

# Yüzeş dalgalı YF / ÇYF radarları ve Tümleşik gözetleme sistemlerinin Türkiye'de kullanım alanları

Levent Sevgi  
Doğuş Üniversitesi  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Zeamet Sok. No.21, Acıbadem, Kadıköy, İstanbul  
lsevgi @dogus.edu.tr

**Özet:** *Bu sunumda yüzeş dalgalı yüksek frekans (YF) ve çok yüksek frekans (ÇYF) radarları, bu radarlara dayalı tümleşik gözetleme sistemleri ve Türkiye'de askeri ve sivil alanlarda kullanım alanları konusu ele alınacaktır. Bu bağlamda, bu yazıda, yurt içinde ve dışında son yıllarda yapılan çalışmalar özetlenmiştir.*

## 1. Giriş

Yüksek frekans (YF) ve Çok Yüksek Frekans (ÇYF) radarlarına Türkiye'de duyulan ilgi Deniz Kuvvetleri için tümleşik deniz gözetleme sistemleri çalışmalarıyla başlamıştır [1]. Profil bilgisi ve ters yapay açıklık prensibinden yararlanarak hedef sınıflama yetenekleriyle donatılmış kara ve hava platformlarında konuşlanmış mikrodalga radarlarının temel algılayıcılar olarak kullanıldığı böyle bir sistem Deniz Kuvvetleri için İTÜV-SAM [2] tarafından 1992-1997 yılları arasında tasarlanmıştır. Bu tarihten sonra sistem kurulum çalışmaları Deniz Kuvvetleri ARMERKOM (Araştırma Merkez Komutanlığı) tarafından devralınarak sürdürülmektedir.

Yüzeş dalgalı YF radarları Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı'nca Türk Boğazlarında kurulmakta olan Gemi Trafik Yönetim Bilgi Sistemi (GTYS) projesi kapsamında da ele alınmıştır [3]. Her iki proje kapsamında da yüzeş dalgalı YF radarlarına ait çalışmalar uluslararası literatürde geniş biçimde yer almıştır. Bunlar arasında sistem geliştirme çalışmaları [4-7], propagasyon etütleri ve modelleri [8-23], radar saçılma yüzeyi (RSY) analizleri ve anten sistemlerinin tasarımları [24-29], radarlar ve işaret işleme tekniklerine ait araştırma ve uygulamalar [30-35], ve çevre gürültüsü ve spektrum doluluk ölçmeleri [36-37] sayılabilir.

Yeni tip YF ve ÇYF radarları değişik ülkelerde geliştirilmekte, ulusal savunma ve sivil gözetleme sistemlerinde yer almaktadır. Bu sunumda bu radarların özellikle Türkiye'de kullanım alanları sıralanacak, ve bu radarların güncel durumları, süren araştırmalar, yaşanan sıkıntılar ve çözüm bekleyen problemler ele alınacaktır.

## 2. Yeni Tip YF ve ÇYF Radarları

Günümüz gözetleme, kontrol, erken uyarı gibi elektronik sistemlerinin temel taşı amaca uygun seçilecek olan radarlardır. Kullandığı dalga cinsi, frekansı yada diğer parametreleri ne olursa olsun her radar değişik fiziksel temellere sahiptir. Örneğin, toprak altında yüzeşden birkaç cm derinliğe gömülen nesnelere algılamak için kullanılan sistem ile, yerin onlarca metre altında gömülü taktik-balistik füzeleri, nükleer silahları yada binaları saptamak, tünelleri bulmak için kullanılacak sistem çok farklı olacaktır. Benzer şekilde, iki vadi arasındaki sınır boyunu gündüz yada gece sürekli gözetlemek için düşünülen sistem ile karasularımızı ve 200 deniz miline dek uzanan uluslararası sulardaki haklarımızı gözetmek için kullanılacak sistem birbirine hiç benzemeyebilecektir.

