

VERİ HABERLEŞMESİ- NİN TEMELLERİ

Tarık ÜNERDEM

1. GİRİŞ

Son çeyrek yüzyıl boyunca bilgisayarların gelişmelerine paralel olarak bunların, var olan iletim ortamlarından yararlanarak, birbirleriyle bağlanmalarıyla aralarında bir haberleşmenin sağlanması büyük önem kazanmıştır. Bu haberleşmeyi sağlamak amacıyla kullanılan sayısal işaretlerin iletim ortamına uydurulması "MODülasyon" ve "DEmodülasyon işlemleri" ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlemleri gerçekleştiren sistemlere de "MODEM" adı verilmektedir.

Şekil-1'den de görüleceği gibi, çözülmesi gereken temel problem, veri kaynağının ürettiği ve geniş bir frekans spektrumuna sahip sayısal bilgiyi, belli zayıflama ve grup gecikme karakteristiklerine sahip bir iletim ortamında "Hata olasılığı" en küçük olacak biçimde iletilmesidir.

Bu yazıda, yukarıda belirtilen problem ayrıntılı olarak incelenmekte, ortaya çıkan terimler, teknik özellikler ve uygulama yerleri belirtilmektedir. Son olarak, MAE Elektronik Araştırma Bölümünde gerçekleştirilen Modem'lerin yapısı kısaca özetlenmektedir.

2. MODEMLER

İki nokta arasında bilgi iletimi belli bir anda tek-yönlü (Half-duplex) olarak çift telli ya da iki-yönlü (Full-duplex) olarak dört telli yapılabilir. Yalnız, son zamanlarda, çift tel üzerinden iki-yönlü bilgi iletimi yapılabilen modemler geliştirilmiştir. Bir veri haberleşme sisteminde bilgi ileme hızı, saniyede iletilen "0" ve "1"lerin sayısı ile ölçülür ve birimi (bit/s) dir. Modemler bilgi hızlarına göre üçe

ayrılabilir:

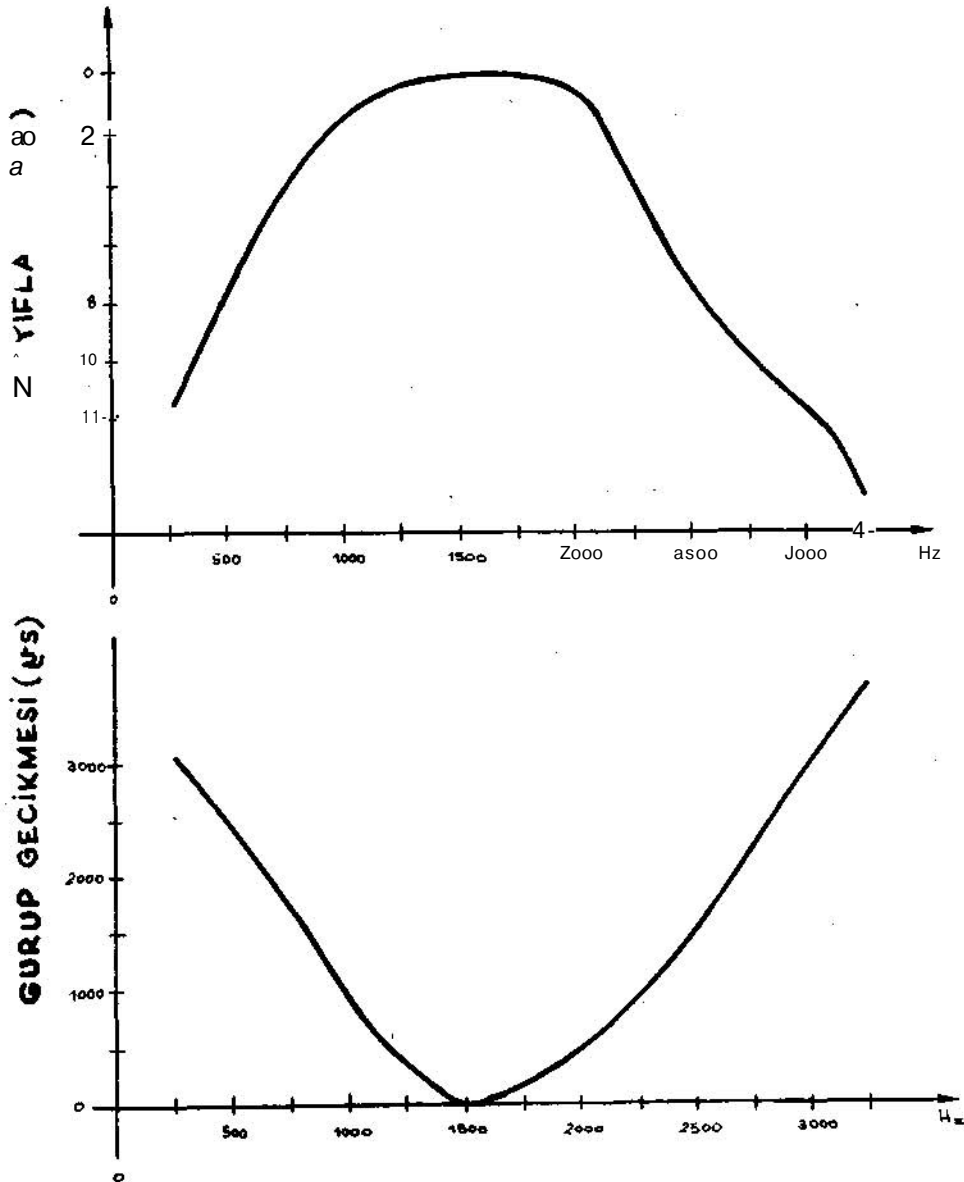
- (a) Alçak hızlı modemler (1200 bit/s hızına kadar)
- (b) Orta hızlı modemler (1200 bit/s - 2400 bit/s arası)
- (c) Yüksek hızlı modemler (2400 bit/s üzeri)

Veri haberleşmesinde kullanılan öteki bir birim olan "Baud" ise, modülasyon işlemi sonucunda oluşan değişiklik hızını belirler, örneğin, 2400 bit/s, bilgi iletme hızında çalışan bir modemde modülasyon hızı 1200 baud' tur.

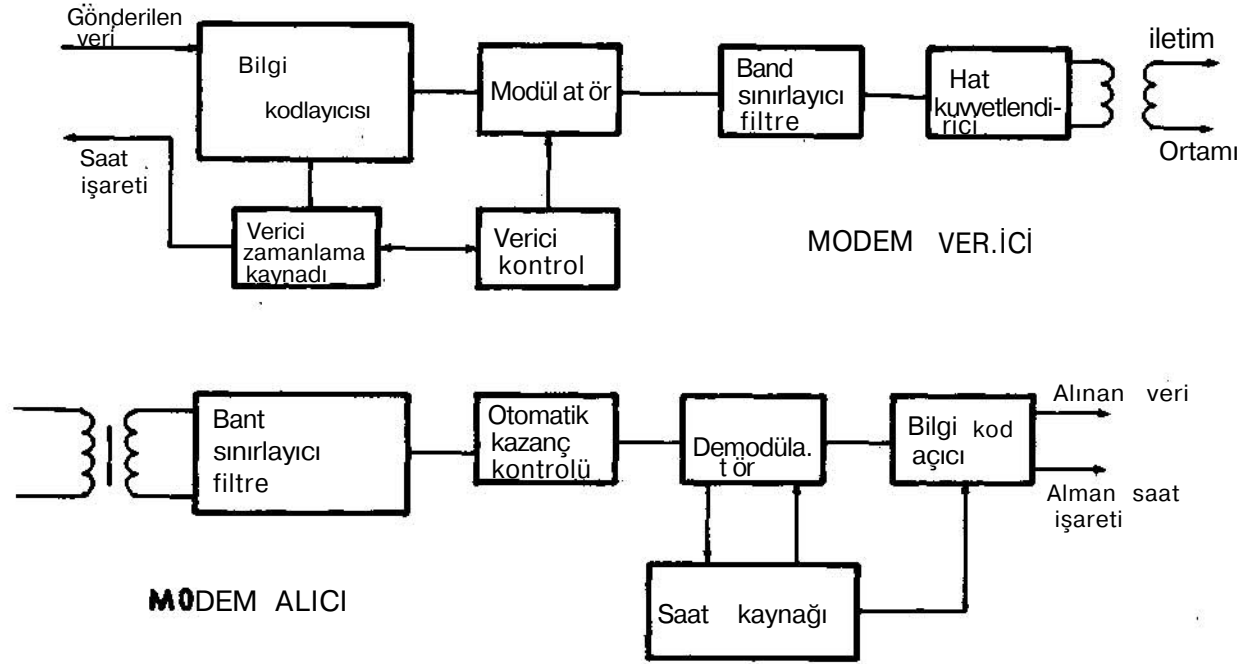
Modemin veri ya da bilgi ileten kaynaklarla bağlantısı, EIA RS-232-C standardı ile belirlenmiş olup, 25 uçlu bir

