

HABERLEŞME TEKNİĞİ

Bir dakika içinde dünyada milyonlarca insan telefonla konuşmaktadır. Gittikçe çoğalan istekler her memlekette büyük güçlüklerle karşılanıyor ve haberleşme uzmanları her an, yeni buluş ve imkânlar araştırma zorunda kalıyorlar. Bugün bir tek hattın 10 800 konuşma iletmek kabildir.

Herbert HOLZWARTH

Bugün medenî bir ülkede yaşayan her insan şu dört haberleşme imkânından faydalanabilir: telgraf, telefon, radyo ve televizyon. Bunların yardımıyla dünyanın her noktasından hatta bazan uzaydan bile haber almak artık kimsenin hayretle karşılamadığı tabii birşey olmuştur: Örneğin, uydular vasıtasıyla gönderilen bilgilerin yardımıyla hava haritalarının yapılabilmesi veya ay yüzeyinin ayrıntılarının meydana çıkması. Gerçi bu bilgilerin, ya kablo bağlantıları, ya da radyo dalgaları aracılığı ile elektriksel haberleşme tekniğinin yardımı sayesinde elde edildiği herkesin bildiği bir gerçektir, fakat her birinde hangi olayların cereyan ettiği ve hangi tesislerin kullanıldığı, doğrudan doğruya bu işlerle uğraşmayanlar için yedi mühürle mühürlenmiş bir kitap gibidir.

İşte bu makalemizde herkesin bildiği bilgilerin üstüne çıkmak ve ilk önce telefon ile konuşmada meydana gelen olayları ele almak niyetindeyiz. Yukarıda söz edilmiş olan haberleşme araçları arasında son on yıllar içinde en fazla yatırıma ihtiyaç gösteren dünya çapındaki telefon tesisleri olmuştur. Bu muazzam haberleşme ağı sayesinde dünyadaki 200 milyondan fazla telefon abonesinden her biri istediği herhangi bir telefon abonesiyle ve yalnız onunla istediği gibi konuşabilir.

Bunun için iki türlü tesise ihtiyaç vardır. Birincisi abonelerin birbirlerini bulması için gerekli tesisler, ikincisi de ses dalgalarını elektriksel yollardan bu tesislere eriştiren tesisler. Bugüne kadar bunlar için iki değişik ve geniş bilim alanına ihtiyaç olmuştur. İrtibat tekniği, telefonun üzerindeki rakamlı halkanın çevrilmesinde veya daha yeni aparelerde tuşların basılmasıyla kendisiyle

konuşmasını istediğinin şahsın telefonunun sizin kine bağlanmasını sağlar. Her aboneyi bütün öteki abonelerle teker teker bir hatla bağlamak hem mânasız, hem de ödenemeyecek kadar yüksek bir paraya mal olacaktı. Daha telefonun ilk bulunduğu zamanlarda bile bunun için elle sağlanan irtibat merkezleri, santralleri kullanılmıştır. Genellikle «telefoncu kızlar» artık tarihe karışmış ve bugün birçok memleketlerde yalnız şehir içi konuşmalarda değil, şehirler arası, hatta uluslararası konuşmalarda bile bunların yerini otomatik telefonlar almışlardır. Bu otomatik telefonların bağlı oldukları merkezlerin arasındaki irtibat hatları fonksiyon bakımından ikinci teknikle, transmisyon, intikal tekniği ile ilgili tesislerdir: Kasabalar veya şehirler içindeki kısa bağlantılar için basit tel çiftleri (simetrik damar çiftleri) kullanılır ki, bunlar ya serbest hatlar olarak, ya da bugün çoğu kez daha birçok başka damar çiftleriyle beraber bir kablo içinde birleştirilir, ve yer altı kanalları vasıtasıyla bir yerden öteki yere çekilir. Bunlara alçak frekans kabloları denir ki bunun anlamı onların doğrudan doğruya elektrik titreşimlerine dönüştürülmüş ses titreşimlerini naklettikleri ve bir pikapı radyo cihazına bağlayan irtibat kablolarından başka bir şey olmadıklarıdır. Onlar bugün bile 10-20 kilometrelük uzaklıklar için intikal, iletme, transmisyon tekniğinin en ucuz şekillerdir.

