

Macellan yeniden dünyaya gelseydi, bu da gemicilik mi diyecikti !

## Dünyayı çepre çevre saran bir radyo ağı gemilere yollarını gösteriyor

Çok alçak frekanslı (VLF) radyo vericilerinden meydana gelen dünya çapındaki Omega şebekesi bitmek üzeredir, bitince bütün dünya bir tek navigasyon (deniz ve hava işletmesi) sistemi ile kaplanmış olacaktır. Gemiler ve uçaklardaki elektronik hesap otomatları (kompüterler) VLF sinyallerini işleyecek ve deniz ve hava taşıtları tamamiyle otomatik olarak her an nerede bulduklarını ve yollarını bulacaklardır.

Dr. A. G. BAILEY

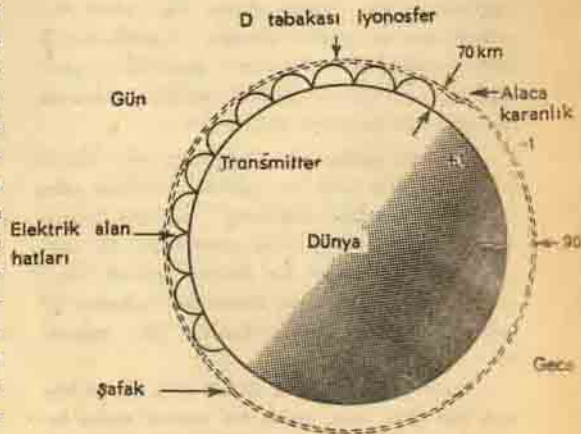
**E**lektrik gücü bir kilowatt'ın onda birkaçını geçmeyen çok alçak frekanslı (VLF) bu radyo iletmesi hemen hemen dünyanın her tarafından alınabilmektedir. İonosferin «D» tabakası bu dalgalara karşı neredeyse tam bir reflektör (ayna) gibi davranmakta ve dünyanın deniz, kara ve buz yüzeyleri de ikinci bir yansıtıcı kabuk görevini görerek bu dalgaları dünyanın çevresinde küresel bir şerit gibi dolandırmaktadırlar. Bu sayede az sayıda radyo vericilerinden meydana gelen, dünya çapında, bir navigasyon sisteminin sağlanabilmesi kabil olmaktadır, işte bu sistem Omega adı altında artık bir gerçek olmağa başlamıştır.

1947 yılında İsviçrede Bern'deki Milletlerarası Telekomünikasyon Birliği radyo navigasyon maksatları için kullanılacak 10 - 14 k Hz lik VLF frekans bandıyla ilgili nizamları yayınladı. Şimdiye kadar bütün dünyayı içine alan birçok navigasyon sistemleri ortaya atılmıştır ki, bunlardan biri de Omega'dır. Bu esas itibariyle San Diego'daki Amerikan Bahriyesinin Elektronik Laboratuvarlarında ve Washington'daki Bahriye Araştırma Laboratuvarında birçok daha başka laboratuvar ve uzmanların yardımlarıyla geliştirilmiş ve en ince ayrıntılarına kadar denenmiştir. Çok değerli birçok ölçme işlemlerinde İngilterede. Karnborough'daki Krallık Hava Tesislerinin bilgileri tarafından yapılmıştır. Bütün bunlardan sonra bütün dünyayı çok alçak frekanslı bir radyo ağı ile kaplayacak olan Omega sisteminin geliştirilmesine 1970 başlarında başlanmasına karar verildi.

İonosfer ile dünyanın yüzeyi tarafından biçimlenen dalga yolu şeklinde görülmektedir. İonosferin «D» tabakasının etkili yüksekliği gündüzün 70 ve geceleyin de 90 km kadardır. Bu yükseklikler genellikle çoğu durumlarda sabittir.

Dünyanın yüzeyi üzerinde bulunan bir radyo vericisi tarafından meydana getirilen tipik bir elektrik alan kalıbı da yine şekilde gösterilmiştir, bu kalıp vericiden dalganın faz (safha) hızı ile uzaklaşır. Dünya ile İonosfer arasındaki dalga yolunun (Wave guide) sindirme (zayıflama) karakteristikleri de normal mikro dalgaların dalga yolu karakteristiklerine benzemektedir. En küçük sindirme yaklaşık olarak 18 K H<sub>z</sub> de olmaktadır.