bağlantı elemanı ile gerçekleştirilir. Bu uçların herbirinde ne türden işaretlerin bulunacağı bu yazının sonunda ayrıca belirtilmiştir. Bu bağlantı genel olarak iki biçimde yapılabilir:

- a) Asenkron (Eş zamanlamasız) bağlantı : Bu biçimdeki bağlantıda bilgi Modeme ya da modemden dışarı, bir saat işareti olmaksızın alınır ya da verilir. Genellikle 1200 bit/s hızına kadar bu yöntem kullanılmaktadır.
- b) Senkron (Eş zamanlamalı) bağlantı : Bu bağlantıda ise Modem'den dışarı bir saat işareti gönderilerek, dışarıdan gelen bilgi eşzamanlı biçime dönüştürülür, ya da



Şekil -1 Bir bilgisayar simülasyonunda kullanılan zayıflama ve grup gecikmesi karakteristikleri.



Şekil - 2 Modem'in alıcı ve verici kısımlarına ilişkin bloklar.

alıcıda demodüle edilen bilgi bir saat işareti ile dışarı verilir. Genellikle, bilgi değişimleri, saat işaretinin yükselen kenarlarıyla oluşturulur.

Bilginin iletildiği ortam genellikle normal bir telefon kanalı ya da kiralanmış özel bir kanal olabilir. Bilgi iletim hızı arttıkça, iletim ortamının özellikleri daha çok önem kazanmaya başlar. Yüksek bilgi iletim hızlarında, kullanılan kanalın genlik ve grup-gecikme karakteristiklerinin ideal durumdan sapmaları, gürültünün yanında, işaretler - arası girişimlerin de artmasına neden olacak ve bunun sonucunda sistemin hata olasılığı, standartlarla belirlenen sınırı kolaylıkla aşabilecektir. Bu durumda, sistemde ayrıca sabit ya da otomatik ayarlı denkleştiricilerin kullanılması gerekmektedir.

3. BİLGİ İLETİM SİSTEMİNİN TEMEL ELEMANLARI

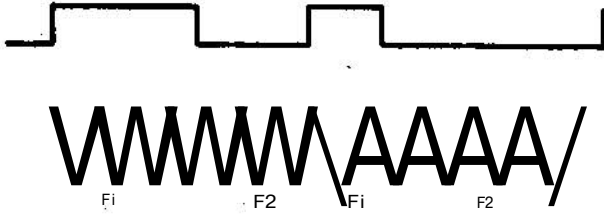
Bu bölümde bir bilgi iletim sisteminin gerçekleştirdiği temel işler sistematik bir biçimde incelenmiştir.

3.1. Modülasyon Türleri

Bir Modem, Şekil-2'de gösterildiği üzere, iki ana kısımdan oluşur. Çeşitli bilgi hızlarında, değişen kriterlere göre modülasyon türleri de farklı olacaktır. Aşağıdaki tablo bu konuda bir fikir vermektedir.

Bilgi İletim Hızı (bit/s)	Modülasyon Tekniği
1800 e kadar	Frekans kaydırmalı modülasyon (FSK) (Frequency Shift Keying)
1800 - 2400	4 fazlı faz kaydırmalı modülasyon (Phase Shift Keying PSK), Duobinary FM, Vestigal AM,
2400 - 4800	8 fazlı faz kaydırmalı modülasyon Vestigal AM
4800 - 9600	Faz ve genlik birleştirilmiş modülasyon türleri

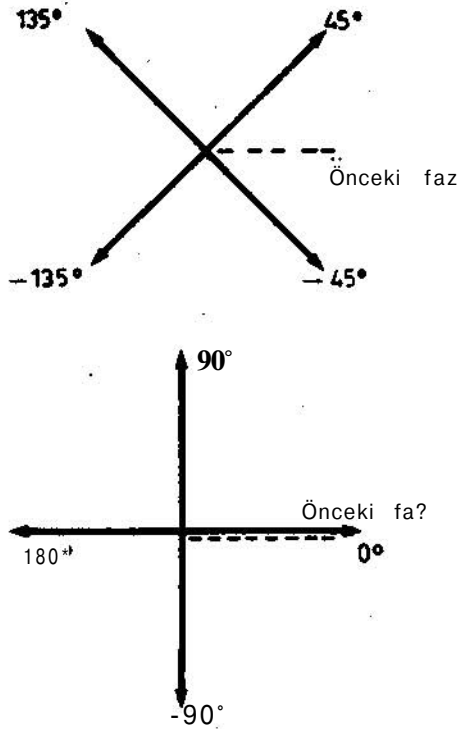
Genel olarak, gönderilecek bilgi spektrumu 0 Hz den başladığından, normal bir telefon kanalından bu işareti iletmek için, işaret spektrumunu uygun bir frekansa taşımak gerekir. Düşük hızlarda, band genişliğine göre basitlik ve ekonomi daha önemli rol oynadığından, FSK (Frequency Shift Keying) modülasyonu uygulanmaktadır. Bu modülasyon türü için gerekli band genişliği, gönderilen bilgi hızının yaklaşık iki katına eşittir ve Şekil-3' den görüleceği gibi gelen bilgiye göre, iletim ortamına f_c ya da $f_c/2$ frekansında iki sinüsoidal dalga yollarılmaktadır. Bu tür modülasyonlu işaretin demodülasyon işlemi ise frekans diskriminatörü ya da sıfır geçiş detektörü ile gerçekleştirilebilir.



Şekil - 3 Frekans kaydırmalı modülasyon, FSK.

Band genişliğinin önemli rol oynamaya başladığı hızlarda, örneğin 1800 bit/s hızı üzerinde, faz kaydırmalı modülasyon türünün uygulanmasının daha uygun olduğu görülmektedir.

