

BÖLÜM 4

ZAMAN PAYLAŞIMLI ÇOKLAMA

Bölümün Amacı

Öğrenci, sayısal haberleşme sistemlerinde tek bir iletim hattından birçok bilginin nasıl gönderildiğini kavrayabilecektir.

Öğrenme Hedefleri

Öğrenci,

1. TDM (zaman bölmeli çoklama) sisteminin gerekliliğini ve çalışma ilkelerini açıklar.
2. İki girişli bir TDM sisteminin istenilen bir modülasyonda gönderici ve alıcı tarafta blok şemasını çizer ve çalışmasını açıklar.
3. TDM sisteminin her sayısal modülasyona uygulanabileceğini verilen örneklerle açıklar.
4. Sayısal bilgi taşıyan hattın bit hızı ile örnekleme frekansı ve TDM sistemine dahil edilen bilgi sinyali arasında bağıntı kurar.
5. İkiden çok girişli TDM sistemi için genelleme yapar.

4. Çoklama (Multiplexing)

Çoklu erişim teknikleri hakkında bilgi vermeden önce, çoklama/çoğullama hakkında bir kaç şey söylemekte fayda var. Bilginin, aynı iletim ortamı kullanılarak birden çok kaynaktan yine birden çok alıcıya iletilmesine çoklama veya çoğullama denir. Bu İletim ortamının aynı olması hızların da aynı olmasını gerektirmez. Örneğin bir koaksiyel kablo üzerinden çok hızlı data haberleşmesi yapılabileceği gibi aynı anda düşük hızlı telgraf haberleşmesi de yapılabilir. İletim ortamı olarak basit bir kablo çiftinden derin uzay boşluğuna kadar pek çok ortam kullanılabilir.

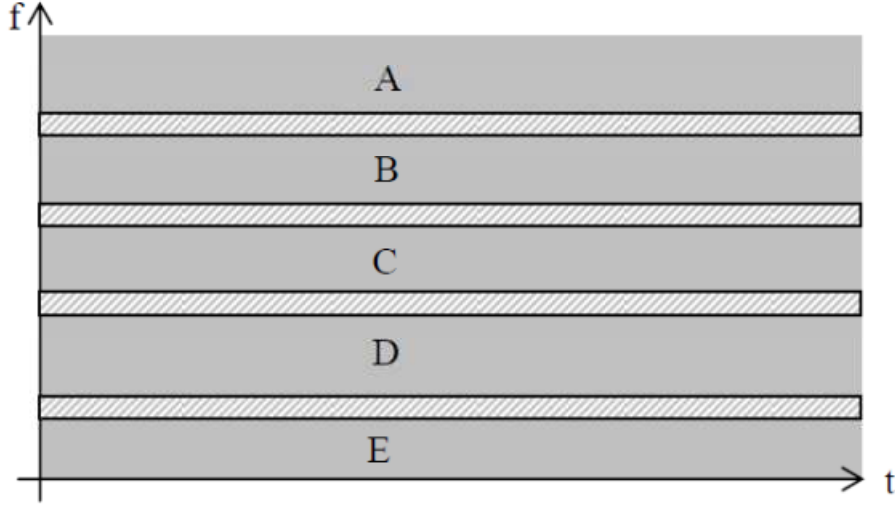
Bir işaret en aşağı bant genişliğinin iki kati bir frekansla örneklendiğinde taşıdığı enformasyon bakımından kaybı olmuyor ve örneklenmiş işaretten orijinal işaret yeniden elde edilebiliyor. Bunu örnekleme teoremi kanıtlamaktadır. Örneklenmiş işaret yalnızca örnekleme süresince bildiri işareti genliğinde olmaktadır. Örnekleme döneminin geri kalan süresi boştur. Bu boş zamanda başka bildiri işaretleri örnekleri iletilir. Birden fazla bildiri işareti böyle bir zaman sıralaması yapar ve aynı iletim kanalından birlikte iletilirse bu dizgelere Zaman Çoğullamalı Dizgeler denir. Bu dizgelerin Telekomünikasyon tekniğindeki uygulamaları çok geniştir. Telgraf, telefon, uzay haberleşmesi, uzaktan ölçme ve denetim uygulama alanlarına örnek verilebilir.