1970'li yıllara gelindiğinde YF (3-30 MHz) ve ÇYF (30-300 MHz) frekanslarını kullanan elektronik sistemlere "eski teknolojiler" ve mikrodalga frekanslarını (yaklaşık 1GHz ve üstü) kullanan sistemlere "yeni teknolojiler" denmekteydi. Mikrodalga haberleşme sistemleri, mikrodalga radarları, uydu verici ve terminallerinin yaygınlaşmaya başlaması teknolojinin buna ayak uydurmasını zorlamaktaydı. Aradan geçen otuz yıla yakın sürede mikrodalga teknolojisi gelişti, oturdu ve elektronik sistemlerin vazgeçilmezleri arasında yerini aldı. Son on yılda, özellikle radar sistemleri açısından "eski ve yeni teknolojiler" deyimleri yer değiştirir gibi oldu. Bunun en önemli nedeni yüksek kapasite ve hızlı bilgisayarların kullanımı ve radar işaret işleme tekniklerindeki gelişmeler sonucu YF ve ÇYF radarlarının önem kazanmaya başlamaları oldu [5-7].

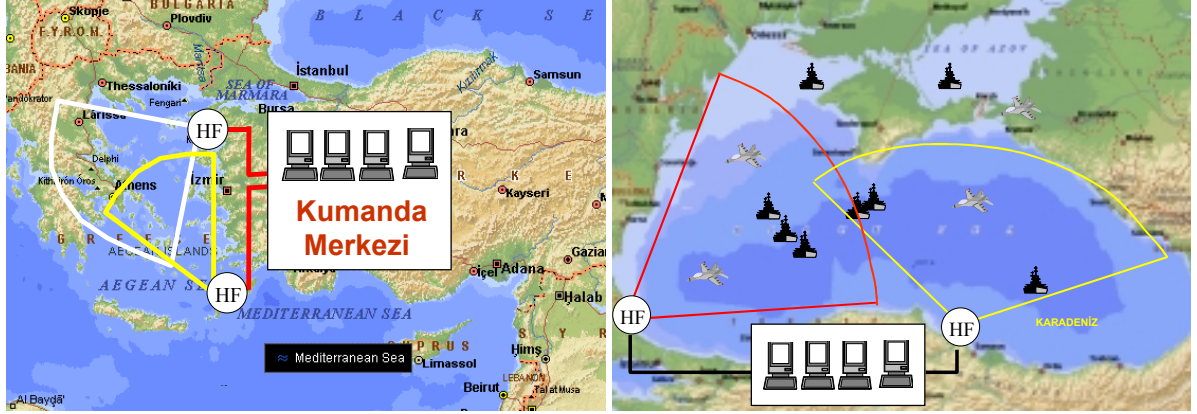
Mikrodalga radarlarının kullanımı ufuk hattıyla sınırlıdır. Bu nedenle, örneğin zeminden 40-50 m yüksek bir platformda bile görüş alanı 40 km'yi geçmez. Daha geniş bölgeleri kapsayabilmek için mikrodalga radarları ya hava platformlarına ya da çok yüksek tepelere konuşlandırılır. YF/ÇYF frekanslarını kullanan radarlar uzak mesafeleri ve geniş bölgeleri kapsayabilen algılayıcılarıdır. Özellikle YF frekanslı dalgalar *ufuk hattının* ötesine ulaşabildiklerinden deniz gözetleme sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmışlardır. Yer dalgalarıyla 500 km'ye gök dalgalarıyla ise binlerce km'ye ulaşabilmeleri olasıdır. ÇYF frekanslı algılayıcılarla daha dar bölgelerde gözetleme ve algılama yapılabilir. Ayrıca ÇYF radarları yüzeşde bitki örtüsü altında örtülmüş yada gizlenmiş nesnelere havadan (uçak yada uydudan) saptanmasında kullanılmaktadır.

Mayın, sığınak gibi gömülü nesnelerin saptanmasında değişik algılayıcılar kullanılmaktadır. Örneğin, yüzeye yakın gömülü nesnelerin saptanmasında mikrodalga algılayıcıları kullanılır. Daha derinlerde gömülü (cephane, sığınak, vb) nesnelerin algılanması için YF ya da ÇYF frekanslı algılayıcılar kullanılmak zorundadır. Frekans arttıkça kayıplı zemine elektromanyetik enerjinin nüfuz etmesi zorlaşır ve nüfuz derinliği azalır. Bu nedenle, hangi zeminde ne kadar derinlikteki nesnelerin algılanacağına bağlı olarak algılayıcı tipi değişir.