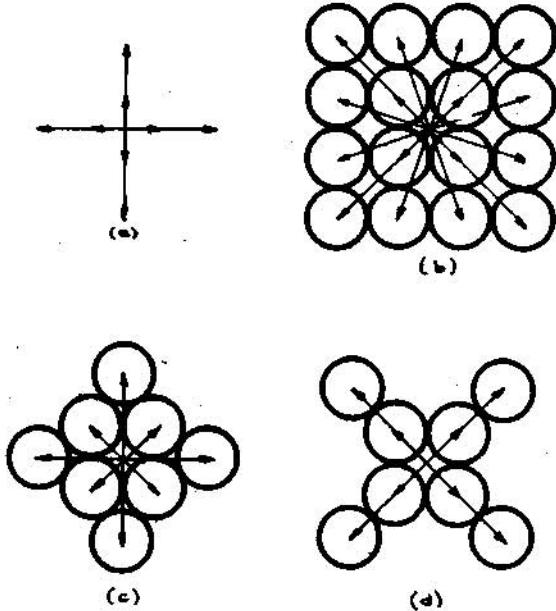
DPSK (Differential Phase-Shift Keying) modülasyonu, özellikle 2400 bits/s lik bilgi hızında kullanılan Standard bir yöntem haline gelmiştir. Fark (Differential) kelimesi, bilginin 0 ya da 1 olmasına uygun olarak taşıyıcının fazı-



Şekil - 4 DPSK, 90° faz kaydırması farklarıyla yapılan modülasyonda faz değişikliklerinin kodlanması

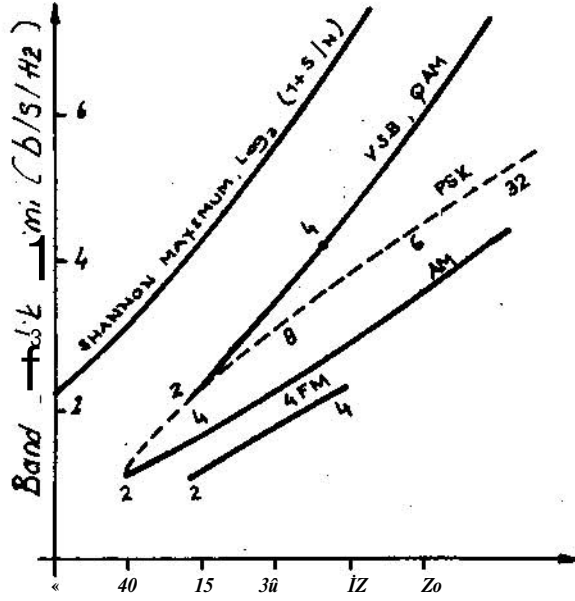
nın, bir önceki işaretlenme süresindeki fazına göre değişmesini ifade eder. Bu değişimler, mutlak bir referans f_{j-1} göre değildir, örneğin, 2400 bits/s hızında, 2 li kodlanan "dibitler" 1200 hızında faz değişikliği oluştururlar. Ortaya çıkan 4 farklı dibit kombinasyonlarına göre, (00, 01, 11, 10) faz değişiklikleri (a) $\mp 45^\circ$, $\mp 135^\circ$ ya da (b) 0° , $\mp 90^\circ$, 180° yapılabilir, (a) değişikliğinin (b)'ye göre üstünlüğü gönderilen işarette, bilgi ne olursa olsun, saniyede 1200 faz değişikliğinin olması ve bunun bir sonucu olarak ta, alıcıda işaret zamanlamasının kolaylaşmasıdır. (Şekil-4). Faz değişikliği sayısını 8 e çıkararak 4800 bit/s hızında bilgi iletimi de mümkün olabilir.

DPSK modülasyonunun uygulandığı bir işaret, iki yolla demodüle edilebilir. Alıcıda, gürültüden bağımsız üretilmiş bir referans taşıyıcı yardımıyla, gelen fazları karşılaştırarak ya da o anda gelenle bir sonraki işaretlenme süresinde gelen fazı karşılaştırarak aradaki faz farkından gönderilen bilgiyi ortaya çıkarmak mümkün olabilir. Alıcıda üretilen referans fazı, gelen fazlardan birine kilitlenirse, bu işlem "Coherent" demodülasyon ismini alır. Alıcıda faz ölçülmesi, genellikle işaretin sıfır geçişleri arasındaki zaman sürelerinin ölçülmesiyle gerçekleşir. O anda gelen işaret ile bir gecikme elemanı yardımıyla elde edilen bir sonraki işaretin karşılaştırılması şeklindeki demodülasyon işleminin, "Coherent" demodülasyona göre 2,3 dB'lik bir kaybı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, referans işaret ile gelen işaretin ikisi de gürültüden bağımsız olmamasıdır.



Şekil - 5 Fazı ve genliği modüle edilmiş işaret. (a) ve (b) iki ve dört seviyeli AM işareti (8 ve 16 simgeli durum) (c) ve (d) 8 simgeli durum için kullanılabilen değişik biçimler.

Çift Yan Bandlı Genlik Modülasyonu ile Artık Yan Band Modülasyonu, özellikle çok seviyeli yüksek hızlı modemlerde kullanılır. Ayrıca genlik ve faz modülasyonları birleştirilerek elde edilebilecek değişik modülasyon türleri Şekil-5'de gösterilmiştir. Seki I-6'da ise, çeşitli modülasyon türlerinin bir karşılaştırılması verilmiştir.



BiiHoLa Oranı $f_0 \sim 4 / \text{cin} / \text{Şartt-üürüLtü Dram} \hat{u}/3)$

Şekil - 6 Çeşitli modülasyon türlerinin karşılaştırılması (Hata olasılığı 10^{-4} olarak seçilmiştir).

3.2. İşaretlerin Biçimlendirilmesi ve Filtreleme İşlemi

Bu bölümde, modem verici iletim ortamı ve modem alıcısından oluşan bir veri haberleşme sisteminin genlik ve faz karakteristiğinin, minimum işaretler arası karışım ve gürültü için ne biçimde belirlenmesi gerektiği incelenmektedir.

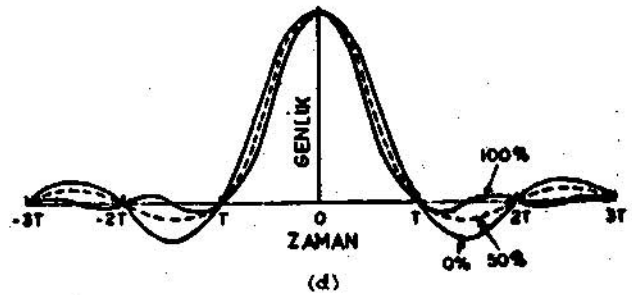
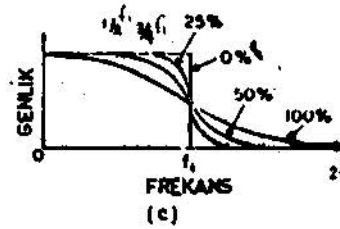
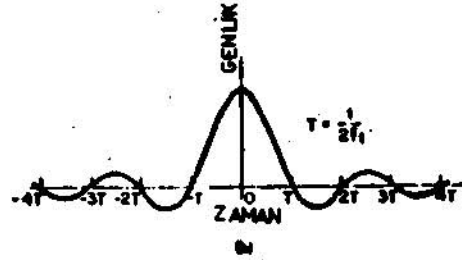
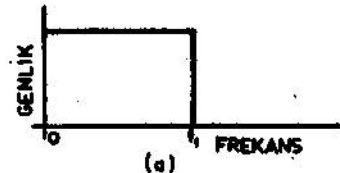
Genel olarak, bilgi iletimi, spektrumu sıfırdan sonsuza kadar uzanan, dikdörtgen biçiminde darbe dizilerinin belirli bir ortamdan iletim işlemidir. Bu işlem sonucunda ortaya çıkan işaretler arası girişimin yok edilmesi ya da belli bir sınırın altında tutulması için, bilindiği gibi, Nyquist Kriterini sağlaması gerekir. Diğer bir deyişle, işaret spektrumu dahil tüm sistem spektrumu $H(a>)$ ise,

işaretlerarası girişimin sıfır olması için yeter ve gerek koşul,

$$\frac{2}{k} H(c o - k. \hat{1}) = C \text{ (sabit)}$$

dır.

