

Önerilen yöntemin geçerliliği ve isabetliliği; bu yöntemle elde edilen gecikmeli potansiyellerin zaman örnekleri ile, analitik olarak bildiğimiz frekans domenindeki karşılıklarının ters hızlı Fourier dönüşümü ile elde edilmiş zaman örnekleri karşılaştırılarak gösterilmiştir.

2. Gecikmeli Potansiyeller

SWG bazlarının tetrahedral desteklerindeki gecikmeli potansiyeller ile alakalı hacimsel hesaplamalar, [9]-[11] numaralı makalelerde gösterildiği gibi, iki temel değere dayanır: gözlem noktası \mathbf{r} 'den genişleyen hiper-koni ile tetrahedral desteğin kesişimi sonucu ortaya çıkan katı açılı $\Omega(ct)$ ve onun gradyanı $\mathbf{m}(ct)$. Bu değerler analitik olarak elde edildikten sonra, gecikmeli potansiyeller de analitik olarak elde edilir. Gecikmeli potansiyeller, [10]'da şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\varphi_n(ct) = c^2 t \Omega(ct) \quad (1)$$

$$\Psi_2(ct) = c^3 t^2 \mathbf{m}(ct) \quad (2)$$

Bu değerler, $d < ct < R$ aralığı dışında, kesişim olmadığı için 0'dırlar. Belirtilen aralık içinde ise aşağıdaki gibi üçlü toplam ile bulunabilirler:

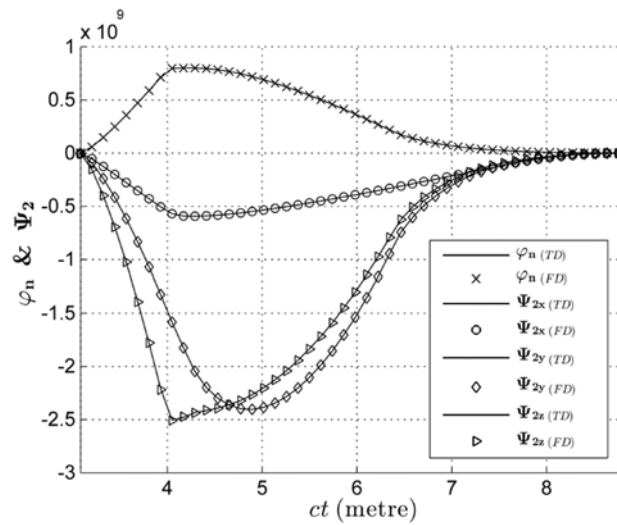
$$\begin{bmatrix} \Omega(ct) \\ \mathbf{m}(ct) \end{bmatrix} = \sum_{k=1}^4 \hat{\mathbf{a}}_k \cdot \hat{\mathbf{n}}_k \sum_{j=1}^3 \hat{\mathbf{P}}_{kj}^0 \cdot \hat{\mathbf{u}}_{kj} \sum_{i=1}^2 \hat{\mathbf{c}}_{kji} \cdot \hat{\mathbf{l}}_{kji} K_{kji} \begin{bmatrix} \Omega_{kji}(ct) \\ \mathbf{m}_{kji}(ct) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Yukarıdaki formülde parametreler Şekil 1'deki gibi tanımlanmışlardır ve [12]'deki notasyona sadık kalınmıştır. Alt indislerden k , SWG desteği tetrahedronun k 'nci yüzü; kj , k 'nci yüzün j 'inci kenarı; kji ise k 'nci yüzün j 'inci kenarının i 'inci köşesidir. $K_{kji} = (-1)^{i-1}$ olarak tanımlanmıştır. Ayrıca her durumda $\hat{\mathbf{c}}_{kji} \cdot \hat{\mathbf{l}}_{kji} > 0$ olmalıdır. Birli/ikili/üçlü alt indisler ile yapılan nokta çarpımları, gözlem noktasının hacimsel/alansal/çizgisel barisentrik koordinatlarının işaretlerine denk gelmektedirler.

Dikkat edecek olursanız, kji 'inci gözlem tetrahedronu için $\Omega_{kji}(ct)$ (ve $\mathbf{m}_{kji}(ct)$); merkezi ve tepe noktası, gözlem noktası \mathbf{r} 'ye denk gelen küresel ve konik katı açılarını (ve gradyanlarının) farkına denk gelmektedir. Koninin tabanı, gözlem tetrahedronunun ilgili olduğu yüz üzerindedir (Şekil 1'deki gri üçgen).

