

RAY-TRACING OPTIONS TO MITIGATE THE NEUTRAL ATMOSPHERE DELAY IN GPS

Felipe G Nievinski and Marcelo C. Santos

Geodetic Research Laboratory, Department of Geodesy and Geomatics Engineering
University of New Brunswick, Fredericton

One of the most rigorous way of quantifying the neutral atmosphere radio propagation delay is with ray-tracing, i.e., supposing the signal to be a ray and tracing its path, from satellite to receiver. We demonstrate how one can find significant discrepancies in ray-traced neutral atmosphere delays, due to reasonable variations in the underlying models. We offer a three part contribution. The first part is the separation of the ray-tracing options into three orthogonal groups: atmospheric source, atmospheric structure, and ray-path model. The second contribution is the systematization of model alternatives within each group, namely, atmospheric sources made of climate models, radiosondes, and numerical weather models; the atmospheric structures called spherical concentric, spherical osculating, ellipsoidal, gradient, and 3d; and the ray-path models bent-3d, bent-2d, straight-line, and zenithal. The third part of this contribution is the experimental comparison of these different models, in which we quantified the resulting discrepancy in terms of delay. Our findings are as follows. (i) Regarding ray-path models, the bent-2d model, albeit not strictly valid in a 3d atmosphere, introduces only negligible errors, compared to the more rigorous bent-3d model (in a 15-km horizontal resolution atmospheric model). Regarding atmospheric structures, we found that (ii) the oblateness of the Earth cannot be neglected when it comes to predicting the neutral atmosphere delay, as demonstrated by the poor results of a spherical concentric atmosphere; (iii) the spherical osculating model is the only one exhibiting azimuthal symmetry; (iv) the oblateness of the Earth is adequately accounted for by a spherical osculating model, as demonstrated by the small discrepancy between a spherical osculating and a more rigorous ellipsoidal model; and (v) a gradient atmosphere helps in accounting for the main trend in azimuthal asymmetry exhibited by a 3d atmosphere, but there remains secondary directions of azimuthal asymmetry that only a full 3d atmosphere is able to capture.



Felipe G. Nievinski
f.nievinski@unb.ca



Marcelo C. Santos
msantos@unb.ca

La façon la plus rigoureuse de quantifier le délai de propagation radioélectrique de l'atmosphère neutre est peut-être celle du tracé du rayon, c'est-à-dire en présumant que le signal est un rayon et en reconstituant son parcours, du satellite au récepteur. Nous démontrons la façon de trouver des écarts importants dans les délais d'atmosphère neutre par tracé de rayon, dus à des variations raisonnables dans les modèles sous-jacents. Nous offrons une contribution en trois parties. La première partie est la division des options de tracé du rayon en trois groupes orthogonaux : la source atmosphérique, la structure atmosphérique et le modèle de parcours des rayons. La deuxième est la systématisation de modèles de remplacement au sein de chaque groupe, notamment les sources atmosphériques constituées de modèles climatiques, de radiosondes et de modèles météorologiques numériques; les structures atmosphériques appelées concentriques sphériques, osculatrices sphériques, ellipsoïdales, gradient, 3d; et les modèles de parcours de rayon fléchi-3d, fléchi-2d, en ligne droite et zénithale. La troisième partie de cette contribution est la comparaison expérimentale de ces trois modèles distincts dans laquelle nous quantifions les écarts qui en résultent en termes de délais. Nos conclusions sont les suivantes : (i) en ce qui a trait aux modèles de parcours de rayon, le modèle fléchi-2d, même s'il n'est pas strictement valide dans une atmosphère 3d, présente uniquement des erreurs négligeables comparativement au modèle fléchi-3d plus rigoureux (dans un modèle atmosphérique de résolution horizontale de 15 km). En ce qui a trait aux structures atmosphériques, nous avons conclu que (ii) l'aplatissement de la Terre ne peut pas être négligé lorsqu'il s'agit de prévoir le délai d'atmosphère neutre, comme le démontrent les résultats mitigés d'une atmosphère concentrique sphérique; (iii) le modèle d'osculatrice sphérique est le seul qui présente une symétrie azimutale; (iv) l'aplatissement de la Terre est correctement pris en compte par un modèle d'osculatrice sphérique, comme le démontre le faible écart entre une osculatrice sphérique et un modèle ellipsoïdal plus rigoureux; et (v) un gradient atmosphérique permet de tenir compte de la tendance principale de l'asymétrie azimutale présentée par une atmosphère 3d, mais il reste des directions secondaires de l'asymétrie azimutale que seule une atmosphère entièrement 3d peut saisir.