Alt HF frekanslarını (3-10 MHz) kullanan yer dalgalı YF radarları değişik amaçlarla yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Gök dalgalı YF radarlarına göre hem kurulumu hem de işletimi son derece ucuz olan yer dalgalı YF radarları ile hem gözetleme, hem kontrol hem de oşinografik bilgi elde etmek olasıdır. Örneğin, Kanada Donanması Kanada hükümeti ve Raytheon Kanada firmasının yaklaşık on yıldır ortaklaşa sürdürdükleri çalışmalar sonucu geliştirilen ve denenilen iki radarlı sistemi yakın zaman önce ulusal sistemine katmış ve kullanmaya başlamıştır [4,5]. Avrupa Birliği üye ülkelerinden Almanya, Norveç, İngiltere ve İspanya'nın birlikte yürüttüğü önemli bir çalışma olan EuroROSE (European Radar Ocean Sensing) projesinde ise yine yer dalgalı YF radarlarından küçük ve orta ölçekte kapsamlar için kullanılan Codar ve Wera sistemleri [38] başarıyla denenmektedir. Bu sistemlerle, örneğin Kanada hükümeti Atlas okyanusunda zengin petrol yataklarının bulunduğu Terra Nova bölgesindeki dev petrol platformları için tehdit oluşturan kuzey buzullarını gözetlemekte hem de savunmasını güçlendirmektedir. Norveç hükümeti benzer amaçlarla batı kıyılarında bir YF radarı kullanmaktadır. İspanya oşinografik amaçlı bir YF radarını yine EuroROSE projesi çerçevesinde denemektedir. Almanya, deniz ticaretinin önemli bir yükünü taşıyan Hamburg limanı çevresinde hem oşinografik hem de deniz trafiğinin kontrolü amaçlarıyla YF radarları kullanmaktadır. ABD'de Teksas A&M Üniversitesi öncülüğünde Teksas kıyıları ve körfezi, fırtına, dalga yüksekliği, akıntı yönleri, vb. açılarından orta düzeyde mobil YF radarlarıyla sürekli denetlenmektedir. Avustralya, Yeni Zelanda, Hong Kong ve Singapur'da da benzer çalışmalar yer almaktadır.

### 3. Türkiye'de Kullanım Alanları

Yeni tip radarlar yüksek teknolojiye mahkum olmadan sahip olunabilecek sistemlerdir. Türkiye gibi ülkelerde geliştirilmesi, üretilmesi ve yaygın kullanımı söz konusudur. Gerek savunma anlamında, gerekse kıyılarımızda kaçak göçmen, kaçak balıkçılık, Boğazlara giriş/çıkışların ve çevrenin kontrolü, vb. gibi amaçlarla yeni tip radarlar kullanılabilir. Ayrıca, oşinografik veri toplama amacıyla da kullanılabilen en önemli algılayıcılar bu tip radarlardır. Bu anlamda iki tip senaryo Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. İki adet yüzey dalgalı HF radarı ile kıyılarımızın gözetlenmesi

Yüzey dalgalı YF radarları 500 km'ye dek uzanan menzilleri ve 100-120 dereceye varan açısall kapsama özellikleriyle üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye'nin, özellikle su-üstü ve alçak irtifa hedefleri için hem ekonomik hem de kullanışlı sistemlerdir. Ancak, bu tip radarların kullanımı sadece bunlarla sınırlı değildir. YF bölgesinde değişik frekanslar kullanılarak daha küçük sistemler, örneğin Çanakkale ve İstanbul Boğazlarının girişlerini kontrol etmede etkin biçimde kullanılabilir. Deniz taşımacılığında yükleme/boşaltma hareketlerinin yoğun olduğu İzmir, İskenderun gibi limanların kontrolünde görev verilebilir. Türk Boğazları için kurulan GTYBS ile bütünleştirilerek kullanılacak kısa menzilli ve dar kapsamlı YF ve/veya ÇYF radarları ikincil sensörler olarak sisteme büyük fayda sağlayabilir.