Yukarıda da açıklandığı üzere, bir iletim hattının birçok telefon konuşma kanalı tarafından aynı anda bölüşümlü olarak kullanılmasına çoklama denir. Telefon konuşma kanallarında uluslararası prensip olarak 300Hz-3.4KHz arasındaki bant genişliği kullanılır. Konuşma kanallarının tek tek iletimi, hem pahalı hem de pratik değildir. Bu nedenle telefon kanalları çoklama yapılarak örneğin 12, 24, ..., yada 900 kanal bir arada aynı iletim hattını kullanabilir. Çoklama tekniği olarak iki yöntem kullanılır:

- Frekans bölmeli çoklama (FDM)
- Zaman bölmeli çoklama (TDM)

4.1 Frekans Bölmeli Çoklama (FDM Frequency Division Multiplexing)

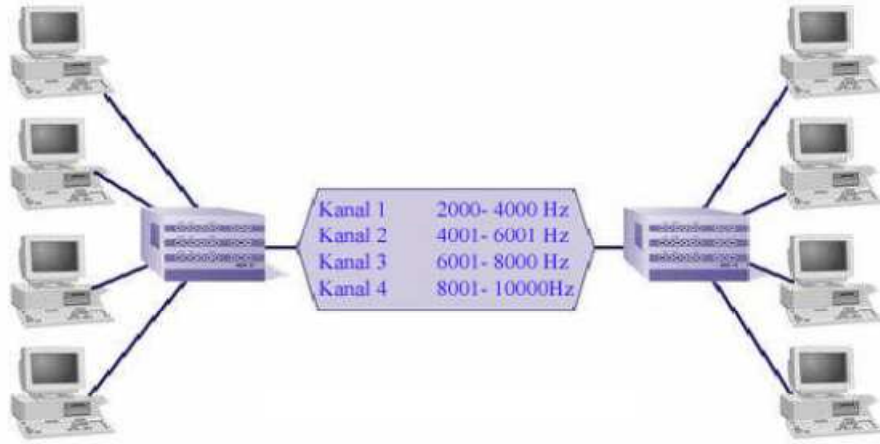
Şekil 4.1'de görüldüğü gibi frekans paylaşımli çoklu erişim tekniğinde her kullanıcı frekans bandının farklı bir bölgesini kullanmaktadır.



Şekil 4.1 FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Frekans bölmeli çoklama tekniğinde iletim hattının toplam bant genişliği her bir konuşma kanalı için 4 KHz.lik bölümlere ayrılır. Her kanal 4KHz.lik farkla ardışık artan farklı taşıyıcı frekanslarını modüle eder. Örneğin ilk konuşma kanalının taşıyıcı frekansı başlangıcı 62KHz. olsun. Bu durumda 2. kanal için $(62+4=)$ 66KHz., 3.kanal için 70KHz., ..., ve 12. kanal için taşıyıcı başlangıç frekansı 106KHz. olur. Ancak bir kanalın bitiminden sonra diğeri hemen başlamaz. Çünkü taşıyıcı bant genişliği 4KHz. olmasına rağmen konuşma kanalı bant başı ve bant sonu değerleri 300-3400Hz.dir. Taşıyıcı bant genişliğinden konuşma kanalı bant sonu değeri çıkarılıp ikiye bölüldüğünde her iki yandan bırakılacak boşluk bulunur. $(4000-3400)/2 = 300$, bulunan değer taşıyıcı bant başına eklenir.

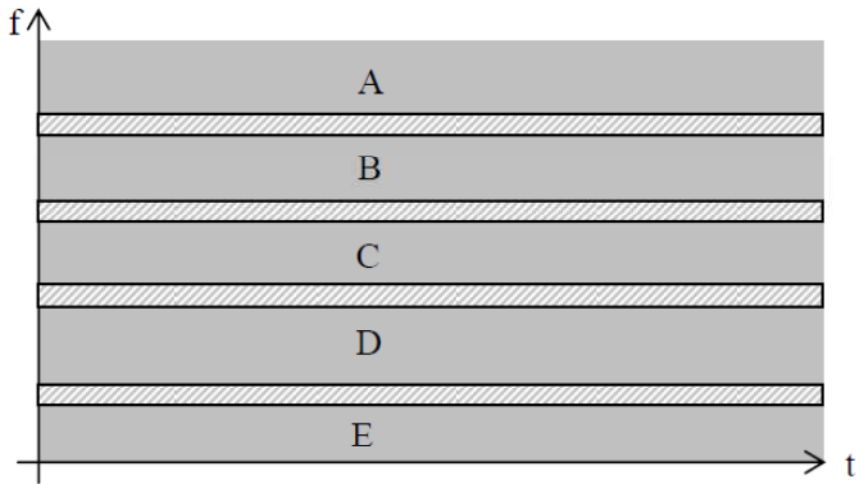
Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi 4 kanal FDM için 1000Hz. bant genişliği gerekmektedir. Band genişliği arttıkça iletim problemleri artmaktadır. Sistemlere göre bu band genişlikleri farklılıklar göstermektedir. Bu sebeple TDM ler kullanılmaya başlamıştır.



