



NASIL ÇALIŞIR

Türkân Yöney

Radar Nasıl Çalışır?

Normalde görünmez olsa da, radar, etrafımızı tümüyle sarmış bir aygıt. Hava trafik kontrol merkezleri, uçakları hem karada hem de havada saptayabilmek ve uçaklara rahat ve yumuşak iniş için rehberlik yapabilmek için radar kullanırlar. Polis, karayollarında seyreden motorlu araçların hızlarını saptayabilmek için radar kullanır. NASA, dünyanın ve gezegenlerin haritalarını çıkarmak, uyduları ve uzayda birikenleri izlemek, uzay araçlarının manevralarında yardımcı olmak için radar kullanır. Ordu, düşmanı saptamak ve silahları güdümlenebilmek için radar kullanır. Meteorologlarsa, fırtınaları, tayfunları saptamak ve izlemek için radar kullanırlar.

Tüm bunlar, günlük yaşamdan tanıdığımız yankı ve Doppler kaymasıyla gerçekleştirilebilir. Kulağımız yankıyı ve Doppler kaymasını her gün duyup algıladığı için bu iki kavramı kolayca anlayabiliriz. Radar da radyo dalgaları kullanarak aynı tekniklerden yararlanır.

Yankı ve Doppler Kayması

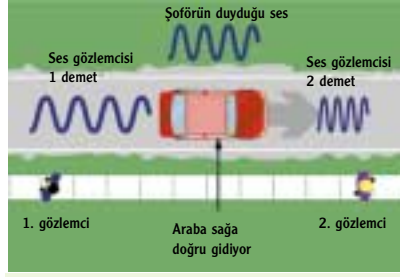
Yankı her zaman karşılaştığımız, deneyimlediğimiz bir şey. Bir kanyonda ya da bir kuyunun içine doğru bağırsanız, kısa sürede yankısı geri gelir. Bağırmadaki ses dalgalarının bir kısmı kanyonun duvarlarından ya da kuyudaki suyun yüzeyinden yansımıştır. Bağırma ile yankının duyulması arasındaki mesafe tarafından belirlenir. Doppler kayması da, ayırma varmasak bile, her gün yaşayabileceğimiz son derece olağan bir olay. Doppler kayması, sesin hareketli bir nesne tarafından üretilmesi ya da ondan yansımaya uğramasıyla gerçekleşir. Daha uç durumlarda, Doppler kayması ses patlamaları meydana getirir. Korna çalarak, saatte 60 mil hızla gelen bir araba olduğunu varsayalım. Araba yaklaştıkça, kornanın belli bir "nota"dan çıktığını duyarsınız, ancak araba geçip giderken duyduğunuz ses, bir alt notadan çalan kornadır. Oysa başından sonuna dek aynı korna, aynı sesi çıkarmıştır. Kulağımızın duyduğu bu fark, Doppler kaymasının kaynaklarıdır.

Yankı ve Doppler kaymasını şöyle birleştirerek kullanabilirsiniz. Size doğru yaklaşmakta olan bir arabaya yüksek bir ses gönderdiğinizde, ses dalgalarının bir kısmı arabadan yansıtacak (yankı). Araba size doğru geldiği için, ses dalgaları sıkışacak. Böylelikle yankının sesini, yolladığınız orijinal sesten daha yüksek tonda duyarsınız. Yankının tonunu hesaplıyorsanız, arabanın ne kadar hızlı gittiğini belirleyebilirsiniz.

Radarın Çalışma İlkesi

Sesin yankısının, sesin kaynağının ne kadar uzakta olduğunu belirlemek üzere kullanılabilirliğini, yankının Doppler kaymasını da o şeyin ne kadar hızlı gittiğini belirlemede kullanılabilirliğini görmüş olduk. Böylelikle bir "ses" radarı yapmak mümkün; işte buna da sonar deniyor. Denizaltılar ve tekneler sürekli sonar kullanırlar. Aynı ilkeyi havadaki sesle de kullanmak mümkün; ancak havadaki sesle ilgili birkaç sorun var:

