

## Havacılık Elektroniği - 3

## 1.Gözetim (ing.Surveillance) Sistemleri

## 7.1 Radar ( ing.RadioDetectionandRanging ) Sistemleri

Temeli Maxwell ve Hertz denklemleriyle modellenen radyo dalgalarının objelere çarpıp geri yansıma özelliğinden hareketle tasarlanan, ana çalışma prensibi hedeften yansıyan dalga'nın geri geliş süresinin hesaplanmasına dayanan ve ilk olarak hedeflerin varlığı ile mesafesini tespit amacıyla geliştirilen radar sistemleri, günümüz havacılık sistemlerinde gerek hava gerekse yer trafiğini düzenlemek için kullanılmakta olup, taşıtların pozisyonlarına ilişkin vermiş oldukları mesafe, istikamet, yükseklik, kimlik vb bilgilerine ek olarak entegre edildiği/edilebileceği diğer havacılık/havacılık bilgi sistemlerine dair bilgileri de verebildikleri için, hava-yer sahasının etkin, hassas ve güvenilir gözetimini sağlamak üzere hava trafik kontrolörlerine vazgeçilmez bir şekilde kullanılan radyo seyrüsefer yardımcılarınıdır. [ATSEP Gözetim Sistemleri, s:5-6, Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:31 ; ATS Gözetim, SOYERTEM, s:2; Unvan Değişikliği Sınavı Ders Notu, DHMİ; s:3 ]

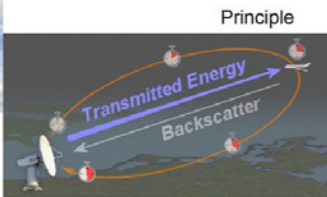
Kullanım amaçları açısından farklılık gösteren çeşitli radar sistemleri bulunmaktadır.

## 7.1.1 Birincil Gözetleme Radarı ( ing.Primary Surveillance Radar - PSR )

Birincil gözetleme maksatlı kullanılan radardır. Elde edilen display görüntüsünde uçağın gerçek ya da gerçeğe çok yakın pozisyonu mevcuttur. Bu bakımdan gerek sivil gerekse askeri radarların temel olduğu söylenilebilir.

PSR uygulamasında uçak üzerinde herhangi bir ekipmana ihtiyaç duyulmaz. Kendi etrafında 360 derece dönebilen anten vasıtasıyla havaya yüksek hızla gönderilen radyo dalgaları, karşılaştığı yeterli büyüklükteki herhangi bir objeden ( hedef ) geri yansır ve geri yansıyan işaret anten alıcısı tarafından alınarak işlenir. Işık hızında hareket eden radyo dalgalarının hedeften yansıyarak geri dönüş zamanı tespit edildiğinde, radardan hedefe olan mesafe; ışık hızı ile bu sürenin çarpımının yansıma eşit olacaktır. Hareketli hedeflerde yönün tespiti, antenin her bir devrinde hedefin pozisyonunun yenilenmesiyle sağlanır. Hedef yüzeyi ne kadar büyük ve düz ise radar performansı o kadar iyi olacaktır.

Uzun menzilli PSR radarların verici çalışma frekansı 1300 MHz ve verici güçleri 1-2 MW, orta menzilli PSR'ların ise verici çalışma frekansı 3 GHz ve verici güçleri birkaç yüz KW civarındadır. Verici gücüne bağlı olarak değişmekle beraber, yatayda yaklaşık 80-200 NM, düşeyde yaklaşık 50.000-80.000 fitlik bir menzilde, yerden itibaren 45 dereceye kadar olan uçaklar PSR tarafından algılanabilir. Menzil irtifaya bağlıdır. Kararlı olmalarından dolayı hata toleransları oldukça düşüktür. (Mesafe için 0,1-0,2 NM, yön için 1 dereceden daha az) Bu radarlar ile büyük-küçük tüm hava araçlarının mesafeleri saptanabildiği gibi, sağanak yağışlar ve kuş sürüleri de belirlenebilir. Ancak PSR lerde oluşacak sessizlik konisi nedeniyle dikeyde 45 derecede yayın yapılamaz, ayrıca irtifa bilgisi PSR lerden alınmaz. Aynı zamanda PSR radarlar, uçak kimliği hakkında herhangi bir bilgi vermez.



\* Şekil-1: PSR Sistemi

Antenin bir dakikada attığı tur sayısı, antenin dönüş hızı ( ing.Rotation perminute-RPM ) olup, bu hız antenin tarayacağı alan büyüklüğüne göre ayarlanır.

