

Geniş Ölçekli Pürüzlü Yüzeylerden Saçılım ve Yayınım Problemleri için Hızlı Yöntemler ve Uygulamaları

Vakur B. Ertürk¹, Celal Alp Tunç¹, Satılmış Topçu², Ayhan Altıntaş^{1,2}
Bilkent Üniversitesi

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilkent, Ankara

²İletişim ve Spektrum Yönetimi Araştırma Merkezi (ISYAM), Bilkent, Ankara
altintas@ee.bilkent.edu.tr

Pürüzlü yüzeylerden saçılımın doğru hesaplanması askeri ve ticari uygulamalar için büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden pürüzlü yüzeyler için pek çok integral denklem tabanlı yöntem önerilmiştir. Fakat, doğrusal cebirsel denklem sistemlerinin doğrudan çözümü, N bilinmeyen sayısını göstermek üzere, N^3 düzeyinde bir hesaplama maliyeti ($O(N^3)$) ortaya koyduğundan, tekrarlamalı (iteratif) yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden, durağan (stationary) İleri-Geri Yöntemi (FBM: Forward-Backward Method) mükemmel ve mükemmel olmayan iletken pürüzlü yüzeyler için yaygın olarak kullanılmaktadır ve spektral hızlandırma algoritması ile daha da hızlandırılmıştır (FBSA). FBSA yakınsadığı sürece en hızlı ve doğru çözümü sağlamaktadır ($O(N)$). Fakat, ilgilenilen yüzey kesiti örneğin bir gemi yüzeyi gibi girintili-çukuntulu ise FBM durağan bir yöntem olması sebebiyle başarısız olmaktadır. Bu yüzden, geliştirilmiş FBM (GFBM)'in yansırı, pek çok durağan-olmayan (non-stationary) algoritmalar önerilmiştir. Çünkü durağan-olmayan tekrarlamalı yöntemlerin FBM'in başarısız olduğu pek çok elverişsiz (ill-conditioned) durumda çok daha sağlıklı sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Dielektrik pürüzlü yüzeylerin araştırılması da pek çok gerçek hayat uygulamasını yansıtabilmektedir. Bu yüzeyler, ortamın iletkenliği yüksek olduğunda empedans yüzeyler gibi düşünülebilirler. Fakat, empedans sınır koşulları mikrodalga frekanslarda toprak gibi çoğu yüzeyi modelleyememektedir.

Bu çalışmada, geniş ölçekli mükemmel olmayan iletken ve dielektrik pürüzlü yüzey profilleri üzerinde durağan ve durağan-olmayan tekrarlamalı yöntemlerin uygulamaları sunulmaktadır. Yakınsadıkları sürece FBM ve FBSA elektriksel olarak geniş arazi kesitlerine uygulanmıştır. Bunun yanında, FBSA bir referans çözüm olarak alınarak, en yaygın ampirik yayınım modelleri ile kırınım düzeltme yöntemleri incelenmiştir. Diğer yandan, girintili-çukuntulu pürüzlü yüzey geometrileri genel olarak durağan-olmayan tekrarlamalı yöntemlerle tetkik edilmiştir. Mükemmel olmayan girintili pürüzlü yüzeyler için spektral hızlandırılmalı bi-eşlenik gradyan stabilize yöntemi (SA/Bi-CGSTAB) geliştirilmiştir. Ayrıca, empedans sınır koşullarının kullanılmadığı rasgele dielektrik pürüzlü yüzeyler için FBM ve birkaç durağan-olmayan tekrarlamalı yöntem uygulanmıştır. Bütün yaklaşımların yakınsama, kesinlik ve verimlilikleri sonuçlar geleneksel moment metodu ile karşılaştırılarak incelenmiştir.

GENEL BİLDİRİLER

ALANLAR VE DALGALAR