VLF üzerinden radyo dalgalarıyla yapılacak yaymanın uçak ve gemilere yollarını göstermek için uygulanmasının birçok yolları vardır, fakat her durumda yayma karakteristiklerinin tam ve



Dünya İonosfer dalga kılavuzu. Bir VLF transmitter tarafından gündüzün yayılan bir elektrik alan kalıbı alıcının yarısını kaplarken görülmüyor.

dakik olarak önceden kestirilebilmesi ve aynı zamanda kesin olarak anlaşılabilmesi gereklidir. En basit gemicilik (navigasyon) prensiplerinden bir tanesini, bir geminin başlangıçta bir VLF vericininin bulunduğu limandan kalktığını düşünerek anlamak kabildir.

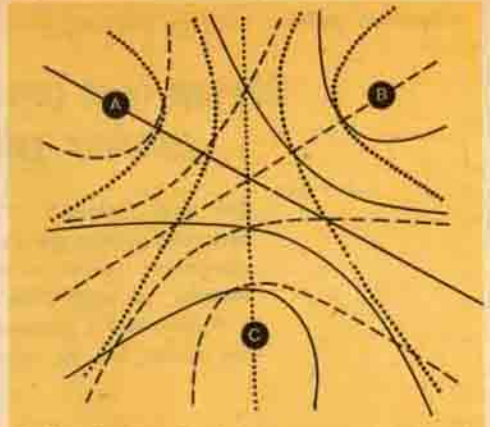
Sürekli surette yayılan bir dalganın frekansı bir «otomatik standart» vasıtasıyla çok dakik olarak kontrol edilmektedir. Geminin alıcısı da benzer bir standart (bir otomatik saat) ile donatılmıştır ve bu da yayılan frekansla titreşim yapan bir osilatörü kontrol eder. O verici ile aynı faz üzerinde olacak şekilde ayar edilmiştir. Gemi limandan çıkınca, yani vericiden uzaklaşınca, alınan sinyal gemi ile verici arasındaki mesafeden dolayı bir faz değişikliğine uğrar. Bu faz değişikliği de gemide, alınan sinyal ile standart asilatörün karşılaştırılması sayesinde belirlenir.

Eğer gemi vericiden tam bir dalga uzunluğu kadar uzaklaşmışsa, iki sinyal tekrar fazdadır, yani aradaki fark sıfırdır. Bu süreç gemi vericiden uzaklaşmağa devam ettikçe dönemsel bir durum olarak tekrerrü eder durur. Sayılan sıfırların sayısı verici sinyalin geçirdiği toptan faz değişikliğinin doğrudan doğruya bir ölçüsünü verir. Eğer dalganın yayım karakteristikleri biliniyorsa, bu ölçü doğrudan doğruya vericiden olan uzaklıkla ilişkilil olabilir. Vericinin de eşit aralıklı merkezleri bir sabit faz halkalarından meydana gelen bir sistem merkezinde bulunduğu varsayılabilir.

Ne yazık ki bu sistemin birçok sakıncaları vardır. Başlıcası bir kere bu navigasyon sistemini uygulayacak her geminin fazları tam olarak ölçebilmesi için bir atomik standart ile donatılmış olması gerekmektedir. Tam bir sistemde dünyanın yüzeyinin en uygun coğrafik yerlerine konulmuş bir çok VLF vericileri bulunacaktır.

Geminin pozisyonu (bulunduğu yer) atomik saatten faydalanılarak iki muhtelif vericiden gelen sinyallerin fazlarının ölçülmesi suretiyle bulunacaktır. Her ölçme, geminin pozisyonunu bir vericiden gelen dalgaların bir halkası üzerinde tespit edecek ve bu halkaların keşistikleri noktalar geminin bulunduğu «kesin» durumu, yeri, verecektir.

Bunu yapmanın daha iyi bir yolu da, ki böylece her gemi veya uçakta bir atomik saatin bulunmasına lüzum kalmayacaktır, iki vericiden gelen sinyalleri ayrı ayrı ölçmek yerine, fazlarını mukayese etmek olacaktır. Bu teknik kullanıldığı takdirde sabit fazların doğruları hiperbolik bir aile teşkil ederler. A, B ve C gibi 3 VLF verici-



A, B ve C transmitterleri tarafından yayılan sürekli faz çizgilerinin hiperbolik ağı. Daha iyi anlaşılın diye bütün çizgiler gösterilmemiştir.

sinden çıkan sabit faz doğrularının tipik bir kalıbı şekilde görülmektedir. Tabii bütün gelen sinyallerin nereden geldiğini anlayabilmek ve her vericiden gelen sinyalleri ayırd edebilmek için herhangi bir yoldan faydalanılması şarttır.