Şekil 4.2 Frekans bölmeli çoklama

4.2 Zaman Bölmeli Çoklama (TDM Time Division Multiplexing)

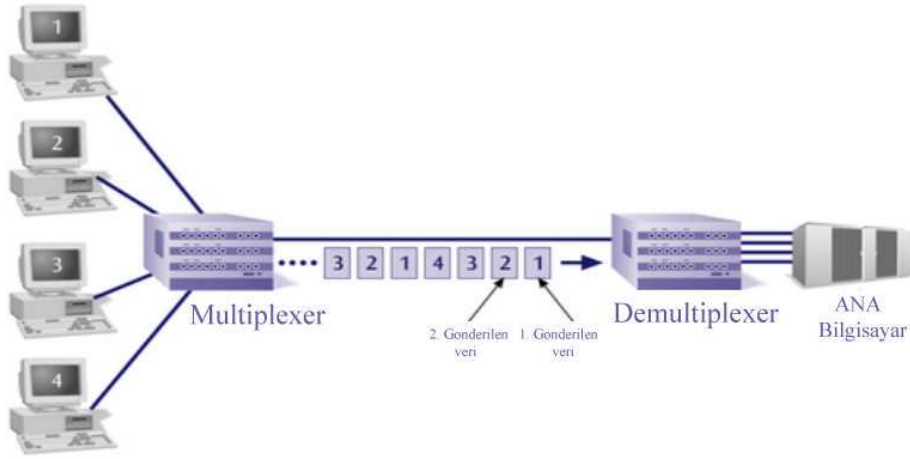
Şekil 4.3’de görüldüğü gibi zaman paylaşımli çoklu erişim tekniğinde her kullanıcı farklı zamanlarda frekans bandının tamamını kullanmaktadır.



Şekil 4.3 FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Her bir konuşma kanalının belli aralıklarla örnekleme yapılarak iletim hattının bant genişliği içerisinde sırayla taranmasına ve aynı iletim hattını kullanmasına zaman bölmeli Konuşma kanalının örnekleme işlemi zaman bölüşümlü anahtarlama ile yapılır. Ortak bir kaynağı çok sayıda kullanıcı tarafından kısa süreli aralıklarla kullanımına uygun şekilde düzenlenmiş anahtarlama sistemine zaman

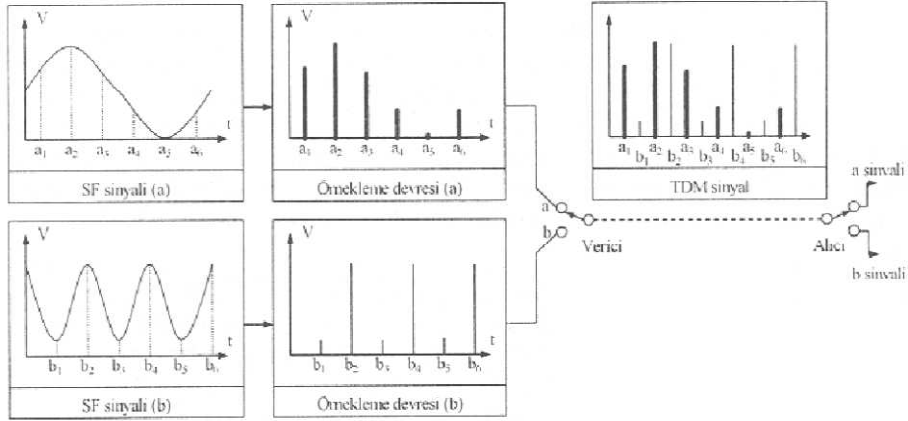
bölüşümlü anahtarlama denir. Yani her konuşma kanalı, aynı iletim hattını kısa süreli olarak tek başına kullanır. Bu işlem için belli bir uyum gerekir. Gönderici ve alıcı tarafı senkronizeli olarak çalışır. Analog bir sinyalin orijinali kesintisizdir. Belli aralıklarla örnekleme yapılarak çeşitli değerler alındığında kesintiye uğrar. Bu örnekler alıcı tarafına ulaştığında bir alçak getiren filtreden geçirildiğinde kesintiye uğramış kısımlar orijinaline uygun şekilde doldurulur. Ancak verici tarafında alınan örnekleme sayısı gereğinden az sayıda ise elde edilen sinyal orijinaline uygun olmaz. Örnekleme frekansı data bileşenleri içerisindeki en yüksek frekans değerinin (3400Hz.) en az iki katı değerinde (8Khz) olmalıdır.



