

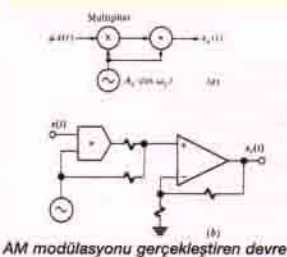
Modülasyon

Günümüzde insanlığın sahip olduğu en önemli kaynaklardan biri bilgidir. Hızla değişen gündemi yakalamak ya da gelişmelere katkıda bulunabilmek için, insanların sahip oldukları bilgi birikimini paylaşmaları gerekmektedir; dolayısıyla, bilginin bir yerden başka bir yere en kısa sürede taşınması önem kazanmaktadır. Bu nedenle iletişim teknolojisi birçok iş kolunda kullanılmaktadır. Her iş kolunda taşınacak verinin yapısı değiştiğinden, iletişim teknolojisi her alanda farklı özelliklere sahiptir. Ancak, veri üzerinde gerçekleştirilen işler temelde aynıdır. İlk önce taşınacak verinin elektronik ortamdaki değişkenlerle ifade edilmesi gerekmektedir. Bunun için veri, algılayıcılar ya da dönüştürücüler yardımıyla, voltaj veya akım değerlerine çevrilmekte ve elde edilen bu sinyal verinin taşınacağı ortama aktarılmaktadır. Sinyaller, atmosferden fiber-optik kabloya kadar birçok farklı ortamda taşınmaktadır. Daha sonra bu sinyaller, bir cihaz yardımıyla algılanmakta ve bazı işlemler sonucu içindeki bilgiler çıkarılmaktadır.

Taşıdığı ortam sinyal üzerinde bazı olumsuz etkiler göstermektedir. Dış dünyadaki değişimler veya diğer sinyaller, taşınan sinyalin bozulmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra ortamın getirdiği bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. Bu nedenle, sinyalin mümkün olduğunca az bozunuma uğraması için, sinyal üzerinde bazı işlemler gerçekleştirilmektedir. Bir başka deyişle sinyalin taşıdığı ortama uygun hale getirilmesi için işlenmesi gerekmektedir. Sinyale istenilen yapıyı kazandıran bu işleme modülasyon denmektedir.

Modülasyon Yöntemleri

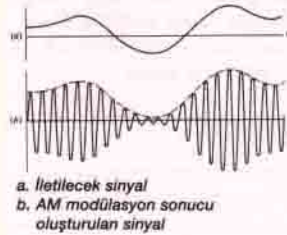
Modülasyon işleminde iki sinyal kullanılmaktadır. Bunlardan biri iletilmesi gereken sinyal, diğeri taşıyıcı sinyaldir. Modülasyonun amacı, iletilmesi gereken sinyalde meydana gelen değişikliklerin taşıyıcı sinyali şekillendirmesini sağlamaktır. Böylece iletilmesi gereken sinyal, taşıyıcı sinyal üzerinde ifade edilmektedir. Modülasyon, tersine çevrilebilen bir işlem olduğundan, alıcılar, oluşan sinyalden gerekli sinyali çıkartabilmektedir. Alıcının gerçekleştirdiği bu işleme demodülasyon denmektedir.