Omega sistemi üzerinde çalışılmaktadır ve sonunda bu dünyanın yüzeyindeki muhtelif noktalara konulan sekiz VLF radyo istasyonundan meydana gelen bir şebekeden teşekkül edecektir. Kullanılacak istasyonların sayısı az olmasına rağmen, onlar dört bir taraftan bütün dünyayı içlerine alacaklardır. Sistem her türlü ârıza ihtimalleri düşünülerek öyle yedekli bir şekilde yapılmaktadır ki, bir iki istasyon çalışmadığı takdirde bile esas sistem devamlı olarak, vazifesini görebiyecektir. (Bununla beraber bu sistemle Macelları, Macellan yapan bazı navigasyon incelikleri ortadan kaybolmaktadır.) Her istasyonun maliyeti yaklaşık olarak 200.000.000 TL. olacaktır. Bu paranın önemli bir kısmı, yüksek bir işkelet olacak ve yirmi, yirmi beş dönüm araziyi kaplayacak olan anten sistemi için harcanacaktır.

Her istasyonun üç temel frekans üzerinde çalışması kararlaştırılmıştır, bunlar 10,2, 11 1/3 ve 13,6 K Hz dir, ayrıca bir de istasyonun tanınmasını sağlayacak olan her istasyonun karakteristik taşıyıcı frekansı vardır. Sistemin tamamlanmasından sonra bir de dördüncü temel taşıyıcı frekansının da kullanılması söz konusu olabilir. Hiç bir surette iki istasyon aynı zamanda aynı frekanstan yayım yapamayacaklardır. Her verici üç temel frekanstan bir sıra atmayı kapsayan bir ışın ve 10 saniyelik bir süre içinde tanıtıcı bir frekans yayacaktır. Bu süre sonra tekrarlanacaktır. Her temel frekans yaklaşık olarak ayrı ayrı

birer saniye yayınlanacak, atmalar arasında 0,2 saniyelik bir araya müsaade edilecek ve 10 saniyelik dönem içinde taşıyıcının tanıtılması için 6 saniye kalacaktır.

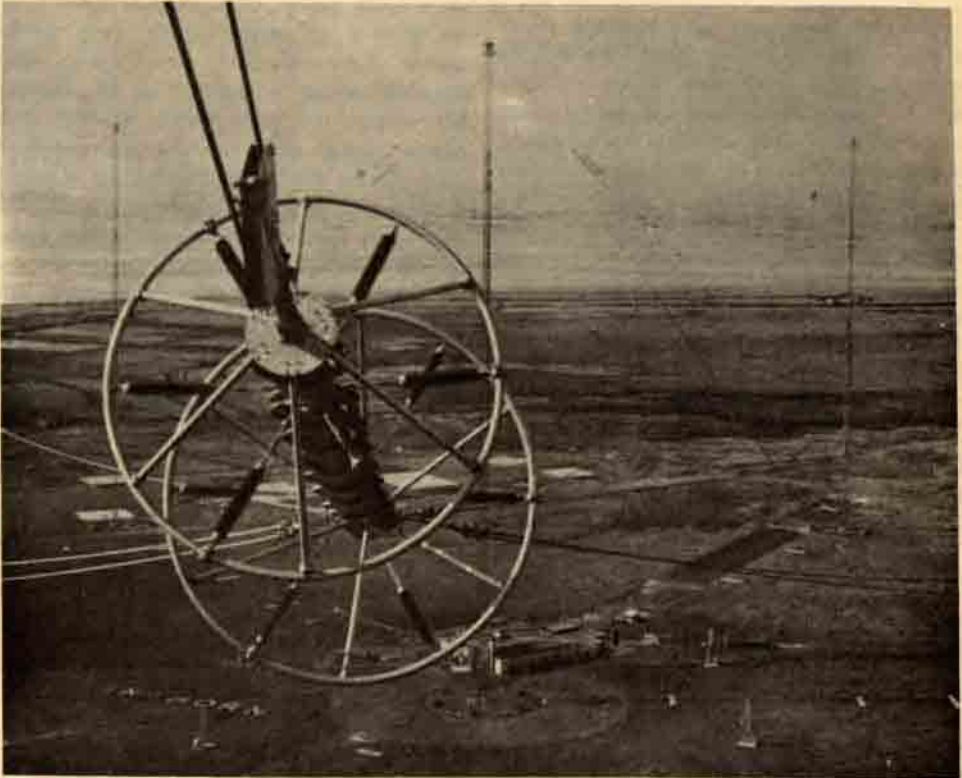
İstasyonların her yayın sırası içinde üç temel taşıyıcıyı yaklaşık olarak bir saniye kadar yaymasına rağmen, hakikatte taşıyıcılar özel tanıma maksatları için uzunlamasına kotlandırılmışlardır. Meselâ A İstasyonu aşağıdaki sıra ile yayın yapmaktadır: 10,2 K H<sub>z</sub>, 1,2 saniye, 11 1/3 K H<sub>z</sub>, 1 saniye ve 13,6 K H<sub>z</sub> de 0,9 saniye ve bunu tanıma taşıyıcı frekansı 12,750 K H<sub>z</sub> de 6 saniye süre ile takip edecektir. B İstasyonu ise 10,2 K H<sub>z</sub>, 1 saniye, 12,000 K H<sub>z</sub> lik tanıma taşıyıcı frekansı 6 saniye, 11 1/3 K H<sub>z</sub>, 1 saniye ve 13,6 K H<sub>z</sub>, 0,9 saniye yayın yapabilir.