Dikdörtgen darbe biçimdeki işaretlerin spektrumunun bu koşulu sağladığı Şekil-7 den de görülebilir. Böyle bir spektruma sahip ideal alçak geçiren bir filtrenin "impulse" cevabı $t = 0$ anında sıfırdan farklı olup, öteki $kT(k = 1, 2, \dots)$ anlarında 0 değerini alacağından, işaretler arası karışım ortaya çıkmayacaktır. Bu özellik, aşağıda (1) ilişkisi ile tanımlanan "Raised-Cosine" biçimi



Şekil - 7 (a) Dikdörtgen spektrumlu temel band işareti (b) (a) ya ilişkin zaman cevabı (c) Değiştirilmiş temel band spektrumu (d) (c) ye ilişkin zaman cevabı.

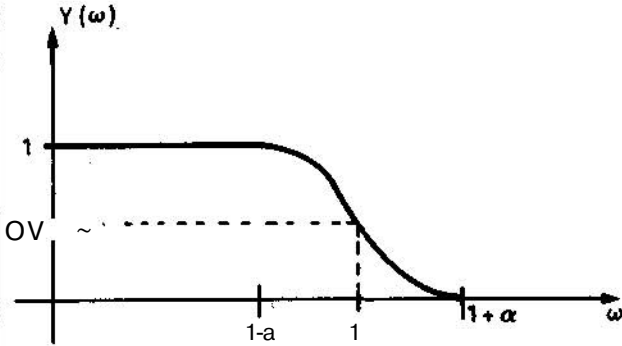
minde spektruma sahip işaretlerde de görülür ve bu işaretlerin üretilmesi diğerine göre daha kolaydır:

$$0 \leq \omega \leq (1-\alpha) \quad Y(\omega) = 1$$

$$(1-\alpha) < \omega < (1+\alpha) \quad Y(\omega) = \frac{1}{2} \left[1 - \sin \frac{\pi}{2\alpha} (\omega - 1) \right]$$

$$(1+\alpha) < \omega < \infty \quad Y(\omega) = 0 \quad (1)$$

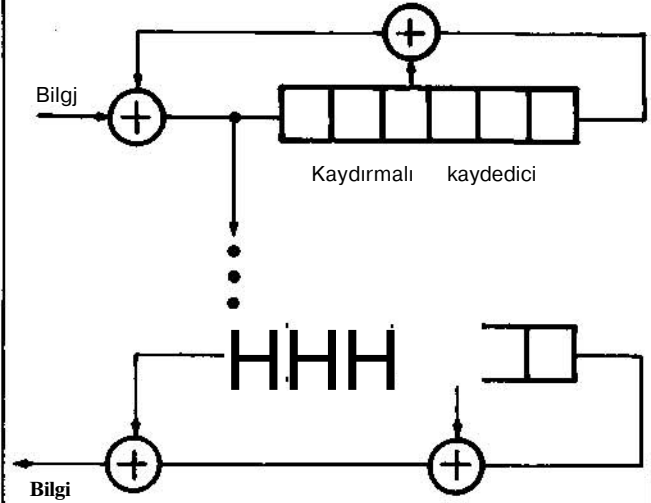
Şekil-8 de bu spektrumun değişimi gösterilmektedir. Genel olarak, spektrum kesim frekansında orta noktaya göre simetrik olmalı ve aynı zamanda sistemin faz karakteristiği de doğrusal biçimde değişmelidir. "Raised-Cosine" spektrumunda α parametresine "Roll-Off" faktörü adı verilir ve değeri 0 ilâ 1 arasında değişir, α birine yaklaştıkça spektrumun genişlemesine karşın alıcıda zamanlama işlemi kolaylaşacaktır. Bilgi iletiminde daha başka bir spektrum biçimlendirilmesi "Partial Response" tekniğidir. Burada, kontrol edilebilir bir işaretler arası karışıma izin verilmektedir, örneğin "Duobinary" tekniğinde girişteki ikili işaret alıcıda 3 seviyeli hale gelir. Bu yöntemle, bilgi hızını Nyquist hızının üstüne de çıkarmak mümkündür. Burada, genliği ve dağılımı kesin olarak bilinen "işaretler arası karışım" söz konusudur. Alıcıda, kendini yenileyen geri besleme, ya da vericide önceden kodlama ile bu "kontrol edilebilir işaretler arası karışım" ortadan kaldırılabilir. Bu yöntemin başlıca iki mahzuru belirtilebilir. Birincisi, hatanın geri besleme ile çoğalması, ikincisi ise gürültüye karşı dayanıksızlığıdır.



Şekil - 8 Raised-Cosine (yükseltilmiş kosinüs) spektrumu

Sistemde, hata olasılığını azaltmak için, bir işaret seviyesinden diğerine geçerken, yalnız bir bit değişecek şekilde kodlama (Gray Code) kullanılabilir.

Ayrıca, gönderilen bilgi dizisinde, periyodik nedeniyle ortaya çıkacak belirli bileşenlerin iletim ortamındaki ortalama gücün üstüne çıkıp, oluşacak diyafoniye önlemek için, verici ve alıcıda, kendi kendine eş-zamanlanabilen "Shift Register"ler kullanılır. Böylece, gönderilen bilgi rasgele hale getirilerek, tüm işaret seviyelerinin gönderilme olasılığı eşitlenir (Şekil -9).



Şekil-9 Kaydırmalı kaydedici (shift-register) devrelerinin kullanılması.

Aşağıdaki tabloda, "Roll-Off" çarpanıyla çeşitli seviyeli modülasyon türleri arasındaki müsaade edilebilen zamanlama hataları gösterilmiştir.

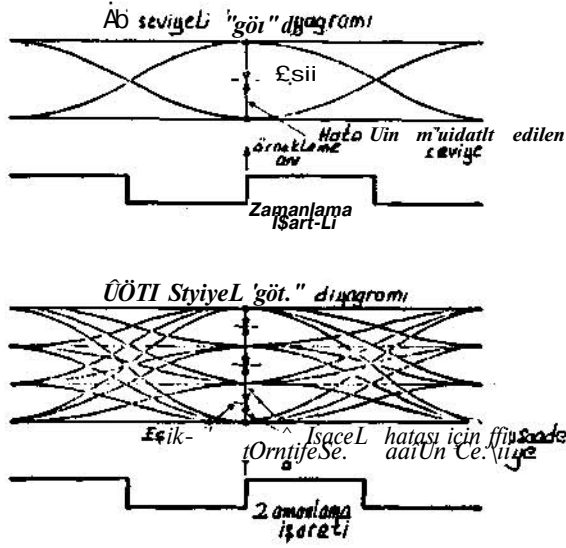
Müsaade edilen maximum zamanlama hatası (%)

Roll-off Çarpanı	2 Seviye	4 Seviye	8 Seviye	16 Seviye
1	50	30	16.5	8.4
0.75	46	23	11	5.5
0.5	39	16	7.2	3.4
0.25	28	10	4.3	2

Gönderilecek belirli bir güç ve beyaz "Gauss" gürültülü bir ortamda, optimizasyon için problem, alıcıda işaretin gürültüye oranını maksimum yapmaktır. Bu iş için verici ve alıcı filtrelerini en iyi biçimde bölmek gerekir. Bu da elde edilmesi gereken toplam spektrumun yarısının vericide, yarısının da alıcıda gerçekleşmesiyle oluşturulur.

Demodüle edilmiş işaretin iyilik kriteri, "göz diyagramlarıdır. Göz diyagramı bir işaretleme süresi içinde "base-band" işaretlerin toplamıdır. Şekil-10'da 2 ve 4 seviyeli göz diyagramları görülmektedir. Demodülasyon sonunda "gözler" in açık ya da farkedilir biçimi sistemin iyiliğini belirler. Alıcıda bu "göz" açıklığının, «maksimum olduğu anlarda örnek alınır. Genlik ya da faz ölçmesi gerçekleştirilir.