İçindeki bakır tellerinin her birinin 0,4 mm kalınlığında olduğu her kabloya 2000'e kadar damar çifti sokulur. Alçak frekans kabloları çok uzak mesafelere kadar giderler, örneğin bugün Almanya'da hâlâ eski, amplifikatörlerle donatılmış birkaç yüz kilometre uzaklıklarda kullanılan alçak

frekans kabloları vardır. 1920 yıllarında taşıyıcı frekans tekniği ortaya çıkınca, ekonomik sebeplerle alçak frekans, kablo tekniğinin gittikçe daha fazla yerine geçti, bu teknik bir tek fiziksel hattın aynı zamanda birçok konuşmalar için kullanılmasını sağlayabilmiştir, bugün hemen hemen 30 km den uzak mesafeler için tamamiyle bu tesisler kullanılmaktadır.

Bu teknik telefon alanında uygulmasının 50 yıllık jübilesini bile kutlamıştır ve eskiden kullanılmış olan radyo dalgalarının yardımıyla yapılan transmision tekniğinin aynı prensiplerine dayanmaktadır. Bilindiği gibi bunların esasını da geçen yüzyılın doksanıncı yıllarında Marconi tarafından yapılan deneyler ortaya koymuştu. İlk taşıyıcı frekans sistemi 1918 de Amerikada Pittsburg ile Baltimore şehirleri arasında işletmeye konmuştur; aynı zamanda Almanya'da Berlin ve Potsdam arasında başarılı deneyler yapılmaktaydı.

Taşıyıcı frekans tekniğini sonuç bakımından tam doğru olmamakla beraber, esas noktalarını açıklamağa faydalı olması bakımından, bir misal ile izaha çalışacağız. Lâ sesini veren bir diyapazonu, ses çatalını aynı cinsten, yani gene lâ sesi veren ikinci bir ses çatalını bir kaç metre uzağında tutarsak, birincinin titreşirken meydana getireceği titreşimler derhal ikincinin de lâ sesi üzerinden titreşmesine sebep olur.

— Daha yüksek veya alçak ses titreşimleri verebilen ses çataları ise birinci ses çatalının ne kadar yakınında olurlarsa olsunlar, hiç bir şekilde ona aldırış etmezler. Şu halde birinci ses çatalı bir verici, ikincisi de yalnız bu verici istasyona ayarlanmış (akord edilmiş) bir alıcıdır. Eğer biz şimdi verici ses çatalını belirli sürelerde daha kuvvetli veya daha hafif çalıştırsak, alıcı ses çatalı da bu «modülasyon»a uyacak ve aynı sürelerde daha kuvvetli veya daha hafif ses çıkaracaktır. Şimdi bu şekilde bir taraftan verilen mors sinyalleriyle öteki tarafa bir haberin ileştirilebileceği pek güzel anlaşılır. Böylece basit bir şekilde iki ses çatalı arasında havadan geçen bir haberleşme kanalı meydana getirmiş olduk. Verici ve alıcı taraftaki ses çatalı çiftlerinin sayısını arttırmak ve bu yeni çiftlerin herbirinin ötekileri fazlasıyla etkilemeyecek sesler vermelerini sağlamak suretiyle bu sistemi çok kanallı yapmak kabül olacağı kolaylıkla anlaşılır.

