

Gelecek Nesil Hesaplama ve Ekranlar için Kırınımsal Optik İşlemciler ve Elektromanyetik Alan Sentezi

Onur Külçe

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara
onurkulce@ee.hacettepe.edu.tr

Özet

Klasik optik görüntüleme ve ekran teknolojileri, analiz ve hesaplama kolaylığı sağlaması adına uzun yıllardır büyük ölçüde skaler dalga teorisi ve paraksiyel (yakın eksenli) yaklaşımlar altında modellenmiştir. Ancak günümüzde, geniş görüş açılı (*wide-viewing-angle*) holografik üç boyutlu televizyonlar (3DTV), artırılmış ve sanal gerçeklik (AR/VR) sistemleri ile *head-up display* (HUD) gibi yeni nesil ekran teknolojileri, paraksiyel sınırların ötesinde geniş açılı dalga yayılımlarını zorunlu kılmaktadır. Benzer şekilde, yapay zekâ ve derin öğrenme modellerinin donanımsal hızlandırma ihtiyaçları, hesaplamayı ışık hızında ve sıfıra yakın enerji tüketimiyle gerçekleştirebilen kırınımsal optik ağlara ve tüm-optik işlemciler (*all-optical processors*) olan ilgiyi artırmıştır.

Bu konuşmada, skaler dalga teorisinden elektromanyetik dalga teorisine geçişte paraksiyel olmayan geniş açılı alanlarda karşılaşılan kısıtlamalar ve bu kısıtlamaların sinyaller ve sistemler (*signals and systems*) çerçevesinde nicel olarak nasıl analiz edilebileceği ele alınacaktır. Klasik eşlemelerde, ihmal edilen boylamsal (*longitudinal*) elektrik alan bileşeni nedeniyle geniş açılarda ortaya çıkan yüksek frekans gürültüleri ve aşırı güç spektrumu sapmaları, geliştirilen ters filtreleme (*inverse filtering*) ve güç spektrumu eşitleme yöntemleriyle sistemli bir şekilde giderilmektedir. Geliştirilen “koordinat çerçevesi dönüşümü ve lokal polarizasyon kısıtı” algoritmaları, geniş görüş açılı holografik ekranlarda gözlemcinin farklı açılardan paraksiyel olmayan segmentleri hatasız ve istenen polarizasyon durumunu koruyarak yakalamasını mümkün kılmaktadır.

Konuşmanın ikinci bölümünde ise, uzamsal olarak tasarlanan kırınımsal yüzeylerin (*diffractive surfaces*) tüm-optik doğrusal dönüşüm (*linear transform*) işlemcileri olarak kullanımı sunulacaktır. Kırınımsal sinir ağlarının (*diffractive neural networks*) bilgi işleme kapasitesi doğrusal cebir yaklaşımlarıyla incelenecek; hem veri-bağımsız matris geliştirilmiş tersi yöntemleri hem de derin öğrenme tabanlı optimizasyon stratejileri karşılaştırmalı olarak tartışılacaktır. Çok katmanlı (derin) kırınımsal mimarilerin, tek katmanlı geniş yapılarla kıyasla doğrusal dönüşüm doğruluğu, genelleme yeteneği ve kırınım verimliliği (*diffraction efficiency*) açısından sunduğu derinlik avantajları (*depth advantages*) teorik ve nümerik simülasyon sonuçlarıyla ortaya konulacaktır.

Sonuç olarak, elektromanyetik alan sentezi ile derin öğrenme tabanlı kırınımsal işlemci tasarımlarının birleşimi, gelecek nesil hesaplama ve ekran teknolojilerinin optik donanım altyapısını şekillendirmektedir. Gelecek perspektifinde ise bu yaklaşımlar, hesaplamalı optik (*computational optics*) ve hesaplamalı görüntüleme (*computational imaging*) prensipleri doğrultusunda yeniden ele alınacaktır. Geliştirilen kırınımsal mimariler, dinamik ışık kontrolü sağlayan uyarlabilir optik (*adaptive optics*) sistemleriyle entegre edilerek; faz bozulmalarına karşı dirençli, yüksek verimli ve ölçeklenebilir optik hesaplama (*optical computing*) platformlarının önünü açacaktır. Bu entegrasyon, fiziksel dünya ile algoritmik hesaplamayı fotonik evrende birleştiren işlemcilerin öncülü olmaya güçlü bir adaydır.