- Ses pek fazla uzağa gitmez – belki en fazla bir mil.
- Sesi herkes duyabildiği içindir ki, ses radarı komşuları rahatsız eder (ancak bu sorunu, duyulabilir



Olan şu. Sesin havadaki hızı sabit. Diyelim ki saatte 600 mil (gerçek hız havadaki basınç, sıcaklık ve nem tarafından belirlenir). Araba sizden 1 mil uzaklıkta sabit duruyor ve bir dakika boyunca kornasını çalıyor. Kornadan çıkan ses dalgaları size doğru saatte 600 mil hızla ulaşacaktır. Duyduğunuz, 6 saniye geçikmeyle bir dakika uzunluğunda bir sestir.

Doppler kayması: Arabanın arkasındaki kişi daha alçak tonda bir ses duyar, çünkü araba uzaklaşmaktadır. Arabanın önündeki kişi daha yüksek tonda bir ses duyar, çünkü araba yaklaşmaktadır. Diyelim ki araba size saatte 60 mil hızla yaklaşsın. Bir mil öteden başlayarak tam bir dakika boyunca kornasını çalıyor. Siz yine de 6-saniyelik geçikmeyle duyduğunuz, bununla birlikte ses sadece 54 saniye çalacak. Çünkü araba bir dakika sonra sizin yanınızda olacak, ve bu bir dakikanın sonundaki ses size anında ulaşacak. Şoförün bakış açısından, araba kornasını hâla bir dakika çalıyor. Araba hareket ettiği için, bir dakikalık ses sizin bakış açınızdan 54 saniyelik bir süreye sıkışmış olur. Aynı sayıda ses dalgası daha kısa bir zaman dilimine sığdırıldığı için, frekansı artar, böylelikle ses size daha yüksekmiş gibi gelir. Araba sizi geçip de uzaklaşmaya başladığında, bu sürecin tam tersi yaşanır, ses aynı süreyi doldurmaya üzere genişler, ve böylelikle de daha alçakmış gibi duyulur.

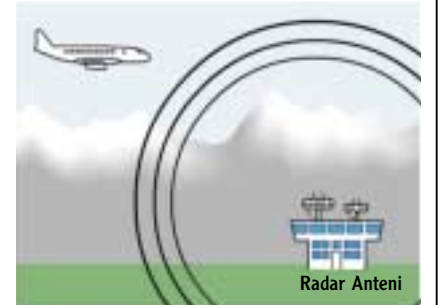
ses yerine ultrason kullanarak aşmak mümkün). - Sesin yankısı pek zayıf olacağından, zaptedebilmek de zor olabilir.

Dolayısıyla radar, ses yerine radyo dalgaları kullanır. Radyo dalgaları uzağa ulaşır, insan gözü tarafından seçilmez, ve zayıf olduklarında da saptanabilir. Radarın çalışma ilkesi, engele ulaşan ve yansımadan sonra vericiye geri dönen, dar demetli ve çok kısa süreli radyoelektrik dalgaları yayınlamaya dayanır. Dalgaların gidiş ve dönüş yolu süresinin bilinmesi, engelin uzaklığını belirlemeye olanak verir. Hedefin hızı, yayımlanan dalgayla, geri dönen dalganın frekansları arasındaki kaymayla (Doppler etkisi) belirlenir. Aygıt, bir yanda yönlendirilebilen ortak bir anten kullanan bir verici ve bir alıcıdan, öte yanda da genellikle bir katot ışınli ekrandan oluşan ve sonuçları okumaya yarayan bir göstergeden oluşur. Başlangıçta yayımlanan elektromanyetik atmaların (pulse) yankılarını algılayarak hedeflerin ancak uzaklığını ve yerini belirleyebilen radarlar, daha sonraları Doppler etkisi sayesinde, hedeflerin hızını da ölçecek, böylece uçakları, doğal ya da düşmanın elektronik karşı önlemlerle (antiradar) oluşturduğu sabit yankılardan ayırt edebilecek duruma geldiler. Elektronikteki donanımları minyatürleştirmeye olanak veren gelişmeler sayesinde çok çeşitli radar türleri geliştirildi.