Anten, taranacak alan büyük ise yavaş, alan küçük ise hızlı dönmelidir. ( Örneğin, 200-220 NM lik bir alan için anten dönüş hızı 6-7 RPM, 50-60 NM lik bir alan için ise 12-15 RPM civarı ayarlanır. ) [ATSEP Gözetim Sistemleri, s:10-12, Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:32 ; ATS Gözetim, SOYERTEM, s:3-9 ; Unvan Değişikliği Sınavı Ders Notu, DHMİ; s: 6-8 ]

## 7.1.2 İkincil Gözetleme Radarı(ing.Secondary Surveillance Radar – SSR )

SSR Sistemleri uçağa ait pozisyon (irtifa, mesafe, yön) ve tanıma bilgilerini verebilen sistemlerdir. II. Dünya Savaşı ile beraber geliştirilmiş olup, ilk çıkış noktası hava aracının dost mu düşman mı olduğunun belirlenmesi ihtiyacıdır. Sistem hedef üzerinde bulunan bir teçhizat ile işbirliği ile çalışarak işlevini sürdürmektedir. Bu tip gözetim sistemlerine işbirliğine dayanan (ing.cooperative) gözetim sistemleri denilmektedir. Üzerinde Yer istasyonunda bulunan sorgulayıcı (ing. Interrogator) ünitesi uçakta bulunan transponder ünitesi ile işbirliği içerisinde çalışmaktadır.

Yer istasyonunda bulunan sorgulayıcı ünitenin yaymış olduğu 1030 MHz lıksinyal, hava aracında bulunan transponder yardımıyla alınır ve transponder buna karşılık 1090 MHz' lik bir cevap sinyali yayımlar. Bu 1090 MHz' lik taşıyıcı üzerine Mode A-Mode3 (Kimlik) ve Mode C (irtifa) bilgileri bindirilmiştir. Sorgulama ve cevap sinyallerinin frekans spektrumları ve band genişlikleri SSR tarafından bilindiğinden, SSR sadece bu dar frekans bandındaki işaretleri dikkate alır. Böylece, herhangi bir nesneden yansıyarak SSR yer istasyonuna ulaşan sinyaller ya da harmonikler yer istasyonu tarafından işleme sokulmaz.



\* Şekil-2 : SSR Sistemi

Yer istasyonu tarafından, alınan cevap sinyalinin çözümlenerek (de-kodlama) hava trafik kontrolörünün pozisyon ve kimlik bilgilerini görebildiği bir ekrana verilmesiyle kontrolör , üzerinde transponderi bulunan tüm uçakları görme ve yönlendirme kabiliyetine sahip olur.



**Erdem İnce**  
Elektronik Mühendisi  
erdemince@gmail.com

iletimde kullanılan modülasyon tipi, darbe modülasyonudur.. Yer istasyonu tarafından darbeler halinde yayımlanan soru sinyali saniyede 300-450 defa tekrarlanır. Sorgulayıcı ünitenin aslında uçaklara darbe çiftleri halinde sormuş olduğu sorular; “Nerdesiniz?” ve “Kimsiniz?” sorularıdır. Darbe çiftlerinin şekli, genişliği ve süresi aynıdır. Ancak zaman aralıkları (spacing) önceden tanımlanan bir uluslararası standarda göre olduğundan, neyin sorulduğu ya da sorgulama modları ayırt edilebilir.

SSR sisteminde hem yer istasyonunda hem de uçakta verici kullanılmasıyla sinyal zayıflaması önlediğinden PSR sistemleri gibi yüksek güçlü vericiler gerektirmezler. Sessizlik konisi problemi SSR lerde da mevcuttur. Ayrıca, aralarında yatayda ve düşeyde 2NM den daha az mesafe bulunan uçaklar Garbling Olayı nedeniyle ayırt edilemezler. Buna ilaveten, SSR ler, üzerinde transponder cihazı bulunmayan uçakları algılayamadığından, transponderi olmayan ve VFR uçuş yapan uçakların da algılanabilmesi için SSR sistemleri PSR sistemleri ile beraber kullanılır. Tablo 2'de PSR ve SSR sistemlerinin karşılaştırılması mevcuttur. [ATSEP Gözetim Sistemleri, s:17, Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:33; ATS Gözetim, SOYERTEM, s:9-10; Unvan Değişikliği Sınavı Ders Notu, DHMİ; s:9-10 ]