Yine yüzey dalgalı YF radarları ile Türkiye için kritik bölgede bulunan Kıbrıs adası tamamen ve kesintisiz gözetlenebilme olanağına kavuşabilir. Benzer şekilde Ege denizinde irili ufaklı adalar nedeniyle performansı oldukça tartışılacak olan yüzey dalgalı YF radarlarına dayalı sistem biri Girit bölgesinden girişi, diğeri Çanakkale'den çıkışı kontrol edecek iki radarla yer değiştirebilir. YF ve ÇYF Ege denizinde, hatta Akdeniz açıklarında su-üstü platformlarında kullanılabilir. Bu sayede operasyon bölgesi istendiğinde kolayca değiştirilebilir.

Yeni tip YF ve ÇYF radarlar mevcut ticari teknoloji ve düzenlerle hemen kurulabilecek sistemlerdir. Buna karşın sistemler etkin ve akıllı yazılımlara gereksinir. Çevre gürültüsünün fazla olduğu, yoğun kullanımı olan YF bölgesinde radarlarda işaret işlemenin tüm incelikleri kullanılmak zorundadır. Bu sistemlerde halen çözüm bekleyen önemli sorunların başında

- İyonosferden gelen istenmeyen işaretler ve etkiler (iyonosfer kargaşası)
- İşaretten genelde 20-30 dB daha yüksek seviyelerde olan Deniz kargaşası
- Çevre gürültüsü

sayılabılır. Her biri doğrusal ve homojen olmayan, zamanla değişen ve stokastik özellikler içeren bu problemlerin basit işaret işleme algoritmalarına dayalı yazılımlarla çözülmesini beklemek hayalden öte bir şey değildir. Henüz bu işaretlerin davranışları gerçeğe yakın biçimde modellenememektedir. Örneğin, deniz kargaşasının yüksek deniz durumlarında kullanılabilir model henüz bulunamamıştır. Yine iyonosfer tabakasının yer yüzü konumuna göre davranışları, kısa, orta ve uzun dönemli hareketlilikleri kestirilememektedir. Bu nedenle, bu ortamlardan gelen işaretlerin etkilerinden kurtulabilmek ve bu işaretleri süzgebilmek için sürdürülen çabalar henüz akademik düzeyde kalmakta ve uygulanmamaktadır. Yine de bu radarlar tümleşik gözetleme sistemlerinin önemli unsurları arasına girmiştir.

## 9. Sonuçlar ve Değerlendirme

Türkiye, bugün için yeni tipte YF ve ÇYF radarlarını üretebilecek güçtedir. Bu amaçla gerekli birikim mevcuttur. Yeni tip radarların olumlu olumsuz tüm yönleriyle doğru değerlendirilmesi ve kullanım alanları oldukça yaygın olan bu radarların üretilmesi bu birikimlerini ne derece doğru kullandığına bağlıdır. Bir iki yıl içerisinde tüm altyapı çalışmalarının tamamlanıp, ARGE çalışmalarından üretime ve testlere geçebilmek söz konusudur. 2000 yılında TÜBİTAK-MAM'da bu amaçlarla başlatılan çalışmalar sürdürülecek ve bu sistemlerin ulusal emek ile kurulması gerçekleştirilecektir.