AM modülasyonu gerçekleştiren devre

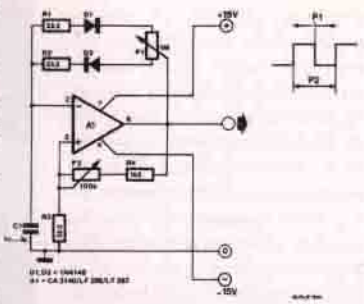
Sinyaller analog ve dijital olarak iki grupta toplanmaktadır. Analog sistemler, zamanın sürekli fonksiyonu olan sinyallerdir. Bir başka deyişle, sürekli değişim gösteren sinyallerdir. Dijital sinyallerse, herhangi bir zaman aralığında belirli değerler alan sinyallerdir. Bu iki farklı gruptaki sinyallerin modülasyonunda farklı yöntemler kullanılmaktadır. Analog sinyallerin modülasyonunda, yaygın olarak bilinen iki modülasyon türü kullanılır. Bunlar, AM ve FM modülasyonlarıdır. AM terimi, İngilizce'de genlik modülasyonu anlamına gelen iki kelimenin baş harflerinden oluşturulmuştur. İsminden de anlaşılacağı gibi AM'de asılan genliğin değişimini sağlamaktır. Bunun için taşınacak sinyal kendinden daha yüksek frekansa sahip bir sinyal ile çarpılmaktadır. Böylece, yüksek frekanstaki taşıyıcı sinyalin genliği, taşınması gereken sinyalce belirlenmiş olmaktadır. Matematiksel analiz yapıldığında, iki sinyalin çarpımıyla elde edilen sinyalin, taşıyıcı sinyalin frekansına yakın bir frekansa sahip olduğu görülmektedir. Bu da düşük frekanstaki bir sinyalin daha yüksek frekanslarda taşındığının bir göstergesidir. Analog sinyallerin modülasyonunda yaygın olarak kullanılan bir başka yöntemse, frekans modülasyonudur (FM). Bu modülasyon türünde de, iletilmek istenen, sinyal taşıyıcı sinyalde bir faz farkı oluşturmaktadır. Böylece frekans zamanla değişen bir sinyal elde edilmektedir. Oluşturulan sinyalin frekansındaki değişimler, iletilmek istenen sinyalin değişimlerinin göstergesidir. Oluşan sinyalin frekansı taşıyıcı sinyalin frekansına yakın değerlere sahiptir. Bu yöntemde de iletilmesi gereken sinyal kendi frekansından farklı bir frekansta iletilmektedir.

Dijital sistemler temel olarak 0 ve 1 değerlerinden oluşmaktadır. Bu sinyallerin iletilmesinde yaygın olarak PAM modülasyonu kullanılmaktadır. Bu modülasyonda kısa süreli kare dalgalar taşıyıcı sinyal olarak kullanılmaktadır. Temel mantık, 0 değerleri için sinyal göndermemek, 1 değerleri için ise kare dalga göndermektir. Ancak 0 ve 1 değerlerinin iletilmesinde daha değişik yöntemler de kullanılabilir. Örneğin 1'ler için pozitif, 0'lar içinse negatif genliğe sahip kare dalgalar gönderilebilir. Bu modülasyon, iletişimde kullanılan önemli bir yöntemin temelini oluşturmaktadır. Analog sinyallerin belirli anlardaki genlikleri iletildiğinde, bu de-



a. İletilecek sinyal
b. AM modülasyonu sonucu oluşturulan sinyal

Şekildeki devrede, A1 Op-amp'ı frekans P2 potusya ayarlanabilen bir kare dalga yaratmaktadır. Devreye enerji verildiğinde op-amp'ın çıkışında yüksek voltaj olduğunu düşünelim. Bu durumda op-amp'ın, "x" girişi R4, P2 ve R3 üzerinden beslenmektedir. C1 kapasitörü yeterince yüklenmediğinde op-amp'ın "x" girişindeki gerilim "-" girişinden büyük olacaktır. C1 kapasitörü dolduğunda op-amp'ın "-" girişindeki gerilim "x" girişindeki gerilimden büyük olur ve op-amp'ın çıkışında negatif gerilim oluşur, C1 kapasitörü boşalmaya başlar. Böylece op-amp'ın çıkışında bir kare dalga elde edilmiş olur. Devredeki P1 potu ayarlanarak kapasitörün dolma ve boşalma süresi değiştirilebilir. Böylece kare dalgalının frekansı sabit tutulurken, kare dalgalının pozitif veya negatif gerilimde kalma süresi değiştirilebilir.



ğerlerden iletilmesi gereken sinyal elde edilebilmektedir. Bir başka deyişle iletilen sinyalden belirli anlarda örnekler alınmakta ve sadece belirli anlardaki değerlerden sürekli bir sinyal oluşturabilmektedir. Burada kısaca özetlemeye çalıştığımız bu yöntem, temelini geniş bir matematiksel analizden almaktadır.

Sağladığı Kolaylıklar

Daha önce belirttiğimiz gibi, iletilen sinyalin, taşınacağı ortama uygun bir yapıda olması gerekir. Bir sinyalin istenilen yapıda olmasını belirleyen en önemli kriter, sinyalin frekansıdır. İletişim teknolojisinin ilgilendiği başlıca sinyaller, belirli bir frekans aralığına sahiptir. Genelde bu sinyaller düşük frekans değerlerine sahiptir. Örneğin bir ses sinyali 100 Hz'in altındaki bileşenlerden oluşmaktadır. Ancak modülasyon sinyalin istenen frekansta taşınmasını sağladığından, etkin bir iletim sağlamaktadır.