	PSR	SSR
Çıkış Gücü	Çok Yüksek ( 1-2 MW )	Düşük ( 1-2 KW)
Hedef Tespiti	Pilot aktivitesi ve ekstra cihaza ihtiyaç yoktur	Hedef aktiftir ve transpondera ihtiyaç vardır
Azimuth Hassasiyeti	2°	2°
Menzil Doğruluğu	300-400 m	3-6 NM
Ekipman Kompleksliği	Yüksek	Düşük
Maliyet ve Bakım	Yüksek	Düşük
Kullanım Avantajları	Hedef Tespiti	Hedef Tespiti, Uçuş Seviyesi (Irtifa) , Kimlik Bilgileri

\* Tablo-1 : PSR – SSR Karşılaştırması

## 7.1.3 Yer Kontrollü Yaklaşma (ing.Ground Controlled Approach GCA)

Bu radarlar genellikle askeri amaçlarla kullanılmaktadır. Kontrolörün radar ekranında görmüş olduğu bilgiler vasıtasıyla inişe kadar pilotu yönlendirmesi, pilotun da verilen talimatları yerine getirmesi prensibi yani kontrolör ile pilot arasında bir sorumluluk paylaşımı mevcuttur.

Sistem, Gözetim Radar Ekipmanı (ing.Surveillance Radar Equipment-SRE) ve Hassas Yaklaşma Radarı (ing.Precision Approach Radar-PAR) nın koordineli çalışmasıyla hizmet verir.

## 7.1.3.1 Gözetim Radar Ekipmanı ( ing.Surveillance Radar Equipment - SRE )

Çalışma frekansları 2,7-2,9 GHz ve verici güçleri yaklaşık 1100 KW civarında olan SRE lerin görevi, terminal sahası içerisindeki uçağı, iniş hattında konuşlandırılmış olan PAR menziline sokmaktır.

SRE antenleri dakikada 10-15 tarama yapacak şekilde 360 derece dönerler. Yayın yatayda yerden itibaren 30 derecelik bir gölgede 25 NM'a kadar, düşeyde ise 10.000 fit'e kadar yapılır.

Mesafe olarak kata toleransı 150 metre civarında iken yön olarak bu 2 derece civarındadır.

## 7.1.3.2 Hassas Yaklaşma Radarı (ing. Precision Approach Radar-PAR)

Pist başından 1000-1500 metre içeriye ve 150 metre yana konuşlandırılan, 9-9,3 GHz frekanslı ve 40 KW verici güçlü PAR lar, inişteki uçakların uzaklık, yön ve pozisyon bilgilerini verir. Uçak iniş yapana dek, yine kontrolör tarafından radar ekranından alınan bilgilere göre pilotun talimatlandırılması esastır. İki adet PSR tabanlı anteni vardır. Bunlardan biri sağa ve sola 7 derecelik yaptığı tarama ile pist merkez hattına göre, diğeri de aşağı ve yukarı 20 derecelik taramalarla süzülme yoluna göre uçağın pozisyonunun takip edilmesini sağlar. Menzilleri 10 NM civarında olup hata toleransları SRE' lerden daha düşüktür.

GCA' lar ile ILS CAT I yaklaşma gerekleri sağlanabilmektedir. Uçak üzerinde ek bir ekipman gerektirmemeleri, hava koşullarından etkilenmemeleri ve taşınabilir olmaları birer avantaj olmakla birlikte GCA' lar, pahalı ve karmaşık sistemlerdir. Sistemin performansı daha çok insan faktörüne bağlı olup, kontrolör-pilot arası telsiz haberleşmesi hayati öneme sahiptir. Şekil 4'de bir PAR görülmektedir. [ATSEP Gözetim Sistemleri, s:13, ATS Gözetim, SOYERTEM, s:23]



\* Şekil-4: Hassas Yaklaşma Radarı (ing.Precision Approach Radar-PAR)

## 7.1.4 Yüzey Hareket Radarı (ing.SurfaceMovement Radar-SMR)

Bu radarlar 2-3 NM'lık bir kaplama sahası içerisinde yer hareket kontrolü (ing.ground control) amacıyla kullanılmakta olup, PAT sahalarındaki (pist, apron ve taksi yolu) hareketlerin gözetim ve kontrolünü sağlarlar. Bir PSR olarak da işlem görebilirler. Antenlerinin dönüş hızı 60 RPM olan SMR lerin hedefler hakkında verdiği oldukça

## Havacılık Elektronikleri - 3

ayrıntılı bilgiler içerisinde kimlik bilgisi bulunmamaktadır. Bu yüzden kullanıcı personelin tecrübesi, sistemin verdiği hizmetin kalitesiyle direkt olarak alakalıdır. Tecrübenin artmasıyla, hedefin hava aracı mı yer aracı mı olduğu, eğer hava aracı ise uçağın tipi belirlenebilmektedir.