## 10. Kaynaklar

- [1] N. Ince, E. Topuz, E. Panayirci, C. Isik. Principles of Integrated Maritime Surveillance Systems. Kluwer Academic, Boston, 2000
- [2] Uzun Ufuk Proje Ofisi, İTÜV-SAM, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı, Savunma Araştırmaları Merkezi, Dz.H.H., Tuzla
- [3] TURBO Proje Ofisi, İTÜV-SAM, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı, Savunma Araştırmaları Merkezi, Moda, Kadıköy
- [4] L. Sevgi, A. M. Ponsford, H.C. Chan, "An Integrated Maritime Surveillance System Based on Surface Wave HF Radars, Part I – Theoretical Background and Numerical Simulations", IEEE Antennas and Propagation Magazine, V.43, N.4, pp.28-43, Aug. 2001
- [5] A. M. Ponsford, L. Sevgi, H.C. Chan, "An Integrated Maritime Surveillance System Based on Surface Wave HF Radars, Part II – Operational Status and System Performance", IEEE Antennas and Propagation Magazine, V.43., N.5, pp.52-63, Oct. 2001
- [6] L. Sevgi, "Yüzey dalgalı HF radarlarına dayalı tümleşik gözetleme sistemleri", SIU99, Sinyal işleme ve uygulamaları kurultayı, 16-19 Haziran 1999, Ankara
- [7] L. Sevgi, A. M. Ponsford "Multi-Sensor Integrated Maritime Surveillance systems", (tutorial presentation) CSCC'99, The 3<sup>rd</sup> IMACS - IEEE International Multi-Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers, July 4-8, 1999, Athens, Greece
- [8] M. O. Ozyalcın, F. Akleman & L. Sevgi, "A Novel TLM Based Time Domain Wave Propagator", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, (scheduled for publication), July 2003
- [9] F. Akleman & L. Sevgi, "Realistic Surface Modeling in a Time-domain Wave Propagator", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, (scheduled for publication), June 2003
- [10] F. Akleman, M. O. Özyalçın & L. Sevgi, "Novel Time Domain Wave Propagators for Wireless Communication Systems", Special issue of ELEKTRİK, Turkish J. of Electrical Engineering and Computer Sciences, Vol. 10, No.2, pp.411-426, Feb 2002
- [11] L. Sevgi, F. Akleman & L. B. Felsen, "Ground Wave Propagation Modelling: Problem-matched Analytical Formulations and Direct Numerical Techniques", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 44, No.1, pp.55-75, Feb. 2002
- [12] F. Akleman, M. O. Ozyalcın & L. Sevgi, "Time Domain Ground Wave Propagators based on FDTD and TLM Techniques", CEM-TD, Proc. of 4<sup>th</sup> Int. Workshop on CEM in the Time Domain – FDTD, TLM and Related Techniques, pp.97-104, Sep 16-19, 2001, Nottingham, UK
- [13] F. Akleman & L. Sevgi, "Ground Wave Propagation Over non-homogeneous Earth", Proc. of PIERS 2001, pp. 686, July 18-22, 2001 Osaka, Japan