Bir sinyalin taşıyabileceği bilgi miktarını sinyalin frekans aralığı belirlemektedir. Örneğin 5 GHz'lik frekansa sahip bir mikrodalga sistemi, 500 kHz'lik bir radyo kanalından on bin kat fazla bilgi taşıyabilmektedir. Daha yüksek frekansa sahip bir lazer ışını ise on milyon televizyon kanalının gerçekleştirebileceği taşıma potansiyeline sahiptir. Ancak yüksek frekanslarda bilgi taşıma daha yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Maliyetin optimum değerinde olması için, bir kanalda iletililecek sinyal aralığının, taşıyıcı sinyalin frekans oranının % 10'un altında olması gerekmektedir. Yüksek frekansta bilgi taşımının, donanım açısından getirdiği başka kolaylıklar da bulunmaktadır. Bir sinyalin etkin iletimi için, kullanılacak antenin boyunun, sinyalin dalga boyunun onda birinden büyük olması gerekmektedir. Sinyallerin dalga boyu da frekanslarıyla ters orantılıdır. Bir ses sinyalinin 100 Hz'den daha düşük frekansa sahip bileşenleri olduğu düşünülürse, bu bileşenlerin iletilmesi için yaklaşık 300 km uzunluğunda bir antene ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak yaklaşık 100MHz'lik bir FM yayını için bir metrelik bir anten yeterli olmaktadır. Taşınması gereken sinyaller, vericiden alıcıya

ulaştığı ana kadar bazı dış etkenlere maruz kalmakta ve bozulmaktadır. Bu etkenlerin temel olarak iki nedeni vardır: Bunlardan birincisi, ortamda bulunan diğer sinyallerdir. Bu sinyaller de iletişim için kullanılan sinyaller, yani iletişim sistemlerinin ürettiği sinyallerdir. Bu sinyaller girişime uğradıklarından birbirleri üzerinde olumsuz etkiye sahiptirler. Sinyallerin bozulmasına neden diğer etkense, doğal şartlardır. Sıcaklık değişimi ya da atmosferdeki elektriklenme gibi doğal olaylar gerilim değişimlerine neden olduklarından sinyalleri bozarlar. Gürültü adı verilen bu olayın ne gibi etkilere sahip olacağı önceden kestirilemez. Ancak kullanılan filtreler gürültüden kurtulmada etkin rol oynamaktadır. Sinyaller üzerindeki bu olumsuz etkiler incelendiğinde, bu etkilerin de sinyaller olduğu görülmektedir. Bu sinyaller de belirli bir enerji taşımaktadır. Bir sinyalin bozunuma uğrayıp uğramadığını da, sinyalin enerjisinin bu etkenlerin enerjisine oranı belirlemektedir. Eğer iletilen sinyalin enerjisi yükseltileirse, dış etkenlerin neden olduğu bozulmalar minimuma düşürülecektir. Bir sinyalin enerjisini belirleyen temel kriter de frekanstır.

Modülasyon'un belli de en önemli faydası, sinyallerin ayırt edilmesini sağlamıştır. Bir ses sinyalinin frekansının değeri daha önce değindiğimiz gibi 100 Hz'in altındadır. Bu durumda yayın yapan radyoların sinyallerinin ayırt edilmesi oldukça güçtür. Bunu kalabalık bir odada durmadan konuşan bir topluluk içinde bir kişiyi duymaya benzetebiliriz. Herkesin sesi 100 Hz'in altında olduğundan birini diğerinden ayırmak güçtür. Ancak modülasyon yardımıyla her radyo, yayını belirli bir taşıyıcı sinyal frekansında gerçekleştirmektedir. Böylece her ses sinyali farklı bir frekansta iletilmekte, radyoların alıcıları da belirli bir frekansa ayarlandığında taşıyıcının frekansına yakın değerdeki sinyaller filtrelenmektedir. Bütün bunlar, bir sinyalin iletilmeden önce işlenmesinin nedeni gerekli olduğunun göstergesidir. Bu yüzden modülasyon iletişim sistemlerinin önemli bir aşamasıdır.

Kaynaklar
Carlson A. B. *Communication Systems*, McGraw-Hill, 1966.
Haykin S. *Communication Systems*, John Wiley and Sons, 1978.