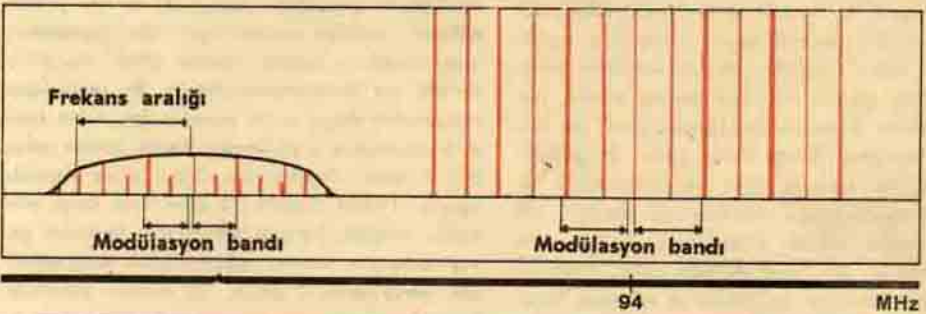
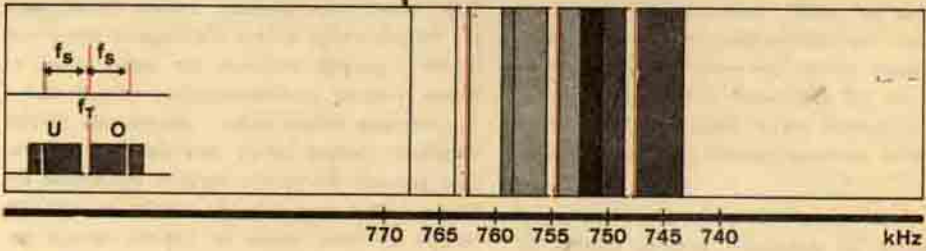
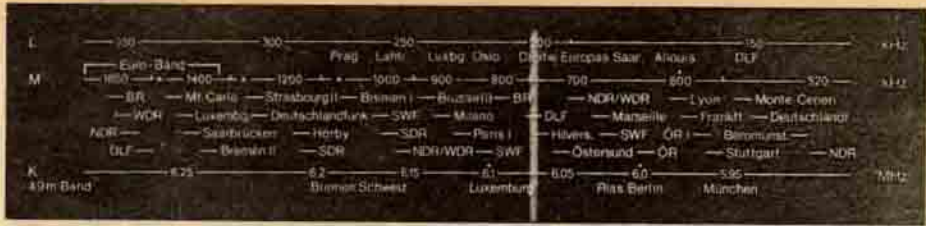
Şimdi mesele haberleşme tekniğinin meslek terimlerini yerli yerine koymaya kalıyor. İlk söz edilen halde taşıyıcı frekans lâ notasıdır, ses şiddetindeki değişiklikler bu taşıyıcı frekansın mo-

dülasyonlarıdır, taşıyıcı frekans da haber taşıyıcı olarak kullanılmaya elverişlidir. Her ses çatalı çifti böyle bir taşıyıcı frekansa tekabül etmektedir; herçift bir «kanal» teşkil eder; ve her kanal üzerinden ötekilerden bağımsız olarak «ses şiddetindeki değişikliklerin temposunda» haberler bir taraftan öbür tarafa intikal ettirilir. Her kanal aynı fiziksel iletken, yani ses çatalı çiftlerinin arasındaki havadan geçer.

Bu radyoda da başka türlü değildir. Yalnız burada ses dalgalarının yerine elektromanyetik dalgalar geçer. Her istasyonun kendine özgü bir taşıyıcı frekansı vardır ve bütün radyo programları bunun üzerine modüle edilir. Evimizdeki radyo cihazı ise, aslında basamaklı akord edilebilen «elektronik bir diyapazon»dan başka bir şey değildir ve her an istenilen frekansa göre titreşir ve bizim yalnız, yukarıda o taşıyıcı frekans üzerindeki modülasyon olarak açıkladığımız, ses şiddeti değişikliklerini işletmemizi sağlar.

Yalnız burada, örneğin bir mikrofonun aldığı ve doğrudan doğruya elektrik titreşimlere dönüştürülen haber sinyalleri çok daha yüksek bir elektrik titreşimi üzerinde modüle edilir, ve bir anten vasıtasıyla elektromanyetik ışınlar halinde ışık hızıyla uzaya yayılırlar. Taşıyıcı frekans olarak bugün türlü maksatlar için hemen hemen elektromanyetik titreşimlerin bütün alanından faydalanılmaktadır. Yaklaşık olarak 10.000 milyon Hertz'e kadar (Hertz = saniyedeki titreşim sayısı). Örneğin radyo cihazlarımızdaki uzun dalga alanı için 100.000 ile 300.000 Hertz arası, orta dalga alanı için 500.000 ile 1,6 milyon Hertz arası ve kısa dalga alanı içinde 3 ile 30 milyon Hertz arası kullanılır, ultra kısa dalgalar ise yaklaşık olarak 100 milyon Hertz'dedir. Elektromanyetik taşıyıcıların dalga uzunlukları titreşim sayısı çoğaldıkça o oran da kısaldığından bu değişik alanları aynı zamanda dalga uzunluklarıyla da ifade etmek kabildir ve radyo cihazlarındaki istasyon adları ve yerleri çoğun bu esasa göre düzenlenmiştir. Buna göre 3000-1000 metre uzunluktaki dalgalar uzun dalga, 600-200 metre arasındakiler orta dalga 100-10 metre arasındakiler kısa dalga ve 3 metrelikler de ultra kısa dalgalardır.