İlk radarlar metrelik dalga boylarında çalışıyorlardı. Sonraları desimetrelilik ve yakın geçmişte de santimetrelilik dalga boylarına geçildi. Dalgaların boyu kısalıdıkça, bunları dar bir demet halinde yoğunlaştırmak ve küçük yansıma yüzeylerini algılamak kolaylaşır. Dalgalar çok kısa süreli (mikrosaniyenin kesirleri düzeyinde) ve yüksek güçlü (megawattlar düzeyinde) atmalar biçiminde yayımlanırlar. Günümüz radarlarında aynı enerjiyi, yayında bir kodlama uygulanarak zaman içinde yayılır; yayın böylece hemen hemen sürekli hale gelir. Alım sı-

rasında işaretin işlenmesi, uzaklık ve hız gibi bilgileri elde etmeye olanak verir. Yönlendirilebilir bir anten (paraboloit yansıtıcı ya da elektron tamamı anten) yardımıyla enerji, engel doğrultusunda yayınlanır. Aynı zamanda atma, osiloskopun zaman tabanını başlatır, yani katot ışınına harekete geçirir. Özel bir düzenek, kısa yayın süresi boyunca, alıcının duyarlılığını, bunu aşırı enerji yüklenmesine karşı korumak amacıyla en aza indirir. Engelden yansıyan dalgalar antene geri geldiğinde, alıcı bunları maksimum duyarlılıkla algılar ve osiloskop ekranı üzerindeki spotun sapsmasına ya da parlaklığının artmasına neden olur. Spotun ekran taramasını başlatan yayın anıyla, yankının alındığı an arasında katettiği uzaklık, engelin uzaklığını belirlemeye olanak verir. Antenin yansımaya olanak veren yönü, engelin doğrultusunu belirtir. Katot ışınli tüp, kutupsal koordinatlarla taranıyorsa, spotun ardışık olarak çizdiği ışınlar, antenle aynı açı altında yönleneceğinden, merkezde yer alan bir gözlemcinin görebileceği bütün engeller ekran üzerinde belirir. Ekran merkezine olan uzaklıklar, gözlemcilen engelle radar arasındaki uzaklıklarla orantılıdır.

Şimdi tipik bir uçak saptama radar setine bakalım. Radar seti, vericisinin üzerinde döner ve kısa, yüksek frekanslı radyo dalgalarını yüksek-yoğunluklu bir patlamayla yollar. Patlama bir mikrosaniye sürebilir. Bunun üzerine radar vericisini kapar ve alıcısını açarak bir yankı bekler. Radar seti yankının gelmesi için geçen zamanı ve yankının Doppler kaymasını hesaplar. Radyo dalgaları ışık hızında, yani kabaca mikrosaniyede 300 metre yol alır, dolayısıyla radarın yüksek-hızlı bir saati vardır ve uçağın mesafesini oldukça doğru bir biçimde hesaplayabilir. Radar, özel sinyal işleme ekipmanı kullanarak Doppler kaymasını oldukça doğru olarak hesaplayıp, uçağın hızını saptayabilir.



Radar anteni, bilinen bir frekansta kısa, yüksek güçte radyo dalgalarını atımı yollar. Bu dalgalar bir nesneye çarptığında, oradan yansır, ve nesnenin hızı da yankıya Doppler-kaydırma yapar. Geri dönen daha zayıf sinyalleri almak için de aynı anten kullanılır.

Yerde kurulu radar, havada kurulu radara oranla çok daha fazla potansiyel parazit barındırır. Örneğin bir polis radarı bir atım yolladığında, köprü, dağ, binalar gibi pek çok nesneden yankılanır. Bu yankıların gereksizlerini ayıklamanın en kolay yolu Doppler-kayması olmayanları filtre etmek. Bir polis radarı sadece Doppler-kaymalı sinyallere bakar, ve radar ışını çok sıkı bir şekilde odaklandığından sadece bir arabaya çarpar. Polis şimdilerde arabaların hızını ölçmek için lazer tekniği kullanıyor. Bu tekniğe lidar deniyor, ve radyo dalgaları yerine ışıktan yararlanıyor.