Belirli bir gürültü seviyesinde modemin hata olasılığını bulmak ta, önemli bir kriterdir. Örneğin, Şekil-6'daki karşılaştırma 10^{-4} hata olasılığı koşulu altında çizilmiştir.



Şekil-10 2-seviyeli ve 4-seviyeli göz diyagramları

Genellikle, bir iletim ortamında, gürültüden başka, lineer olmayan distorsiyon, frekans kayması, genlik ve faz karakteristiklerinin zamanla değişimi ve yansımalar olacaktır. Genlik-faz karakteristiklerinin idealden uzaklaşmasından dengeleyiciler bölümünde bahsedilecektir.

3.3. İşaret ve Bit Zamanlaması

Eşzamanlı bir bilgi iletim sisteminde alıcıda, işaret ve bit zamanlama işaretleri demodülasyon ve modem dışındaki terminal için gereklidir. Modem "göz" diyagramları için zamanlama işareti yardımıyla, örnek alınacaktır. İki-lik sistem için işaret ve bit zamanlaması aynıdır. Çok seviyeli sistemlerde bit zamanlaması için saat işareti de gerekir. Bu tür işaretler genellikle, kristal bir osilatörden üretilir. Yalnız bu işaretler, gelen hat işaretinde zaten var olan zamanlama bilgini ihtiva eden bileşene kilitlenir, örneğin, 2400 bit/s DPSK modemde, gelen işaretin zarfı, bu bilgiyi taşıyıcı ve bir 4 yollu-doğrultucu ve çentik (notch) filtreyle zamanlama işareti elde edilir. Bu işaretin gönderilen bilgi sıralanışına bağlı olmaması istendiğinde sisteme "sözre-rasgele" üreteçler eklenir. Kendi kendine eşzamanlı hale gelebilen bu ikili bit kombinasyonlarının tek mahzuru, tek bir hatayı çoğaltıp, 2 ya da 3 hata haline getirmeleridir.

3.4. Taşıyıcı Elde Edilmesi

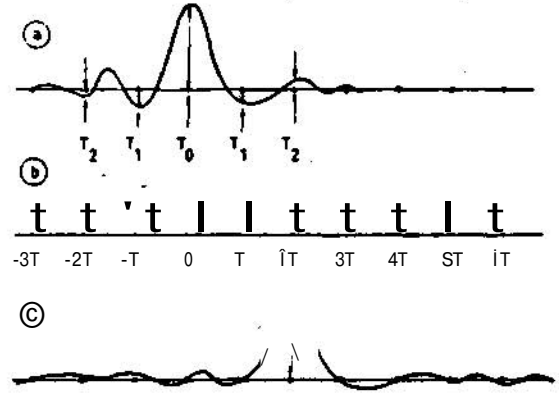
Kullanılan band genişliğinde birim frekansa düşen gönderilen bit sayısını artırmak için "coherent" dedeksi-

yon kullanılır. Bu iş için alıcıda, gönderilen taşıyıcıya eş bir referans üretmek gerekir. AM Sistemlerde, doğrudan taşıyıcı yolları. Bu işaret alıcıda keskin filtrelerle ya da faz-kilitleme devreleriyle alınır. VSB Sistemlerde ise, alçak seviyede taşıyıcı modüleli işarete eklenir. PSK işaretlerin demodülasyonunda ise referans işaret gelen işaretin faz değişikliklerine kilitlenir. Bu 2400 bits/s modemde ayrıca açıklanacaktır.

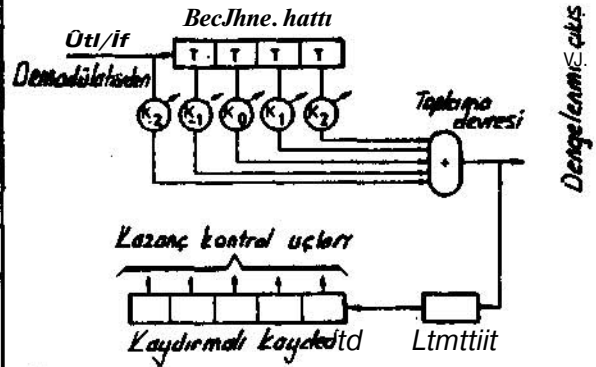
Öteki yöntemlerden birisi de, aralarında belli bir frekans ve faz ilişkisi olan pilot frekansların gönderilen işarete eklenmesidir.

3.5. Dengeleme (Equalization)

Sistemde filtre karakteristikleri, işaret/gürültü oranını optimum işaretler arası karışımı minimum yapacak biçim-



Şekil-11 (a) Giriş işareti
(b) örnekleme anları
(c) Dengelendikten sonra çıkış işareti.



Şekil-12 Otomatik (adaptif) transversal dengeleyici.

de seçilmesine rağmen, kanaldaki çeşitli bozucu etkiler nedeniyle her zaman bu koşullar sağlanıyabilir. 2400 bits/s hızına kadar kanalı dengeleyen, sabit grup-gecikme dengeleyicileri kullanılabilir. Fakat bilgi hızı yükseldikçe, çok seviyeli işaretler kullanıldığında bu sabit dengeleyiciler kanaldaki ufak değişmelerin meydana getireceği bozucu etkileri karşılayamaz olurlar. Bu durumda, kendi kendini kanala uyduran filtreler kullanmak gerekir. Sistemde gecikme distorsiyonunun meydana getirdiği işaretler arası karışım Şekil-11 de gösterilmiştir. İşaretler arası karışım

$$D = \frac{1}{I_0} \sum_{t=-\infty}^{+\infty} I_t - I_0$$

olarak tanımlanabilir. Gecikme elemanları ve çarpıcılarından meydana gelmiş bir transversal filtreyle D yi en az değere getirmek mümkündür (Şekil-12).

Kazanç katsayıları ya elle, ya da otomatik olarak ayarlanabilir. Bu sırada izlenecek yol farklı olabilir. Eğer, başlangıçta $D < 1$ ise sifıra zorlama "Zero forcing" metodu uygulanabilir. Fakat pratikte karşılaşılabilen $D > 1$ halinde ise, RMS hatayı minimize etme yöntemi daha optimumdur. Ancak bu yöntemde, örneklenmiş değerler arası "cross-correlation"lar hesaplanıp, sifıra götürüldüğün-

den uygulanması oldukça zordur. Filtredeki zamanlama ve faz hatalarından ikinci yöntem daha az etkilenir.

Filtredeki kazanç katsayılarını belirlemek için, belirli bir pattern yolları.

Otomatik dengeleme işlemini gerçekleştirmek için, yaklaşım iletilen bilgi için biçilen sonraki değer ile alıcı işaret arasındaki farkı (hatayı) gözönüne alan bir yöntemi benimsemektir.

Bu şekilde üretilen hata işareti, iletilen veri dizisiyle istatistiksel ilişkili olup, bundan, dengeleyici devresinin katsayıları için biçilen değerlerde yapılan hataların bulunmasında yararlanır.

Hata işaretinin mutlak değerini minimum yapmak ve "göz" diyagramlarındaki açıklığı maksimum yapmak için, bir iterasyon adımında biçilen değerlere uygun olarak o adımda belirlenen katsayılardan yararlanır. Böylece dengeleyicinin sürekli olarak kendisini değiştiren zamanlı bir kanala adapte etmesi sağlanır.