Kaba bir açıklama ile birbirinden prensip bakımından tamamiyle ayrı iki modülasyon türü bulunduğunu söyleyebiliriz: Amplitüd modülasyonu (AM) ve frekans modülasyonu (FM). Amplitüd modülasyonu yukarıda sözü edilen ses çatalı misalindeki «ses şiddetindeki değişiklikleri» ne uy-



Radyomuzda dinlemek için herhangi bir istasyonu seçtiğimiz zaman ibreyi aslında nenin üzerine getiriyoruz? Bu sualle haberleşme tekniğinin önemli bir kavramını belirtmek kabildir. Her istasyonun kendi programını yayabilmek için bir kanala ihtiyacı vardır, yani alışılmış mânada bir nokta üzerine ayar etmeğe imkân yoktur. Orta dalgada herhangi bir istasyonu dinlemek isteyen biri meselâ ibreyi onun taşıyıcı frekansı olan 755 kilohertzin üzerine getirir. Fakat istasyonun frekans bandının kendisi ise taşıyıcı frekansın her iki tarafında 4500 hertz genişliğinde iki alanın içindedir. Üst şekil bu durumu gösterir; bu genellikle amplitüd modülasyonunun durumudur. Soldaki küçük kroki taşıyıcı frekansı renkli çizgi olarak göstermekte ve iki siyah dikey çizgi de bu taşıyıcı frekansa modüle edilen oldukça yüksek bir tonu göstermektedir. Gri bölge ise yayılabilecek bütün ses yüksekliklerinin tümüne tekabül etmektedir: böylece onların taşıyıcı frekansın sağında ve solunda yanyana bir yan band meydana getirdikleri görülür. Yan yana iki istasyonun bandları taşıyıcı frekansların birbirine çok yakın olması yüzünden birbirini üzerine gelirse, işte o zaman «Orta dalga salatası» dediğimiz şey olur... Frekans modülasyonunda (alttaki şekil) yan bandlar başka türlü gözükürler. Başka renklerle gösterilen değişik yüksek tonlar (sol kroki) amplitüd modülasyonda olduğu gibi yalnız bir yerde ortaya çıkmazlar, aynı zamanda birçok kere ve birçok değişik şiddette gözükürler. Bu halde de tonların tümü «Frekans aralığı» ile gösterilen bant alanını doldururlar, kalıp bununla beraber çok daha karışıktır. «Modülasyon bandı» kavramı esas itibariyle programın yayını için kullanılan bant alanını belirtir. Alt şeklin sağ kısmı bu tonların taksimat üzerindeki durumunu yukarıdaki şekle kıyasla bir kere daha büyütülmüş bir ölçekte gösterir.

maktadır, amplitüd deyince titreşen bir sistemin titreştiği en büyük açıklık derecesini anlarız. Bir ses çatalında titreşme amplitüdü, titreşim «daha şiddetli» olacak şekilde değişirse, tabii ses şiddeti de artar.

Ses çatalının asıl normal tonu, sesi (yukarıdaki misalde lâ tonu) etrafındaki ses yüksekliği değişiklikleri frekans modülasyonuna tekabül eder ve burada ses şiddeti (veya amplitüd) tamamiyle sabit kalır. Ses yüksekliğinin maksimum sapsmasına «frekans aralığı» adı verilir. Şekillerde açıkladığımız her iki modülasyon türünün de daha birçok yan örnekleri vardır, fakat burada yalnız bir tarafı bant modülasyonundan (EM) söz edilecektir.