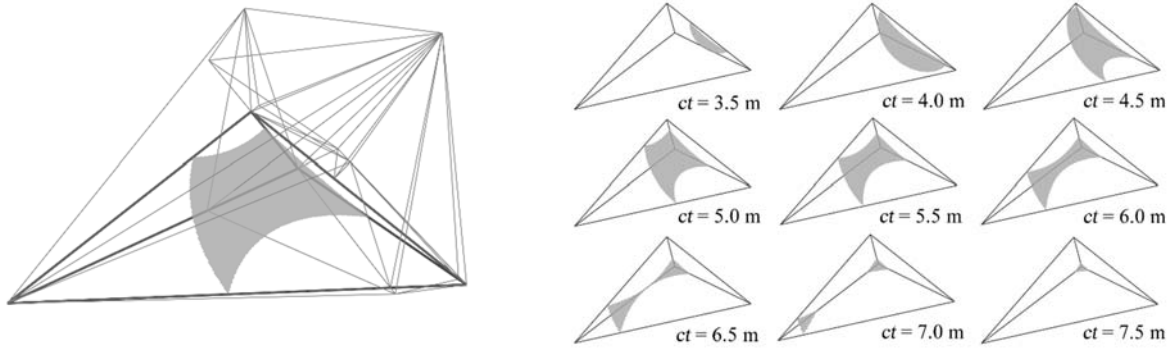
3. Nümerik Sonuçlar

$\varphi_n(ct)$ ve $\Psi_2(ct)$, yardımcı skaler ve vektör fonksiyonlarının değerleri; köşe koordinatları $(5, -1, 0)$, $(-5, -1, 0)$, $(0, 5, 0)$, ve $(0, 0, 3)$ olan bir tetrahedron için, gözlem noktası $(1, 4, 4)$ seçilmiş ve $\Delta t = 0.403 \text{ ns}$ aralıklarla örneklemeler yapılmıştır.



Şekil 2: $\varphi_n(ct)$ fonksiyonu ve $\Psi_2(ct)$ fonksiyonunun x-, y-, z- değerleri için zaman örnekleri. (TD: önerilen metod ile bulunan değerler, FD: frekans domeninden hesaplanan değerler).

Şekil 2'de, $\varphi_n(ct)$ ve $\Psi_2(ct)$ fonksiyonlarının önerilen metodla elde edilen örnekleri ile frekans domenindeki değerlerin ters hızlı Fourier transformu ile elde edilen örneklerin karşılaştırması bulunmaktadır. Tüm sonuçlar mükemmel bir uyum sergilemektedirler. Dikkat edecek olursanız, $\varphi_n(ct)$ ve $\Psi_2(ct)$ fonksiyonlarının değerleri, $d < ct < R$ aralığı dışında 0'dır, çünkü bu aralıklar dışında hiper-koni ile tetrahedron arasında bir kesişme bulunmamaktadır. Şekil 3'te, solda $ct = 5 m$ olduğundaki kesişim alanı ve 24 adet gözlem tetrahedronunun sınırları, sağında ise çeşitli zaman aralıklarında tetrahedron içinde kalan küre yüzeyi gösterilmiştir. Farkındaysanız sol kısımdaki gözlem tetrahedronlarında gözlem noktası r bariz bir şekilde belli olmaktadır, çünkü tüm gözlem tetrahedronlarının bir köşesi, gözlem noktası r 'ye denk gelmektedir.



Şekil 3: Şekil 2'deki tetrahedron için; solda $ct = 5 m$ anındaki kesişim yüzeyi ve tüm gözlem tetrahedronları, sağda ise $0.5 m$ aralıklarla kesişim yüzeyleri bulunmaktadır.

Kaynaklar

- [1]. D. Bolukbas ve A. A. Ergin, "A Radon transformation interpretation of the physical optics integral," Microw. Opt. Technol. Lett., cilt.44, s.284-288, Şubat 2005.
- [2]. S. Karaca ve A. A. Ergin, "Closed-form time domain PO expressions of the electric field scattered from PEC objects illuminated by an electric dipole," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.63, no.10, s.4477-4485, Ekim 2015.
- [3]. H. A. Ülkü ve A. A. Ergin, "Radon transform interpretation of the physical optics integral and application to near and far field acoustic scattering problems," Proc. 2010, IEEE AP-S Int. Symp., Toronto, ON, Kanada, s.1-4, 11-17 Temmuz 2010.
- [4]. A. C. Yücel ve A. A. Ergin, "Exact evaluation of retarded-time potential integrals for the RWG bases," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.54, no.5, s.1496-1502, Mayıs 2006.
- [5]. H. A. Ülkü ve A. A. Ergin, "Analytical evaluation of transient magnetic fields due to RWG current bases," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.55, no.12, s.3565-3575, Aralık 2007.
- [6]. H. A. Ülkü ve A. A. Ergin, "Application of analytical retarded-time potential expressions to the solution of time domain integral equations," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.59, no.11, s.4123-4131, Kasım 2011.
- [7]. H. A. Ülkü, H. Bağcı, ve E. Michielssen, "Marching on-in-time solution of the time domain magnetic field integral equation using a predictor-corrector scheme," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.61, no.8, s.4120-4131, Aralık 2013.
- [8]. D. H. Schaubert, D. R. Wilton, ve A. W. Glisson, "A tetrahedral modeling method for electromagnetic scattering by arbitrarily shaped inhomogeneous dielectric bodies," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.32, no.1, s.77-85, Ocak 1984.
- [9]. H. A. Ülkü, A. A. Ergin, ve F. Dikmen, "On the evaluation of retarded-time potential integrals for the SWG bases," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., cilt.10, s.187-190, 2011.
- [10]. F. Dikmen, "On analytical evaluation of retarded-time potentials for SWG bases," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.62, no.9, s.4860-4863, Eylül 2014.
- [11]. F. Dikmen, M. Akkuş, ve H.A.Ülkü, "Correction to on analytical evaluation of retarded-time potentials for SWG bases," IEEE Trans. Antennas Propag., henüz yayınlanmadı.
- [12]. D. Wilton, S. Rao, A. Glisson, D. Schaubert, O. Al-Bundak, ve C. Butler, "Potential integrals for uniform and linear source distributions on polygonal and polyhedral domains," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt. AP-32, no.3, s.276-281, Mart 1984.