4. ARABAĞLANTI

Modemin bilgisayar ya da "terminal" uç elemanı ile bağlantısı belirli bir standartta göre olur. Bu bağlantı, elemanda kî uçlara göre aşağıda belirtilmiştir:

Bağlantı eleman Ucu No.	CCİT V-24	RS-232	Bağlantı Ücu	Açıklama
1	101	AA	Koruyucu Toprak	Elektriksel cihazın gövdesi ve AC güç toprağı
2	103	BA	Gönderilen Bilgi	Terminalin modeme göndermek için yolladığı bilgi Müdeme giriş
3	104	BB	Alınan Bilgi	Modemin terminale gönderdiği karşıdan yollanan bilgi. Modemden çıkış
4	105	CA	Gönderme isteğı	Bu ucun + 15V veya "ON" olması, kendi modemini gönderme durumuna sokmak için terminal tarafından uygulanır.
5	106	CB	Göndermeye Hazır	Modemin terminale göndermeye hazır olduğunu bildirmesi. Modemden çıkış.
6	107	CC	Modem Hazır	Modeme gerekli gücün uygulandığını gösterir.
7	102	AB	İşaret Toprağı	Tüm devrenin, işaret toprağı.
8	109	CF	Taşıyıcı detektörü	Karşıdan belirli genlikte işaret alındığını belirtir.
15	114	DB	Gönderilen Bilgi İçin Saat İşareti	Modemden dışarı gönderilen bilgiyi senkron hale getirmek için verilen saat işareti.
17	115	DD	Alınan Bilgi İçin Saat İşareti	Modemden dışarı alınan bilgi ile senkron saat işareti.
23	111	CH/CI	Hız Kontrolü	Bu ucun "ON" konumu 2400 Bits/s, "OFF" ise 1200 Bits/s bilgi iletimini gösterir.

Öteki uçlar yardımcı kanala ait kontroller ve test uçlarıdır. MAE de gerçekleştirilen 2400 Bits/s modem yalnız yukardaki bağlantıları içermektedir.

5. ÖZEL VE NORMAL TELEFON HADLARINDA ÇALIŞABİLEN 2400/1200 BITS/S HIZINDA MODEM PROTOTİPİ

Prototipin gerçekleştirilmesinde CCITT'nin modülasyon tekniğine ilişkin V26 ve V26 bis, alternative B, tavsiyelerine uyulmuştur (Vol. VIII. 1 Orange Book, Sayfa 101).

Modem cihazı, eşzamanlı (senkron) olarak, 2 telli half-duplex, 4 telli full-duplex çalışabilmektedir.

Hat işareti, CCITT'nin Rec. Q274 (Vol. VI. 2 Sayfa 81) tavsiyesine uygun bir zarfa ve güç spektrumuna sahiptir (Modified Raised Cosine Spectrum).

Ayrıca, 25 pin'li RS konektördeki 23 no.lu pin'e top-rak, ya da +5 Volt uygulanmasıyla 1200 bits/s ya da 2400 bits/s hızları elde edilebilmektedir.

Sistemde mümkün olduğu oranda sayısal entegre devreler (CMOS) kullanılmış, ancak filtre gibi bazı devre kısımlarında güvenilirlik ve az güç harcama açısından pasif elemanlar kullanılmıştır.

Sistem genel olarak 4 ayrı başlık altında incelenebilir :

- Modülötör
- Demodülötör
- Arabağlantı Devreleri
- Dengeleyici

5.1. Modülötör

Frekansı 460.800 Hz olan kristal osilatörden bölünerek elde edilen 2400 Hz'lik işaret, bilgi kaynağına gönderilir. Bilgi (DATA) girişindeki bilgi bu gönderilen 2400 Hz'lik işaretin yükselen kenarlarıyla senkron hale getirilmiş bir biçimde modeme gelir. Seriden paralele, kaydırmalı-kaydedici (Shift-Register) yardımıyla, dönüştürülerek dibit kombinezonları elde edilir: Bunlar 4 ayrı dibit 00,01,11 ve 10 olacaktır.

Gönderilmekte olan 1800 Hz'lik taşıyıcı işaretin her dibit'e ilişkin olarak değişecek olan faz değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. (CCITT V26 bis.)

00	- * 1 x 45°
01	→ 3 x 45°
11	-> 5 x 45°
10	-· 7 x 45°

Hattaki işaretin zarfının sahip olması gereken matematiksel ifade aşağıdaki gibidir:

$$\text{Cos} \frac{2;rf_d \cdot t}{2} \quad \text{Cos} \frac{2;rf_d \cdot 3/4T}{2}$$

$$\text{Zarf}(t) = \frac{1 - \text{Cos} \frac{2vrf_d \cdot 3/4T}{2}}{4}, \quad -2-T < t < -T \quad \text{ve} \quad -T < t < T$$

$$\text{Zarf}(t) = 0, \quad -T < t < -\frac{3}{4}T \quad \text{ve} \quad \frac{3}{4}T < t < T$$

$f_d = 1200$ dibit hızı

$$T = \frac{1}{1200} \text{ sn dibit periyodu} \quad (\text{Vol. VI-2 Rec Q.274})$$

Bu zarf, taşıyıcı ile modüle edildiğinde, K'nın 0'dan başlıyarak 7'ye kadar alacağı değerler sonucu, birbirine göre fazı $7\pi/4$ radyan kaymış olan, 8 farklı işaret elemanı elde edilecektir:

$$e_k(t) = \frac{1}{1 + j2} \text{Cos}(37rf_d t + k \frac{\pi}{4}) \quad k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

Gelen bilgiye göre, her (1/1200)s de bir, bu 8 ayrı işaret elemanlarından biri seçilip hatta yollanacaktır. Bu işaret elemanlarının spektrumu incelendiğinde görüleceği üzere, 14400 Hz ile örnekleme yapılırsa, "Aliasing Error"un ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu görülür.

İşaret elemanlarının örneklenmiş değerleri (19 adet), PROM'a aşağıdaki tabloya göre yüklenir.

Adres	İşaret Elemanı	Yükleme Sayısı
		$2^3 2^2 2^1$
0 - 31	k=0 $ip = 0$	00000000
32 - 63	1 $- \frac{\pi}{4}$	00100000
64 - 95	2 $-i\pi/2$	01000000
96 - 127	3 $-37T/4$	01100000
128 - 159	4 $-\pi$	10000000
160 - 191	5 $-57T/4$	10100000
182 - 223	6 $-37T/2$	11000000
224 - 255	7 $-7W_4$	11100000

Belirli bir sırayla bellekten çekilen bu örnekler bir toplama elemanı yardımıyla toplanır ve hatta verilir.

Kısaca özetlenirse, cihazın modülatör kısmı, bu kısımda üretilen 1200 Hz ya da 2400 Hz saat işaretiyle senkron gelen bilgiye göre, belleğinde bulunan işaret elemanlarından birini seçip hatta yollayan, böylece DPSK (Differentially Phase Shift Keying) modülasyonunun uygulandığı bir bölümdür.

5.2. Demodülatör

İletim ortamından gönderilen DPSK işareti, alıcıda bir hibrit transformatör yardımıyla alınarak alıcı filtresine uygulanır. Alıcı filtrenin çıkışındaki işaret, band-dışı gürültüden bağımsız ve minimum işaretler arası karışımı sağlayan bir spektruma (Raised-Cosine) sahip olacaktır.

Gelen işaret bir iki-yollu doğrultucudan ve 1200 Hz'i seçen bir filtreden geçirilerek, zamanlama için bir referans işareti elde edilir. Gerek gönderilen bilginin değişmesi ve gerekse iletim ortamının ideal olmaması nedeniyle bu elde edilen referans işareti titreşme (time jitter) olacaktır. Bunu azaltabilmek için özel bir devre kullanılır.