✚ Bir sesin değişik tonlardan bir araya geldiği matematiksel bir doğrulukla, «Fourier analizi» ile, ispatlanabilir. Bu sayede zaman bakımından değişen, periyodik tekerrür eden olayların o andaki bileşimi tespit edilebilir. Böylece amplitüd modülasyonunda taşıyıcı frekansın üst ve altında, modüle edilmiş frekansın uzaklığında, birer yan frekansın meydana geldiği ortaya çıkar. Ses yüksekliği değiştiği takdirde, ilgili yan frekansların taşıyıcı frekanstan olan uzaklıkları da değişir, çok yüksek tonlar uzakta, alçak tonlar ise ona daha yakındırlar. Bir haberleşmenin nakli, transmisyonu için kullanılan en yüksek ve en alçak tonların arasındaki alan, buna uygun olarak taşıyıcı frekansın üst ve altında «bant» adı verilen bir açıklığı doldurur. Verilen haber sinyallerinin tamamiyle anlaşılabilmesi için bu bantın yeter derecede geniş olması gerekir. Bunun için iyi anlaşılabilir bir telefon konuşmasının nakli için 300-3400 Hertzlik bir ton frekans bandına ihtiyaç vardır. İnsan sesinin frekans alanı 100 ile 10.000 Hertz arasında bulunduğu için bunların telefon konuşmasında kesilmesinin yalnız bazan üst tonların kaybolması ve çoğun güçlüğüle fark edilebilen cızırtılar şeklinde ortaya çıkması hayret vericidir. Bu durumda taşıyıcı frekansın yanında birbirinin aynadaki görüntüleri şeklinde iki yan bant meydana gelir ki bunların her birinin genişliği $3400 - 300 = 3100$ Hertz'dir. Her ikisinde de aynı bilgi vardır, fakat haberlerin nakli bakımından önemli olan yalnız biridir, bu gerçekten tek taraflı bant modülasyonunda yararlanılmıştır, ki bundan ileride söz edeceğiz.

Örneğin orta dalgalı radyo yayınlarında kullanılan amplitüd modülasyonlu bir transmisyonda bir haberleşme kanalı için yaklaşık olarak 7000 Hertz'e ihtiyaç olacaktır, fakat daha iyi bir ses

kalitesi elde edebilmek için 9000 Hertz seçilmiştir. Frekans modülasyonuna gelince burada durum tamamiyle başkadır, burada modülasyon frekansı ve bunun katları kadar mesafede taşıyıcı frekansın iki tarafında, frekans aralığından biraz büyük olan bir mesafeye kadar yan frekansları meydana gelir. Haber titreşimlerinin ton yüksekliği değişirse, de bantlarının genişliği aşağı yukarı aynı kalır, yalnız onun içindeki frekans hatları değişir; frekans aralığı gittikçe küçülürse, o zaman yan bantların genişliği minimum bir değere ulaşır ki bu da amplitüd modülasyonunkine tekabül eder.

Ultrakısa dalgalı radyo yayınlarında 88-100 megahertz (milyon hertz) arasındaki taşıyıcı frekans alanında ise 75.000 hertz'lik maksimum bir frekans siası ile çalışılır, spektrum 150.000 hertzlik bir bantı kapsar ve 150.000 hertzlik bir modülasyon genişliğini kaplar, ki bu da yüksek kalitede müziğin verilebilmesi için lüzumludur. İnsan kulağı, insanın yaşına göre 40-16000 hertzlik ses titreşimlerini alabilir. Bu geniş band ihtiyacından dolayı radyo yayınları için kanal sayısı sınırlanmıştır, o yüzden bu alanda telefon şebekesi kurmak imkânsızdır. Orta dalga alanında kanalları 9.000 hertzlik ve ultra kısa dalga alanında 100.000 hertzlik mesafelerle birbirine yanaştırırsak, her alanda değişik radyo programları için yalnız yaklaşık olarak 100 kanalın bulunacağı anlaşılır. Bunlar istasyonlara milletler arası konferanslarda tahsis edilir, bununla beraber akşamları uzak radyoları almak isteyince istasyonların meydana getirdikleri bir «ortadalga salatası»nın önüne geçmeğe imkân yoktur.

Posta işlerinde kullanılan telefon konuşmalarında kablo üzerinde taşıyıcı frekans tekniğini kullanmak ve bir tek damar çifti üzerinden aynı zamanda pek çok konuşmalar yapmak kabildir. Burada istenildiği kadar çok kablo sarmak ve her kabloda daima aynı frekansları kullanmak kabildir. Burada bir taraflı bant modülasyonundan faydalandığı için kanal başına minimum olarak yalnız 3100 hertz'lik bir bantta ihtiyaç vardır, teknik sebeplerden kanaldan kanala olan mesafe milletlerarası standartlara göre 4000 hertze çıkarılmıştır.

