troposphere, GPS.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vem crescendo o interesse em realizar posicionamento de alta acurácia (cm) e em muitos casos em tempo real. Com esse objetivo, um dos métodos de posicionamento mais utilizado é o RTK (tanto realizado em tempo real quanto no modo pós-processado). O RTK tem sido uma técnica muito eficiente em aplicações que requerem alta acurácia e produtividade no posicionamento. Esse método é capaz de prover acurácia centimétrica no posicionamento quando as ambiguidades da fase da onda portadora são resolvidas como valores inteiros, utilizando um dos métodos designados de *On-The-Fly* (OTF) (CHEN, LANDAU e VOLLATH, 2003).

Na técnica RTK a estação de referência (ou estação base) transmite informações da fase da onda portadora em um formato padrão por meio de um enlace (link de rádio ou internet) à estação móvel (usuário) a fim

de que esta determine suas coordenadas precisas em tempo real. Estas informações são observações brutas de fase da portadora (medidas não corrigidas de quaisquer erros) ou correções diferenciais correspondentes a estas observáveis.

Mas, em razão dos erros envolvidos no processo (ionosfera, troposfera e órbita dos satélites), os quais são dependentes do comprimento da linha de base, o RTK fica restrito em aplicações onde a distância entre a estação base e o usuário seja bem curta (menor que 20 km por exemplo, dependendo das condições ionosféricas) (MONICO, 2008).

Assim, para superar essa limitação, surgiu o posicionamento RTK em redes. O RTK em redes permite uma modelagem dos erros espacialmente correlacionados. Assim, a área de abrangência onde o usuário poderá atuar será muito maior.

Diversos métodos vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos para formular correções a partir de dados de uma rede de estações de referência. Os principais métodos são: algoritmos de derivadas parciais (WÜBBENA et al., 1996), algoritmos de interpolação (GAO e LI, 1998), algoritmo de ajustamento condicional (RAQUET, 1997), algoritmo de estação de referência virtual (VRS – *Virtual Reference Station*) (LACHAPPELLE e ALVES, 2002), e MAC (*Master-Auxiliary Concept*) (EULER et al., 2001).

Os métodos apresentados possuem vantagens e desvantagens, que podem ser vistos mais detalhadamente nas referências bibliográficas citadas. Mas, de uma forma geral, o que se pretende é realizar posicionamento com alta acurácia (erro de pouco centímetros). Assim, as aplicações são inúmeras e vem crescendo a cada dia.

Nesse artigo, o método empregado será o de VRS, onde os dados de uma estação de referência virtual são gerados nas proximidades da estação do usuário. Para utilizar o conceito de VRS como descrito em Alves e Monico (2011), a escolha de modelos atmosféricos apropriados é de extrema importância. Portanto,

diferentes modelos troposféricos serão testados na geração dos dados da VRS, como descrito na próxima seção.

3 MODELOS TROPOSFÉRICOS

Nos últimos anos, uma grande tendência na modelagem da troposfera tem sido a utilização de modelos de PNT (Previsão Numérica do Tempo), que tem mostrado ótimos resultados na estimativa no ZTD (*Zenithal Tropospheric Delay*).

No Brasil, o CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), localizado em Cachoeira Paulista-SP, possui o único modelo operacional da América Latina. A formulação matemática do modelo pode ser encontrada em Sapucci et al. (2008), em Alves (2008) ou na página do CPTEC/INPE (<http://satelite.cptec.inpe.br/zenital/>).

Na versão inicial dessa modelagem estava disponível um mapa da América do Sul dividido em uma malha de 500 por 500 km, onde cada elemento da malha possuía um arquivo com dados do atraso cuja resolução era de 100 km na horizontal e 18 níveis na vertical (modelo denominado GLB100km), além de 66 horas de previsão. Posteriormente, foi disponibilizado o eta20km, com resolução horizontal de 20 km e 19 níveis verticais. Atualmente (a partir do dia 06/02/2012), já se encontra disponível uma nova versão da modelagem de PNT, cuja resolução horizontal é de 15 km com 22 níveis verticais (denominado eta15km).

Em se tratando dos modelos empíricos, os mais conhecidos e utilizados são os de Saastamoinen e Hopfield (SEEBER, 2003). Mas, tais modelos foram desenvolvidos a partir de observações meteorológicas realizadas, em sua grande maioria, no hemisfério norte. Portanto, seu uso em outras localidades, pode não ser tão apropriado, dependendo da aplicação.

3 EXPERIMENTOS E RESULTADOS ESPERADOS

Nesse artigo serão realizados testes empregando a nova versão do modelo de PNT disponibilizado pelo CPTEC/INPE (eta15km) na geração dos dados da VRS no posicionamento em redes. Para comparação será utilizado o modelo empírico de Hopfield. Os dados da rede GNSS/SP serão utilizados para gerar os dados da VRS para diferentes dias.

Espera-se que o modelo de previsão numérica do tempo apresente melhores resultados que o de Hopfield, visto que além de representar de forma mais apropriada a realidade, também sofreu melhorias, principalmente em relação a resolução horizontal que foi modificada para 15 km, contra os 25 anterior.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. B. M. **Posicionamento Baseado em redes GPS utilizando o conceito de estação virtual**, 2008.

Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

ALVES, D. B. M.; MONICO, J. F. G. GPS/VRS positioning using atmospheric modeling. **GPS Solutions** (Heidelberg), v.15, p. 253-261, 2011.

CHEN, X.; LANDAU, H.; VOLLATH, U. New Tools for Network RTK Integrity Monitoring. In: ION GPS 2003, Oregon Convention Center, Portland. **Proceedings...**, 2003.

EULER, H-J.; KEENAN, C. R.; ZEBHAUSER, B. E.; WÜBBENA, G. Study of a simplified approach in utilizing information from permanent reference station arrays. In: ION GPS 2001, Salt Lake City, UT, **Proceedings...** 2001.

GAO, Y.; LI, Z. Ionosphere Effect and Modeling for Regional Area Differential GPS Network. In: ION GPS 1998, Nashville, Tennessee. **Proceedings...** 1998.

LACHAPELLE, G. e ALVES, P. Multiple Reference Station Approach: Overview and Current Research. **Journal of Global Positioning System**, v.1, n.2, p.133-136, 2002.

RAQUET, J. A new approach to GPS Carrier-Phase Ambiguity Resolution Using a Reference Receiver Network. In: NATIONAL TECHNICAL MEETING, 1997, Santa Mônica, Califórnia. **Proceedings...**1997.

SAPUCCI, L. F.; MONICO, J. F. G.; MACHADO, L. A. T.; ROSA, G. P. S. Avaliação das Previsões do Atraso Zenital Troposférico para a América do Sul obtidas usando Modelo de Previsão Numérica de Tempo com Alta Resolução Espacial. **Boletim de Ciências Geodésicas**. v.14, n.4, 2008.

WÜBBENA, G.; BAGGE, A.; SEEBER, G.; BODER, V.; HANKEMEIER, P. Reducing Distance Errors for Real-Time Precise DGPS Applications by Establishing Reference Station Networks. In: ION GPS 1996, Kansas City, Missouri. **Proceedings...** 1996.