

CORREÇÕES RELATIVÍSTICAS SOBRE AS MEDIDAS DE TEMPO GPS.

Relativistic corrections over GPS measurements

Ângela Cristina Cararo

Mestrado

Orientador: Luiz Danilo Damasceno Ferreira

Defesa: 24/02/2006

Resumo: Há uma diferença de potencial gravitacional não negligenciável entre os satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e os usuários sobre a superfície da Terra. A grande velocidade destes satélites, a rotação da Terra e essa diferença de potencial, combinados com medidas de tempo com precisão de nanossegundos, nas quais está fundamentado o GPS, dão lugar a importantes efeitos relativísticos. Por outro lado, a sincronização de relógios na superfície e redondezas da Terra, onde orbitam os satélites GPS, deve levar em conta que o tempo próprio de cada um dos relógios envolvido difere ligeiramente, em virtude de efeitos da relatividade geral e especial. Os tempos envolvidos no Sistema GPS devem ser provenientes de um esquema auto-consistente de sincronização, obtido através da adoção de um tempo coordenado, mantido por uma rede de relógios-padrão. Nesta dissertação é feita uma descrição dos três principais efeitos sobre as medidas de tempo GPS: efeito Sagnac, desvio de frequência gravitacional e desvio de frequência pelo efeito Doppler de 2ª. ordem. São analisadas e comentadas as correções relativísticas convencionais sobre as medidas de tempo GPS, contidas no documento ICD-GPS-200c/1993. Os novos desenvolvimentos sobre as correções padrão, levando em conta o efeito do potencial perturbador gerado pelo achatamento terrestre sobre a marcha dos relógios dos satélites GPS, são também mostrados e comentados. São realizados testes com a nova correção relativística com o objetivo de verificar sua magnitude e influência sobre a marcha dos relógios dos satélites. Os resultados encontrados mostram que a ordem de grandeza deste efeito é da ordem de 0,1 a 0,2 nanossegundos, atrasando ou adiantando a marcha dos

relógios em função da posição e velocidade instantâneas do satélite GPS. É sugerida uma aplicação prática da correção deste efeito em posicionamento por ponto GPS altamente preciso.

Abstract: There are no negligible gravity potential differences between Global Positioning System (GPS) satellites and users on the Earth surface. The high velocities of those satellites, the Earth rotation, and the potential differences combined with time measurements with nanosecond precision, basis of GPS measurements, yield fundamental relativistic effects. In other way, the clock synchronization above the Earth surface, where the GPS satellite is in orbit, must take into account its own time differences for each satellite clocks, under the general and special relativistic effects. The GPS time involved on the system must come from auto consistent synchronization schema, coming from a coordinated time which is maintained by a standard clocks network. Three principal effects about GPS time are described in this research: Sagnac effect, gravitational frequency shift and 2th order Doppler frequency shift. The conventional relativistic corrections are commented and analyzed over the GPS time measurements which are contained on the ICD-GPS-200c/1993 report. The new development about standard corrections taking into account the perturbing potential effects which are generated for the Earth flattening (J_2) over the GPS satellite clocks are also commented. Several tests were realized using the new relativistic corrections trying to verify its magnitude and influence over the satellite clocks rate. The results obtained show magnitude from 0.1 up to 0.2 ns for these effects with increasing or decreasing the clocks rate, depending of the positions and instantaneous velocities of the GPS satellite. Application of this effect correction over GPS precise point positioning (PPP) is recommended.