Aynı şekilde gene tamamiyle teknik sebeplerden dolayı kanal demetlerini gruplara ayırmışlardır. İlk (primer) grup $12 \times 4000 = 48.000$ hertz'lik bir bandla 12 kanaldan meydana gelmiştir. Bu band çoğukez $60.000 - 108.000$ hertzlik ($108.000 - 60.000 = 48.000$) taşıyıcı frekanslar arasına «sokulur», bununla beraber frekans de-

ğıştırıcıları sayesinde istenilen her frekans pozisyonuna yuvarlanabilir. Sekonder grup beş primer grubu kapsar ve böylece 60 kanal, üçüncü grup 300 kanal, dördüncü grup da 900 kanal olur.

Pratikte uygulanan en yeni transmisyon sistemi, 12 megahertz sistemi adı verilen bir sistemdir, bunun 0,3 ten 12,5 megahertze kadar kapsayan transmisyon bandında 2700 kanal yan yana bulunmaktadır. 12 kanallık temel grup üzerine bina edilerek daha birçok başka ara değerler oluşturulur ki, bunlardan 24 ve 120 kanallı sistemler en fazla kullanılanlardır.

120 ye kadar olan kanal sayısı için genellikle simetrik damar çiftleri kullanılır, daha büyükleri için ise Koaxial Kablolar adını taşıyan kablolar (tüpler) den faydalanılır, bunlar yuvarlak bir iç iletkenin meydana gelirler, bunun etrafına da dış iletkenin silindirik şeklindeki zarfı sarılıdır. Bu koaxial kabloların parazitlere karşı çok iyi bir koruyucu niteliği vardır; ne dışarıdan herhangi önemli bir paraziti alırlar, ne de kendileri dışarıya herhangi bir parazit yayırlar. Bu, böyle birçok tüplerden meydana gelen bir kabloda koaxial hatların birbirini etkilememesi çok önemlidir.

Bütün metal transmisyon hatlarının tipik bir niteliği vardır: elektrik akımları yollar boyunca eksponensiyel bir surette zayıflarlar: yani belirli bir mesafe boyunca daima başlangıç değerinin yarısı kadar azalır. Bundan başka nakledilen frekans ne kadar yüksek olursa, bu azalma da o kadar fazla olur. Bu bakımdan bütün transmisyon hatları amplifikatörlerle donatılmalıdır.

Öte yandan nakledilen bant ne kadar geniş olursa, yani kanal sayısı ne kadar çok olursa, amplifikatör uzaklığı da o kadar az olur. Kaba bir kural, kanallar üç katına çıkarıldığı takdirde, amplifikatör uzaklığı yarıya indirilebileceğini açıklar. 300, 900 ve 2700 kanallık sistemler için amplifikatör uzaklığı normal tüpler (iç iletken çapı 2,6 mm) kullanıldığı takdirde 18, 9 ve 4,5 km dir.

Şu anda dünyanın en büyük birkaç laboratuvarında daha büyük bir koaxial kablunun gelişimi üzerinde çalışılmaktadır. Bu sayede bir tek koaxial kablo üzerinde 10.800 kanaldan faydalanmak kabül olacaktır. Buradaki transmisyon bandı 4 ten 60 megahertz'e kadar uzayacak ve amplifikatör uzaklığı da yaklaşık olarak 1,6 km olacaktır.

Bunun için gerekli hat amplifikatörlerinin transistörlerin bulunmasından önce yapılması mümkün değildi. Bu sistemle bundan sonraki 10-20 yılın transmisyon ihtiyaçlarının karşılanacağı tahmin edilmektedir. Bu sistemin 8 tüplük

bir kablo aynı anda 43.200 konuşmanın yapılmasını sağlamaktadır.

Şu anda örneğin Almanyada ana hatların ortalama yoğunluğu yaklaşık olarak 3000 konuşma devresi (kanal) tutmakta ve en fazla konuşulan hatta 10.000 konuşma devresi bulunmaktadır ki bu da şimdilik böyle yüksek kapasitede bir sisteme geçmeğe daha ihtiyaç olmadığını gösterir. Fakat böyle bir sistemi ilk olarak işletmeye koyacak Avrupalı ülke İsviçre olacaktır, çünkü burası 100 kişiye 40 telefon düşen İsviçre ile beraber Avrupanın en çok telefonla konuşan ülkelerinin başında gelir. Almanyada 100 kişiye düşen telefon sayısı 20 dir.