Her İstasyonda temel frekanslar âdi bir Caesium atomik standarttan alınmaktadır ve her frekansın yaklaşık olarak her on saniyede bir bir saniye yayınlanmasına rağmen bu bir saniyelik atmaların faz bakımından onla ilişkisi vardır ve «Koherent» türdeş bir dalga teşkil ederler. Tanıma taşıyıcı frekanslarının dışında bütün frekanslar her 30 saniyede bir «fazdadırlar». Temel frekansların

yaklaşık olarak bir saniye ara ile yayınlanmasına rağmen, 10.000 periyod bu zaman yayınlanır. Bu da faz mukayesesi için yeter derecede bilgi verecek niteliktedir. Aynı zamanda iki İstasyonun aynı frekansı vermelerine imkân olmadığı için, her gemi veya uçak gibi alıcı İstasyonda elektronik depolama (hatırlama) imkânlarının bulunması gerekir. Bu şekilde meselâ 10,2 K H<sub>z</sub> üzerinden yapılan yayınlar «hatırlanır» ve biraz sonra başka bir İstasyonun 10,2 K H<sub>z</sub> yayınları ile karşılaştırılır.

10,2 K H<sub>z</sub> lik yayınlar Omega sisteminde bir çeşit referans vazifesini görür, çünkü bu frekans özellikle birbirlerinden 15 km (yarım dalga uzunluğu) kadar ayrı sabit faz hatlarının hiperbolik bir takımını vermesi için kullanılmaktadır. O aynı zamanda öteki temel frekanslarla beraber 15 km'den fazla birbirinden ayrı bulunan hiperbolik hat takımlarına uyan fark frekanslarını meydana çıkarmak için de kullanılır. Bu geniş ölçüde aralıklı hiperbolik takımlar sistemde yanlış anlama

**Nato haberleşmesi için kurulan büyük bir VDF transmitter'in anteni.**



ların ve belirsizliklerin önüne geçmek için gereklidir.

Geminin seyrini tespit etmek için yalnız 10,2 K H<sub>z</sub> ilk faz mukayeseleri yapan seyir zabiti (kaptan) 10,2 K H<sub>z</sub> ilk sabit faz hatlarını herhangi bir belirsizliğe kapılmadan tanıyabilmesi için geminin bulunduğu yeri 7 km den daha aşağı bir hassaslıkla bilmek zorundadır. Bu tamamıyla tatmin edici olmadığından 10,2 K H<sub>z</sub> ilk takımlara daha kaba bir hat takımı eklenmiştir. Bunun için de daha alçak bir frekansa ihtiyaç vardır. Eğer bunun üçte biri, 3,4 K H<sub>z</sub> lik, bir frekans kullanılırsa hiperbolik hatların açıklığı 10,2 K H<sub>z</sub> e nazaran üç kat daha açık yani 45 km birbirinden aralıklı olur. Bu da üç 10,2 K H<sub>z</sub> hattından birinin bir 3,4 K H<sub>z</sub> hattı ile keşileceği demektir. Seyir zabiti yedi kilometre içinde bir 3,4 K H<sub>z</sub> hattını çözerse, 10,2 K H<sub>z</sub> hatlarının durumunu meydana çıkarmakta herhangi bir belirsizliğe uğramayacaktır. 3,4 K H<sub>z</sub> de VLF enerjisi Omega İstasyonlarından pek kuvvetli bir surette yayınlanamayacağından alıcıda frekans, iki temel frekans olan 13,6 ve 10,2 K H<sub>z</sub> arasındaki farktan çıkarılır.