SMR'lerin havaalanı hedef tespitlerinde kullanılabilmesi için tipik 7,5 metrelik yüksek hassasiyete, saniyede 1 defa olacak şekilde yüksek güncelleme (ing.uptade) oranına, 20 metreden az olacak şekilde yüksek çözünürlüğe sahip olmaları gerekmektedir. Bu gerekliliğin sağlanması yüksek çalışma frekanslarını (9 GHz ve üzeri), dar bantlı antenleri ve kısa süreli darbeleri (ing.pulse) gerektirir. Bu şekilde oluşturulmuş SMR sistemi, kontrolörleri PAT sahalarında olası çarpışmalara yönelik olarak uyarır. Aynı zamanda SMR'ler, daha ileride bahsedilecek olan Gelişmiş Yüzey Hareketleri Rehberlik ve Kontrol Sistemlerinde (ing.Advanced Surface Movement Guidance and Control System; A-SMGCS) kilit rol oynamaktadır.

Şekil 5'de DHMİ Esenboğa Havalimanı'na tesis edilmiş bir SMR anteni ve istasyonu görülmektedir.[ATSEP Gözetim Sistemleri, s:14; ATS Gözetim, SOYERTEM, s:22;Unvan Değişikliği Sınavı Ders Notu, DHMİ, s:13]



\* Şekil-5: SMR Anten ve İstasyonu

### 7.1.5 Multilateration

Multilateration hedefin, bilinen bir zamanda ve bilinen bir lokasyondan yayın yapan farklı iki istasyona olan mesafelerinin farkının ölçülmesine dayanan bir gözetleme ve navigasyon tekniğidir.[Wikimedia Foundation, Inc; <http://en.wikipedia.org/wiki/Multilateration>, 06.02.2014]

Bu teknikte hava araçlarında bulunan SSR, veya ileride değinilecek olan ADS-B (Otomatik Bağımlı Gözetim-Yayın Tipi; ing.Automatic Dependent Surveillance -Broadcast) transponderlara yapılan sorgular neticesinde, transponderların vermiş olduğu cevap sinyallerinin, yerde bulunan sensörlere varış zamanları hesaba katılarak işlenmesiyle hava araçlarının pozisyon ve irtifaları elde edilir. Bunun sağlanabilmesi için yerde en az 3 sensör bulunmalıdır. Sorgulamanın Mode S SSR ve Mode S Transponder arasında yapılması durumunda bazı Multilateration sistemleri hava araçlarının çağrı bilgilerini de görüntüleyebilmektedir.

Multilateration sistemlerinde 3 tip işlevsel seviye (ing.level) bulunur.

Bunlar;

- Cevap sinyalinin geliş zamanına göre hava aracının pozisyonunun belirlendiği Basic Operasyon Seviyesi,
- Basic Operasyon Seviyesine ek olarak, yapılan Mode S sorgulaması ile hava aracına ait çağrı adı bilgisinin de görüntülenebildiği Elementary Operasyon Seviyesi,
- Elementary Operasyon Seviyesine ek olarak, hava aracı sistemlerinden edinilen bilgilerin kullanılabildiği Enhanced Operasyon Seviyesi olarak belirtilebilir. [ATS Gözetim, SOYERTEM, S:21]

#### 7.1.5.1 Mlat

Gelişmiş Yüzey Hareketleri Rehberlik ve Kontrol Sistemi (ing.Advanced Surface Movement Guidance and Control System; A-SMGCS) içerisinde SMR'ler ile beraber kullanılan diğer ekipmanlar MLAT'lardır. Bu gözetleme tekniğinde amaç, Meydan Kulesi tarafından kontrol edilen PAT sahalarında (Pist, Apron, Taksi Yolu) ya da park alanlarındaki trafiğin her saniye yenilenerek takip edilmesidir. Pozisyon belirleme için, transponder taşıyan araçların (hava-kara) sorgulamalara vermiş olduğu cevap sinyallerinin, meydanın farklı yerlerinde kurulu en az 3 (tercihen 4-5) sensöre ulaşım zamanı kullanılır. Şekil 6'da, DHMİ Esenboğa Havalimanında kurulu bir MLAT anten istasyonu görülmektedir. [ATSEP Gözetim Sistemleri, s:16; ATS Gözetim, SOYERTEM, s:21]