Dünya Savaşından sonra kablo transmisyonu ile rekabet edecek başka bir teknik geliştirildi: bu da yönettirmiş radyo dalgalarından faydalanma tekniğidir. Burada da kablolarinkine benzeyen bir düzenlilik vardır, bir radyo ışını üzerine ne kadar fazla kanal modüle edilebilirse, konuşma devresine düşen maliyet de o kadar az olur. Bunun için gerekli band genişliği ihtiyacı ancak ultra kısa dalga alanının dışında ve desimetre ve santimetre dalgaları alanında sağlanabilecektir. Burada da milletlerarası anlaşmalarla kullanılacak frekans alanları tespit edilmiştir, başlıcaları, 1700-2300 megahertz (yaklaşık 20 santimetre dalga uzunluğu) 2800-4200 megahertz (yaklaşık 7 santimetre dalga uzunluğu), 5900-8500 megahertz (4-6 santimetre dalga uzunluğu) ve 11000 megahertz'in üstü (3 santimden küçük dalga uzunlukları) dir.

Mikro dalgalar adını alan bu dalgaların alanlarının çok küçük antenlerle, sık demetli bir noktaya yönettirmiş, radyo ışınları üretebilmeleri gibi bir üstünlükleri vardır, adeta projektörlerle ışığın bir noktaya yönetildiği gibi. En fazla kullanılan anten tipi 3 metre çapındaki parabolik aynadır. Bu sayede tipik değeri 10 watt civarında olan bir elektrik gücü ile öyle uzaklıklara yayın yapmak kabildir ki, sınırı yalnız, ışığın bir yerden bir yere ulaşmasını önleyen engellerdir. Mikro dalgalarının ışık dalgalarına karşı bir üstünlüğü de sis ve bulutların içinden geçebilmeleridir. Aşağı yukarı 50 metrelik anten kulesi yüksekliğinde verici ile alıcı arasındaki tipik uzaklık yuvarlak olarak 50 kilometreyi bulmaktadır. Röle istasyonlarının (alıcı → amplifikatör → verici) yapılmasıyla bu 50 kilometre uzaklık istenildiği kadar büyütülebilir. Örneğin Avrupanın en uzun radyo telefon hattı İsviçre'den Sicilyaya kadar 100 röle istasyonu ile 4000 kilometreyi bulmaktadır.

Radyo telefon hatlarında bugün tamamiyle frekans modülasyonu kullanılır ve kablo hatlarında olduğu gibi burada da kanalların kümelenmesinde tek taraflı band cihazları kullanılır. Burada bütün kanalların dalga karması doğrudan doğruya temel bant halinde hatta verildiği halde, radyotelefonlarda radyo taşıyıcısı frekansa modüle edilir. Halen en fazla kullanılan ve 900 kanal esasına göre çalışan 4 gigahertz-geniş, bant sisteminde (giga hertz=milyar hertz) radyo telefon taşıyıcısının frekans sırası aşağı yukarı ± 5 megahertz'dir ki bunun bozulmadan nakli için 30 megahertz'lik bir radyo frekans bandına ihtiyaç vardır. 3,6 - 4,2 gigahertzlik banda dokuz radyo frekans kanal çifti yerleştirilebilir ki bu da bir radyo telefon hattında aynı anda 6000 konuşmaya müsaade eder. 6 gigahertz alanındaki yeni bir sistem bir radyo telefon taşıyıcısında 1800 konuşma bandını ve sekiz radyo telefon kanalında yaklaşık 12.000 konuşma kanalını bir araya getirir. Birçok radyo telefon taşıyıcısı için beraberce bir tek antenden faydalanılır.

Röle istasyonlarının görevi frekans modüle edilmiş titreşimleri şiddetlendirmek olduğu halde — bir radyo hattının gücünün düşmesinin tipik bir değeri, yani verici çıkış gücünün alıcı giriş gücüne olan oranı, 1:1.000.000 dur — alıcı noktasında temel bandı bir frekans demodülatörün yardımıyla tekrara yeniden elde edilir.