Gönderilen işarete ilişkin zarfın özelliğinden elde edilen bu referans 1200 Hz'in yanında ayrıca, alıcıdaki kristal-osilatörden dolayı, ikinci bir sabit 1200 Hz bulunacaktır. İşte bu iki işaret karşılaştırılır. Örneğin, bu işaretlerin yükselen kenarları gözlenirse, kristalden çıkarılmış 1200 Hz, işareten çıkarılmış 1200 Hz'e göre ya ileride ya da geride olacaktır (y_J ö^{denk} Ç^{nk} zaman aralığında). Bu bir nevi fazın ileride olması haline pozitif (+) hata, geride olması haline de negatif (-) hata demektir.

Bu, her $\frac{1}{1200}$ s de ^{aret} yükselen kenarları gözlenerek ortaya çıkarılan pozitif ya da negatif hatalar belirli bir t anından sonra sayıcı yardımıyla sayılsın. Aynı yönde 8 aynı işarete hata, örneğin, pozitif ileri faz durumunda, kristalden üretilmiş 1200 Hz işareti, yüksek frekansta darbe ekleyerek geriye kaydırmak, ya da negatif hatada, darbe çıkararak, ileriye kaydırmak mümkündür.

Böylece, kristalden üretilen 1200 Hz işareti gelen DPSK işareten üretilmiş 1200 Hz işaretiye fazı kilitlenmiş olacaktır. Bu yukarıda anlatılan yüksek frekansta darbe ekleyip çıkararak yapılan, fazı ileri veya geri kaydırma işlemi, aynı yönde toplam 8 hatanın oluşması halinde yapıldığından, en kötü durumda bile 8 $\frac{1}{1200}$ s de bir titreşme (time jitter) olacaktır.

8 sayısını büyük tutarak, belirli zaman aralığındaki düzeltme (titreşme) sayısı azaltılabilir. Fakat bu takdirde fazı yakalama zorlaşacaktır. Küçük tutulduğunda ise, yakalama kolaylaşacak fakat işarete titreşme (time-jitter) fazlalaşacaktır. Bu olay, faz kitleme devrelerindeki, kitleme bölgesi (Locking range) ve yakalama bölgesi (capture range) arası ilişkilerin bir benzeridir.

Gelen işaretin zarfına kilitlenmiş, bu kristalden üretilmiş 1200 Hz'lik işaret, darbe süresi kristal kontrollü $\frac{1}{1800}$ sn, darbe boşluğu $\frac{1}{1800}$ sn olan karar darbe işaretini üretir. Bu işaretin fazı, darbeler, tam işaretler arası karışımın minimum olduğu, zarfın maksimum noktalarına getirilecek şekilde, 1200 Hz'i seçen filtrenin şelf değerleri değiştirilerek yapılır.

Alıcı filtre çıkışındaki analog DPSK işaret bir limitörden geçirilerek 2 seviyeli, faz bilgisini ihtiva eder sıfır geçişlerinin korunduğu işaret elde edilir. 2 seviyeli DPSK işareti gene alıcıdaki kristalden elde edilmiş, birbirine göre 90° faz farklı, frekansı 1800 Hz olan 2 ayrı referans taşıyıcı ile karşılaştırılır.

Sistemde 2 seviyeli tüm işaretler arası faz farkları, frekansı 460-800 Hz olan darbe sayıları ile ifade edilmiştir, örneğin (90°) fazına sahip taşıyıcı 1800° ile gelen işaret arasındaki fark 0° ise sayıcı, 0, $\mp 90^\circ$ ise 64, $\mp 180^\circ$ ise 128 sayacaktır. Dolayısıyla, sayıcı 64'ün altında ise gelen faz (+) bölgede, 64'ün üzerinde ise (-) bölgede olacaktır. (0°) fazına sahip olan taşıyıcı 1800° ile gelen işaret arasındaki faz farkı ikinci bir sayıcıda gene 0 ile 128 arasında bir değerle belirlenecektir. Bu değer, eğer (+) bölgede ise aynen, (-) bölgede ise tersi alınıp gerçek olarak gelen işaretin fazı ya da daha doğrusu ona karşı düşen sayı (0 ile 256 arası) ortaya çıkacaktır.

Bu sayı 3. bir sayıcıda bekletilip, ikinci gelen işaretin fazına karşı düşen sayıdan çıkarılarak işaretler arası faz farkları bulunur. Bu değerler faz farkına göre aşağıdaki tablodaki gibidir.

Faz	Sayı
1x45°	-> 32
	-> 64
3x45°	-* 96
	-> 128
5x45°	-> 160
	-> 192
7x45°	-> 224

Bu sayı aralarının tam ortaları 64, 128, 192 eşik değerleri olacaktır.

Demek ki, demodülasyon işleminde 4 ayrı sayıcı bulunmaktadır:

a) 90° Sayıcısı : Her işaretleşme periyodu başında sıfırlanan, gelen fazın (vektörün) hangi bölgede olduğunu belirleyen sayıcıdır. Eşik seviyesi 64'dür.

b) 0° Sayıcısı : Her işaretleşme periyodu başında sıfırlanan, gelen fazın tam olarak değerini belirleyen sayıcıdır. 0-256 arası değer alabilir.

c) Geçiş Sayıcısı : Hiçbir zaman sıfırlanmayan, bir önceki faz değerini sonraki işaretleşme periyoduna kadar saklayıp, sonra yeni değere kadar sayan ve orada kalan sayıcıdır. Her değeri alabilir (0-256 arası).

d) Faz Farkı Sayıcısı : Her işaretleşme periyodunun başında sıfırlanan ve geçiş sayıcısının saydığını belirleyen sayıcıdır. İşaretler arası faz farkına göre 4 farklı değer alabilir (2400 bits/sc).

Son olarak, karar devresinde, faz farkı sayıcısının çıkışlarına bakarak eşik değerlerine göre ikili dibitleri üreten ve paralelden seriye çeviren kaydırmalı-kaydedicilerden oluşmuştur.

Sisteme ayrıca, test imkânı için sonuncu sayıcının çıkışına bir (D/A) çevirici konularak seviyeler dışarıdan gözetlenebilir. Bu seviyeler bir nevi göz-diagramlarına karşı düşmektedir. Karar darbeleri yeri sağa-sola kaydırılarak (1200 Hz Notch filtre) seviye kalınlıkları minimuma indirilir. Bu iş için, çeşitli iletim ortamlarında, bir dengeleyici devresini de sisteme ekliyerek, maksimum açıklıkta gözler elde etmek gerekebilir.

Özetlenirse, bu test sisteminin bir çeşit iyilik kriterini ve ayar imkânlarını verecektir.

5.3. Arabağlantı Devreleri

Modemle terminal ya da EBİM arasındaki bağlantı devrelerini kapsamaktadır. Modemle bunun dışında kalan sistem arasındaki bağlantı 25 pinti standard konnektörle olmaktadır. Arabağlantı işleminde işaretleşme sırası aşağıdaki gibi olacaktır:

(1) Modem "ON" edildikten sonra, önce MODEM X TELEFON anahtarı, TELEFON konumuna alınarak karşı uç ile telefon görüşmesi yapılır ve her ikj tarafın da çalışmaya hazır olduğu belirlenir.

(2) MODEM X TELEFON anahtarı, MODEM konumuna alınır ve MODEM'den dışarı (terminal ya da EBİM) 6 no.lu pin üzerinden +V ('v 12V) gönderilir.

MODEM HAZIR işareti (Data Set Ready).

(3) MODEM HAZIR işareti, terminal ya da EBİM tarafından alındıktan sonra eğer bilgi yplanacaksa gönderme istemi (Recjuest to send) işareti modeme yollanır.

(4) Bu (+V, + 12V) işaretini 4 no.lu pinden alan Modem, araya seçilebilen bir gecikme (15 msn, 35 msn, S5 msn, 235 msn) koyarak terminal ya da EBİM'e göndermeye hazır (Ready for Sending) + V gerilimli işareti 5 no.lu pinden yollar.