\* Şekil-6: DHMİ Esenboğa Havalimanı'nda kurulu MLAT anten istasyonu

SMR'lerin görüş alanı yetersizliği ve yanlış hedef oluşturma gibi bir takım zafiyetlerinden dolayı beraberlerinde MLAT'ların da kullanıldığı; görüşün problemlili olduğu durumlarda bile operasyonların emniyetli (ing.safety) ve hızlı sürdürülmesine büyük katkı sağlayan Gelişmiş Yüzey Hareketleri Rehberlik ve Kontrol Sistemi (ing.Advanced Surface Movement Guidance and Control System; A-SMGCS) sistemleri geliştirilmiştir.

A-SMGCS sistemleri hedeflenen fonksiyonların yerine getirilmesi için 4 aşamalı bir gelişim süreci göstermektedir. Bu süreç özetle; tanımlama ve talimat iletimi işlevini gören ilk aşamadan, ilave olarak emniyet ağlarını (ing.safetynets) da içeren ikinci aşamaya; ikinci aşamaya ek olarak manevra sahalarındaki tüm sıkışıklıkların (ing.conflict) tespitini içeren üçüncü aşamadan, tüm bu fonksiyonların üzerine ayrıca sıkışıklıkların çözümüne odaklanmış dördüncü aşamaya doğru sıralanabilir. [ATSEP Gözetim Sistemleri, s:15; ATS Gözetim, SOYERTEM, s:22]

#### 7.1.5.2 Geniş Alan Multilateration (ing.Wide Area Multilateration-WAM)

Bu gözetleme tekniğinde amaç, yüksek maliyetli radar sistemleri ile gözetleme yapmak yerine, hava sahasının belli bölgelerine kurulan sensörler vasıtasıyla, transponder taşıyan hava aracının pozisyon bilgisini elde etmektir. Hava araçlarında ilave bir ekipman veya değişiklik gerektirmeyen bu tekniğin denemeleri halen sürmekte olup, sistemin maliyeti düşüktür.

#### Şekiller:

1. ATSEP CommonCore Content Basic Training Programme ATSEP-SUR Dokümanı Bölüm:I, s:15, EUROCONTROL, 2010, Lüksemburg
2. ATSEP CommonCore Content Basic Training Programme ATSEP-SUR Dokümanı Bölüm:I, s:16, EUROCONTROL, 2010, Lüksemburg
3. <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/karte213.tr.html> , Christian-Wolff, 03.02.2014
4. <http://www.armedforces-int.com/article/selex-sistemi-integrati-at-idef-2011.html> , 03.02.2014
5. Hava Trafik Emniyeti Elektronik Personeli (ATSEP) Gözetim Sistemleri Temel Eğitim Dokümanı, Elektronik Dairesi Başkanlığı, DHMİ; S:14
6. Hava Trafik Emniyeti Elektronik Personeli (ATSEP) Gözetim Sistemleri Temel Eğitim Dokümanı, Elektronik Dairesi Başkanlığı, DHMİ; S:16

#### Tablo:

- 1.Unvan Değişikliği Sınavı Ders Notu, Elektronik Dairesi Başkanlığı, DHMİ Genel Müdürlüğü, 2012; s:10

#### Kaynak:

1. Türkiye Hava Trafik Emniyeti Elektronik Teknik Elemanlar Derneği Resmi WEB sitesi (<http://www.tatsetpa.org.tr>)
2. Unvan Değişikliği Sınavı Ders Notu, Elektronik Dairesi Başkanlığı, DHMİ Genel Müdürlüğü, 2012

3. Hava Trafik Emniyeti Elektronik Personeli (ATSEP) Gözetim Sistemleri Temel Eğitim Dokümanı, Elektronik Dairesi Başkanlığı, DHMİ

4. ATS Gözetim Sistemleri ve Hizmetleri, Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı, Hamit SOYERTEM, IX. Basım, DHMI, 2011

5. Wikimedia Foundation, Inc; <http://en.wikipedia.org/wiki/Multilateration> , 06.02.2014