Televizyon resimlerinde konuşmaların 3100 hertz bant genişliği yerine 5 megahertzlik bir frekans bandına ihtiyaç vardır. Bu bakımdan bir televizyon programı yaymak için 1200 kadar konuşma kanalını feda etmek zorunluluğu vardır. Bundan dolayı 1200 den fazla kanalı olan kablo sistemleriyle 960 dan fazla olan radyo telefon sistemleri televizyon programlarının yayılması veya konuşma kanal kümeleri olarak seçilir. Pratikte mamafî birçok değişik nedenlerden dolayı televizyon programları hemen hemen tamamiyle radyo telefon hatları üzerinden ve nadiren kablo hatlarıyla yayınlanır.

Deniz ve okyanuslardan geçiş, haberleşme tekniği için daima özel ve güç bir problem teşkil etmiştir. Bunun için son zamanlara kadar denizaltı kablolarından faydalanılmışsa da, bunlar yalnız yavaş telgraf sinyallerini nakledebiliyorlardı. 1950 de telefon konuşmaları için işe yarar bir denizaltı amplifikatörü geliştirmek ve bundan oldukça kısa bir mesafede faydalanmak kabil oldu. Nihayet 1957 de Avrupa ile Amerika arasında ilk denizaltı telefon kablosu TAT 1'i döşemek ve ta-

şıyıcı frekanstan faydalanarak aynı zamanda 36 konuşma yapmak kabil oldu. Şimdiye kadar Avrupa ile Amerika arasında daha birçok kablo döşenmiştir, bunlardan sonuncusunun tarihi 1970 dir; TAT 5, bu aynı anda 720 konuşmaya elverişlidir.

Denizaltı amplifikatörlerinin birbirinden uzaklığı konuşma devresine bağımlıdır ve örneğin TAT 3 ve TAT 4 için 38 km; bunlara Amerika ve İngilteredeki ilgili kara noktalarından kablunun iç iletkeni üzerinden elektrik akımı verilir. 4200 km uzunluğundaki bir hattın tüm maliyeti, TAT 1 için, o zaman yuvarlak 400 milyon TL kadardı. Kıtalar arasındaki bu muazzam uzaklıkları yenmek için ikinci bir imkân da haberleşme uydularıdır. Uzunluğu dev adımlarla gelişmesi sonucu olarak 1962 de ilk haberleşme uydusu «Telstar» Bell laboratuvarlarında hazırlanmış ve Amerika tarafından yörüngeye konulmuştu. Böylece insanlık tarihinde ilk olarak, yalnız telefon konuşmaları değil, televizyon sinyalleri de Avrupa'ya gönderilebilmiştir.

Hâlâ alçak yüksekliklerde dünya etrafındaki yörüngesinde dönen bu ilk deney uydusunu, RCA tarafından yapılan «Relay» ve 1964 te Hughes firmasının: «Syncom» izledi. Syncom 36.000 km'deki yörüngesinde dönmekte ve dünya gibi 24 saatte bir tam dönüş yapmaktadır, bu yüzden de dünyadan daima hareketsiz ve aynı yerde görülmür. Bu yüzden ondan, yönlendirilmiş radyo ışınları için bir röle istasyonu olarak faydalanmak kabilidir.

Ticari maksatlarla atılan Synchron-uydu (dünya ile aynı zamanda dönen) «Early Bird» in 240 konuşma kanalı vardı ve 1968 Eylülünde yerini dünya çapında bir haberleşme sistemi için tasarlanan «Intelsat III» e bıraktı, bunun kapasitesi 1200 konuşma kanalı veya bir televizyon programıdır.

Şu anlarda yeni bir uydu tipi geliştirilmektedir, kapasitesi 6000 kanal olacaktır. Bu uydulardan faydalanabilmek için karadaki nispeten küçük istasyonlu radyo telefon tesislerine karşılık, birçok kilowatt gücünde ve çok hassas tesislerle döşenmiş dev zemin istasyonlarına ihtiyaç vardır, anten aynasının çapı 25-30 metre tutmaktadır. Büyük uzaklıkları aşmak için denizaltı kablosu ile haberleşme uyduları arasındaki rekabet sürüp gidecek ve karadaki bağlantılar gibi her iki teknikten de gelecekte yan yana faydalanılacaktır.