

# O EFEITO DO MULTICAMINHO ESTÁTICO NAS MEDIDAS DA FASE DAS PORTADORAS GPS

*The Effect of Static Multipath Over GPS Measurements*

Júlio Cesar Farret

Doutorado

Orientador: Camil Gemael

José Bittencourt de Andrade

Lúcia Valéria Ramos de Arruda

Defesa: 15/12/00

Resumo: O multicaminho atua de diferentes maneiras no sistema GPS. Uma delas, em nível de receptor, distorce a função de correlação prejudicando a detecção do seu pico no “delay-lock tracking loop”, o que provoca um erro na medida da distância receptor-satélite e demais estimativas dela originadas. O multicaminho também atua na fase da portadora, levando o receptor a medir uma fase alterada em comparação à réplica internamente gerada pelo receptor, causando erros não somente na distância receptor-satélite medida, como fornecendo medidas da fase da portadora alteradas quando as mesmas forem usadas em trabalhos diferenciais por parte de outros usuários, gerando posicionamentos imprecisos por parte dos mesmos, e que não são evitados pela técnica diferencial. Talvez por isso o multicaminho continue sendo a maior fonte de erro nos posicionamentos de alta precisão, tanto cinemáticos como estáticos, o que o torna limitante em muitas aplicações. Melhorias em nível de receptor e no que tange à fabricação e localização de antenas, além de modelamentos usando a repetibilidade dia-a-dia do multicaminho tem alcançado melhorias na solução deste problema, principalmente para o multicaminho de alta freqüência e, geralmente, menor intensidade, provocados por objetos distantes da antena. Para os demais casos, entretanto, essas conquistas ainda não estão em um nível satisfatório. O presente trabalho objetiva chegar a uma avaliação do multicaminho usando o pressuposto da baixa variação angular dos satélites e da geometria do ambiente em medidas próximas no espaço e no tempo, usando-se apenas um receptor e duas antenas. A metodologia baseia-se no uso de medidas de simples diferença de fase da portadora L1 para alimentar um

Filtro Estendido de Kalman, estimador de parâmetros do multicaminho, a partir dos quais pode-se chegar a uma melhor estimativa e atenuação do mesmo. Acredita-se que este procedimento possa ser adotado também para análise do multicaminho nas medidas da fase da portadora L2, embora isto não tenha sido feito neste trabalho. Analisou-se o multicaminho nas antenas em relação a vários satélites com diferentes azimutes e ângulos de elevação e em dias consecutivos com a mesma geometria nos cenários em relação aos satélites. A alta repetibilidade dia-a-dia do sinal foi usada para confirmação de tratar-se realmente de um sinal de multicaminho. Os resultados mostram pouca variação na efetividade do método para os diferentes satélites, chegando a atingir uma média de 64,9% de eficiência quando leva-se em conta o percentual do multicaminho estimado em comparação com o multicaminho medido. Conclui-se que o pressuposto da baixa variação do multicaminho para intervalos curtos de tempo pode ser usado para explorar os objetivos propostos. Chega-se a boas estimativas do multicaminho na fase da portadora em ambientes estacionários, tornando-se uma alternativa especialmente para casos de escassez de recursos materiais. O mesmo é válido não somente para ser implantado em estações de referência como em caso de usuário, fornecendo medidas mais confiáveis, como também em trabalhos de pesquisa, análise e modelamento do multicaminho em determinados cenários, separadamente.

**Abstract:** Multipath affects the Global Positioning System measurements in different ways. For example, in the receiver, multipath distorts the correlation function hampering its peak detection in the delay lock loop, with a consequent error in the pseudorange and its derived products. It also takes a toll in the carrier phase, causing the receiver to measure a distorted phase, with deleterious consequences in differential applications. Maybe for these reasons, multipath remains a major source of error in both static or kinematic high accuracy positioning, and a limiting factor in various applications. Improvements in receiver and antenna technologies, in addition to models based on daily repeatability, have resulted in a better handling of this problem. This is particularly true for high frequency multipath, in general the one with less intensity, provoked by objects farther away from the antenna. For other situations, these improvements are not yet at a satisfactory level. Some authors have shown that multipath is highly correlated for an array of closely spaced antennas. This thesis develops a methodology aimed at evaluating multipath by introducing a temporal factor in the measurements. The methodology makes use of the assumption that multipath parameters and satellite geometry have a slow variation space and in short periods of time. The method uses L1 single difference carrier phase measurements that have been collected by two closely spaced antennas. These observables feed a Extended Kalman Filtering that estimates multipath parameters, with consequent multipath mitigation. We believe that the same procedure may be adopted for the L2 carrier phase. Multipath was analysed for various satellites at different azimuth and elevation angles over

consecutive days using the same scenario. The high daily repeatability was used to ascertain the presence of multipath. The results show a short variation in the efficiency of the method, i.e., the percentage between the estimated multipath vis-à-vis the measured one. Generally, the efficiency reached 64,9%. It is concluded that the assumption of the low variation of the multipath parameters over a short period of time can be used to explore the proposed objectives. We believe that very good carrier phase multipath estimates were obtained. This means the method is an interesting alternative for reference stations, users and also for research, analysis, and modelling of multipath by using different scenarios.