(5) Şimdi artık Modemle terminal ya da EBİM arasında anlaşma kurulmuştur. Karşı tarafa faydalı bilgi 2 no.lu pinden modem ve hat üzerinden yollanmaya başlanabilir.

(RTS ve RFS) gönderme istemi ile göndermeye hazır işaretleri arasındaki gecikme süresince hatta senkronizasyon işareti denilen devamlı 1111 yollanır. Modülatör Kontrol işareti ise gönderme istemi gelmesiyle birlikte modülatörü aktif hale getirir.

Şimdi Modem, alıcı olarak çalışırken ara bağlantı devrelerindeki durumu inceleyelim :

(1) Karşı taraftan bir işaret yollandığında arabağlantı devrelerine 22 no.lu kart pininden giren taşıyıcı işaret, belirli bir seviyeyi (-40 dB) geçtikten ve araya bir (9,4 msn) lik gecikme ilave edildikten sonra, Demodülatör kontrol işareti yardımıyla alıcıyı aktif hale getirir.

a) Sistem 4 telli ise, alıcı ve verici aynı sayıda aktif olabilmelidir. Bu durumda vericiye gönderme istemi, alıcıya ise taşıyıcı işaret yön verecektir. 8 no.lu pinden terminal ya da EBİM'e giden, taşıyıcı işaretin varlığını bildiren işaret 9,4 msn gecikme ile gitmektedir.

b) Sistem 2 telli ise, taşıyıcı işaret olsa bile, sisteme gönderme istemi yön vermektedir. Gönderme istemi varsa (+V) sistem verici, yoksa, taşıyıcının varlığına göre, sistem alıcı olmaktadır. Ayrıca, gönderme istemi (OFF) durumuna geçer geçmez, sistemde olabilecek yansımardan (eko) modem hemen alıcı hale geçip gönderdiğini demodüle edebilir. Bunu mahzuru önlemek için gönderme isteminin (OFF) a geçişi ile taşıyıcı detektörünün (ON) haline geçişi arasında seçilebilir, (örneğin 10 msn) bir gecikme konabilir (Echo delay clamp).

Ara bağlantıda ayrıca, Modem'den dış ortama giden, sistemi senkron hale getirecek, verici ve alıcı saat işaretleri de bulunacaktır (15 ve 17 no.lu pin'ler).

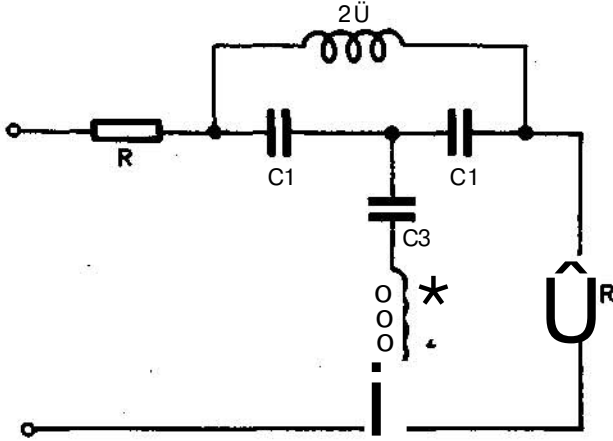
5.4. Dengeleyici

Sistemin minimum hata olasılığı ile çalışabilmesi için, örnekleme anlarındaki işaretler arası karışımın (Inter-symbol-1nterference) en aza indirilmesi gerekir.

Bunun için, sonuçtaki işaret spektrumu Nyquist Kriterini sağlamak zorundadır.

CCITT tarafından tavsiye edilen hat işareti spektrumu Nyquist Kriterini sağlayan "Raised-Cosine" spektrumuna dönüşmesi için gerekli alıcı filtre alıcıya eklenmiştir.

Alıcı filtrenin 1800 Hz civarında, istenen ideal karakteristiğe daha da yaklaşabilmesi için, 3. karta bir ön dengeleyici devre daha sisteme eklenmiştir. Bu devre, kesim frekansı 2700 Hz olan bir 3° Butterworth, alçak geçiren ve kesim frekansı 900 Hz olan bir yüksek geçiren RC devresidir (Şekil-13).



$$L_1 = \frac{2R}{\omega_0 b}$$

$$C_1 = \frac{b}{2R\omega_0}$$

$$L_2 = \frac{Rb}{2\omega_0}$$

$$C_3 = \frac{4b}{\omega_0 R(b^2 - 4)}$$

Şekil-13 3. derece 2700 Hz kesim frekanslı alçak geçiren Butterworth LC filtresi.

Böylece, istenen genlik karakteristiğine yaklaşımla birlikte, grup-gecikme karakteristiğini de düzeltmek gerekir. Bunun için filtre arkasına parametreleri $b = 3,1$; $f_0 = 1950$ olan bir tüm-geçiren devre eklenir.

6. SONUÇLAR

Modemlerin uygulanma alanlarını kısaca özetlenirse :

- İdari ya da teknik bilgi iletimi
- Merkezleştirilmiş bilgi işlemi
- Bilet rezervasyonu
- Güç santrali kontrolü
- Süreç (Proses) kontrolü
- Hava trafiği kontrolü
- Uzaktan gazete basımı

h) Ticari ve iş haberleşmesi

- Banka, tıp ve eğitim alanları gösterilebilir.

Son olarak, şu anda dünyada ticari anlamda kullanılan 9600 bits/s hızında çalışan Modemler olduğu gibi, 2 tel üzerinden "full-duplex" 2400 bits/s hızında bilgi iletimi de mümkün olabilmektedir.

Yakın bir gelecekte, ülkemizde de bir bilgi ağının kurularak, her birimin bir bilgisayar edinmesi yerine, terminal ve modem ikilisiyle merkezi tek bir komputere bağlanma yoluna giderek veri iletim problemlerini optimum bir biçimde çözmek mümkün olacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- J.R. Davey, "Modems", Proc. IEEE, Vol. 60, No. 11, p. 1284-1292, Nov. 1972.
- Seymour T. Levine, "Focus on Modems and Multiplexers", Electronic Design, No. 22, p. 68-87, Oct. 25, 1974.
- J.R. Edwards, "A Comparison of Modulation Schemes for Binary Data Transmission", The Radio and Electronic Engineering, Vol. 43, No. 9, p. 562-568, Sept. 1973.
- J.T.L. Sharpe, "Techniques for High Speed Data Transmission over Voice Channels", Electrical Communication, Vol. 46, No. 1, p. 24-31, Jan. 1971.
- Special issue on Computer Communication, Proc. IEEE, Nov. 1972.
- R.W. Lucky, J. Saltz, E.J. Weldon, Jr., "Principles of Data Communication, Mc.Graw Hill, New York, 1968.
- P.J. Van Gerwen, N.A.M. Verhoeckx, H.A. Van Essen, F.A.M. Snijders, "Microprocessor Implementation of High-Speed Data Modems", IEEE Trans. Comm., Vol. COM-25, No. 2, p. 238-250, Feb. 1977.
- P.J. Van Genven, Van Der Wurf, "Data Modems with Integrated Filters and Modulators", IEEE Trans. Comm. Tech., Vol. COM-18, pp. 214-223, June 1970.
- R.W. Lucky, "Techniques for Adaptive Equalization of Digital Communication Systems", B.S.T.J., Vol. 45, No. 2, p. 255-286, Feb. 1966.
- H. Rudin, Jr., "Automatic Equalization Using Transversal Filters", IEEE Spectrum, p. 53-59, Jan. 1967.
- M.M. Sondhi, "An Adaptive Echo Canceller", B.S.T.J. Vol. 46, No. 3, p. 497-511, Mar. 1967.