Bu işlem hatta daha kaba hiperbolik takımlar elde edebilmek için öteki temel frekanslara da uygulanır. VLF iletiminin genel istikrarı o kadar iyidir ki, Omega şebekesinden hem gemilerin seyri için lüzumlu «sabit» noktaların sağlanmasında, hem de standart zaman ile ilgili bilgileri yaymada faydalanmak plânlaştırılmıştır. İstasyonların frekansları o kadar sıkı bir şekilde kontrol edilmektedir ki, dünya yüzeyinin herhangi bir yerindeki bir noktada standart zamanı bir mikrosaniye hassaslığı ile tespit etmek mümkün olmuştur, bu da dünyanın dört bir tarafına gidecek gemi ve uçaklara seyir bakımından ikinci bir yardımcıdır.

Ne çareki VLF iletimleri her zaman pek iyi hareket etmezler. Bir yayın sırasında gece gündüz değişiklikleri olursa bu düzensiz faz kaçıklarına sebep olur. VLF dalgaları dünyanın magnetik alanının ionosfere olan etkisi yüzünden Doğu-

ya Batıdan daha iyi yayılırlar. Bu bir gemi veya uçağın verici bir İstasyona doğru gittiği zaman «erkadan» asıl vericinin doğrultusundan gelen sinyalden daha kuvvetli bir sinyal alacağı anlamına gelir. Buz tarlalarının düşük iletkenliklerinden dolayı kutuplar gibi bazı bölgeler üzerinde yayın biraz karışıktır, aynı şekilde olağanüstü ionosferik şartlarda da.

Hoş olmayan bu etkileri ya haritalar (çok hızlı gitmeyen taşıtlarda) veya alıcı sisteme otomatik olarak sokulacak düzeltme faktörleri yardımıyla gidilmenin kabül olacağı umulmaktadır. Otomatik düzeltme kompüterlerle olacak ve doğrudan doğruya doğrultulmuş durumun okunmasını mümkün kılacaktır. Bir taşıtın yerinin tespit edilmesindeki hassaslık hiperbolik faz hattının durumlarındaki cüzi değişikliklerle sınırlanmıştır. En kötü hallerde bir pozisyon 2 km lik bir hata ile tespit edilebilmektedir, hatta bir çok durumlarda hata bundan da çok daha ufaktır.

Bütün bu ve daha başka güçlüklerine rağmen bir VLF navigasyon sistemi çok önemli bir yeniliktir ve çok büyük bir değer taşımaktadır. Halen Omega şebekesinin birçok İstasyonu bitmiştir ve muhtelif yayma yolları üzerinde ayrıntılı ölçme işlerinde çalışmaktadır. Elde geniş deneysel bilgiler toplanmıştır. 1971 lerin başında bütün dünyanın devamlı bir faz hat ağı ile kaplanacağını ve seyir işini yapan insanın yerine bir kompüterin geçeceği günün merak ve heyecanla bekliyoruz. Omega alıcısı doğrudan doğruya ve devamlı olarak bu işi üzerine alacak ve asırlardanberi ucu bucağı bilinmez denizlerde gemicilerin çekmiş oldukları zahmet ve ıstıraplar, ki onlar son 100 yıl içinde bir hayli azalmıştı, artık tarihe karışacaktır. Macellen basit pusulasıyla dünyayı dolaşırken bunu bilmemiş olsaydı, belki gemicilik bizim zamanımızda lütfi, bugün herşey çocuk oyuncağı diyecekti. Fakat insanlar dümeni geminin arkasına koyup açık denizlere açıldıktan kompüterli navigasyonu buluncaya kadar o kadar uzun yolları geçtiler ki!

*New Scientist'ten*

## OKUYUCULARIMIZA

*Birinci cilt bitmiştir, ikinci cildin mevcudu çok az kalmıştır, isteyenlerin acele etmeleri rica olunur.*

*1 - 3. ciltte yayınlanmış olan konulara ait indeks çıkmıştır, fiyatı 2 TL. dir. Ödemeli ve pul karşılığı işlem yapmadığımızı bir kez daha hatırlatırız.*