- [14] F. Akleman & L. Sevgi, "Modeling of Wave Propagator with a Finite-Difference Time-Domain Propagator", Proc. of URSI 2001, Canada
- [15] F. Akleman & L. Sevgi, "Time and Frequency Domain Wave Propagators", ACES Journal, Special Issue on Computational Electromagnetic Techniques in Mobile Wireless Communication, Vol. 15, n.3, pp.186-208, 2000
- [16] F. Akleman & L. Sevgi, "A Novel Finite Difference Time Domain Wave Propagator", IEEE Antennas and Propagat., Vol. 48, No 5, pp.839-841, May 2000
- [17] F. Akleman & L. Sevgi, "Time and Frequency Domain Propagation Models in the Lower and Middle Atmosphere", 10<sup>th</sup> ISEDAC Symposium, May 18-24, 2000, Antalya
- [18] F. Akleman & L. Sevgi, "Stochastic Modeling of Tropospheric Wave Propagation", URSI, XXVIth General Assembly, Aug.13-21, 1999, Toronto, Canada (*Young Scientist Award for Funda Akleman*)
- [19] L. Sevgi & A. M. Ponsford, "Propagation and Interference Characteristics of Surface Wave HF Radars", URSI, XXVIth General Assembly, Aug.13-21, 1999, Toronto, Canada
- [20] L. Sevgi & L. B. Felsen, "A new Algorithm for Ground Wave Propagation Based on a Hybrid Ray-Mode Approach", Int. J. of Numerical Modeling, Vol.11, No 2, pp.87-103, March 1998
- [21] L. Sevgi & S. Paker, "Comparisons of Wait and Norton Formulations with Parabolic Equation Method in Ground Wave Propagation", ELEKTRIK, Turkish J. of Electronics and Communication, Vol.5, No.2, pp.233-245, 1997
- [22] L. Sevgi, E. Topuz & E. Panayirci "HF-VHF Surface Wave Propagation over mixed- paths", Proc. of ICT'96 International Conference on Telecommunications, V.2, pp.713-717, April 13-17, Istanbul, Turkey
- [23] L. Sevgi "Split Step Parabolic Equation Solutions in Surface Duct-to-Elevated Duct Transition", Turkish J. of Physics, Volume 19, No 3, pp. 541-551, March 1995
- [24] L. Sevgi, "Target Reflectivity and RCS Interaction in Integrated Maritime Surveillance Systems Based on Surface Wave HF Radar Radars", IEEE Antennas and Propagation Magazine, V.43, N.1, pp. 36-51, Feb. 2001
- [25] F. Akleman, M. O. Ozyalcin & L. Sevgi, " Comparison of TLM and FDTD Techniques in RCS Simulation and Antenna Modelling", Proc. Of AP 2000 (ICAP + JINA) Millenium Conference on Antennas and Propagation, 9-14 April 2000, Davos, Switzerland
- [26] F. Akleman, M. O. Ozyalcin & L. Sevgi "Radar Cross Section Modeling and Stealth Target Design", 1999 Symposium on Aeronautics and Astronautics Defense Technologies", Turkish Airforce Academy, 34807, April 1999, Yesilyurt / Istanbul Turkey
- [27] L. Sevgi, "HF Wire Antenna Array Design via FDTD and MoM Techniques", Proc. of EEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 7-12, (ISBN: 0-7803-5579-2)i May 9-12, 1999, Alberta, Canada
- [28] F. Akleman & L. Sevgi, "Radar Cross Section and Antenna Modeling with FDTD Method", Proc. of JINA'98, 10th Int. Symposium on Antennas, November 17-19, 1998, France
- [29] L. Sevgi & S. Paker, "FDTD Based RCS Calculations and Antenna Simulations", AEU, International J. of Electronics and Commun., Vol.52, No.2, pp.65-75, March 1998
- [30] L. Sevgi, "Stochastic Modeling of Target Detection and Tracking in Surface Wave High Frequency Radars", Int. J. of Numerical Modeling Vol. 11, No 3, pp.167-181, May 1998
- [31] L. Sevgi & A. S. Sanal "Surface Wave HF Radar Simulator", Proc. of IEE Radar 97 Conference, 14 - 16 October 1997, Edinburgh, UK
- [32] F. Akleman & L. Sevgi, "Algılayıcılar ve işaret işleme: Propagasyon Modelleme ve işaret kestirimi", SIU2000, Sinyal işleme ve uygulamaları kurultayı, sf.209-214, 12-14 Haziran 2000, Antalya
- [33] Y. Bahadırlar & L. Sevgi, "Algılayıcılar ve işaret işleme: Elektronik demet oluşturma ve yön bulma", SIU2000, Sinyal işleme ve uygulamaları kurultayı, sf.215-220, 12-14 Haziran 2000, Antalya
- [34] S. Ture & L. Sevgi, "Stochastic Modeling and Spectral Estimation Techniques in SW-HF Radars", Proc. of ICT'96 Int. Conference on Telecommunications, V.2, pp.524-527, April 13-17, Istanbul, Turkey
- [35] L. Sevgi, E. Topuz & E. Panayirci, "Stochastic Modeling of Target Detection in Surface Wave HF Radars", Proc. of 5th Int. Conf. on Advances in Comm. and Control, June 26-30 1995, Chania, Greece
- [36] L. Sevgi & C. Isik, "Signal-Noise Measurements and Their Statistical Evaluation in HF Band", SIU97, Sinyal işleme ve uygulamaları kurultayı, sf. 215-218, 1-3 Mayıs 1997, Kusadasi
- [37] C. Isik & L. Sevgi, "Electromagnetic Interference Measurements and Spectral Occupancy Evaluations in HF Frequency Band", SIU97, Sinyal işleme ve uygulamaları kurultayı, sf. 234-237, 1-3 Mayıs 1997, Kusadasi
- [38] H. Gunther, et all, "The EuroROSE Project", Proceedings of the 16th International Conference of the American Meteorological Society on "Interactive Information and Processing Systems (IIPS) for Metereology, Oceanography and Hydrology", California, USA, pp 214...217, 9.-14. January 2000