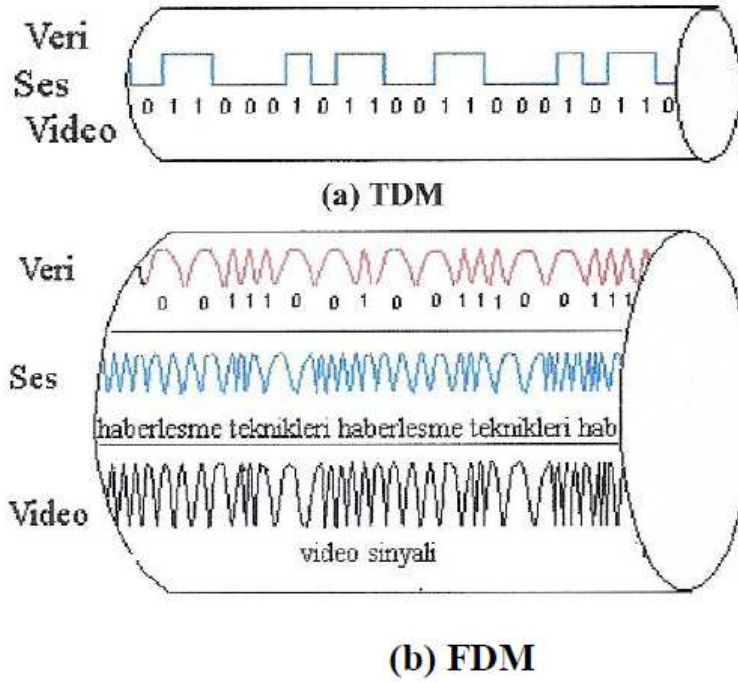
Şekil 4.4. Zaman bölmeli çoklama

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi iki aynı analog sinyal örneklendikten sonra zaman bölüşümlü anahtarlama ile aynı iletim hattına yerleştirilmektedir. Bu işlem için SF sinyali (a)’dan örnekleme devresi yardımıyla $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ zamanlarında aralıklı olarak örnekleme sinyalleri alınır. Aynı işlem SF sinyali (b) için de tekrarlanır. (b)’den alınan Örnekleme sinyalleri $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ olsun. Aynı yöntemle istenilen sayıda SF sinyalinden örnekleme yapılabilir. *Burada temel şart analog SF sinyallerinin tümünün eşit aralıklarla ancak farklı zamanlarda örnekleme işlemine tabi tutulmasıdır.* Örnekleme devreleri ve anahtarların çalışması birbirleriyle senkronize olmalıdır. Devreye göre verici anahtar önce a_1 örnek palsini almak için a konumuna, sonra b_1 örnek palsini almak için b konumuna ayarlanır. Anahtarın sürekli senkronize bir şekilde konum değiştirmesi sonucu iletim hattına örnek palslerin yerleşimi $A_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3, a_4, b_4, a_5, b_5, a_6, b_6$ şeklinde olur. İletim hattının verici tarafında anahtar yardımıyla a ve b sinyallerine ait

örnekler ayrıştırılır. Aynı ayrı elde edilen örnekler alçak geçiren filtreden geçirilerek orijinaline uygun analog SF sinyaline dönüştürülür.



Şekil 4.5 İki kanallı TDM sinyal iletimi



Şekil 4.6 TDM ile FDM in karşılaştırılması

Zaman bölmeli çoğullama (TDM) daha çok sayısal (dijital) işaretlerin çoğullanmasında kullanır. Günümüzde, daha yoğun olarak tercih edilen ve kullanılan sayısal (dijital) haberleşmede, pratik

anlamda TDM'in FDM'e karşı aşağıdaki üstünlüklerinden dolayı, daha çok TDM yöntemi kullanılmaktadır;

TDM'in FDM'e göre üstünlükleri şunlardır;

1. Kanal kapasitesi daha yüksektir.
2. Gürültü oranı daha düşüktür.
3. Güvenilirliği daha yüksektir.
4. Fiziki boyutları daha küçüktür.
5. Maliyeti daha düşüktür.
6. İşletme kolaylığı sağlar.

Zaman bölmeli çoğullama-TDM zaman bölümlenmesini iki şekilde elde eder. Bunlar:

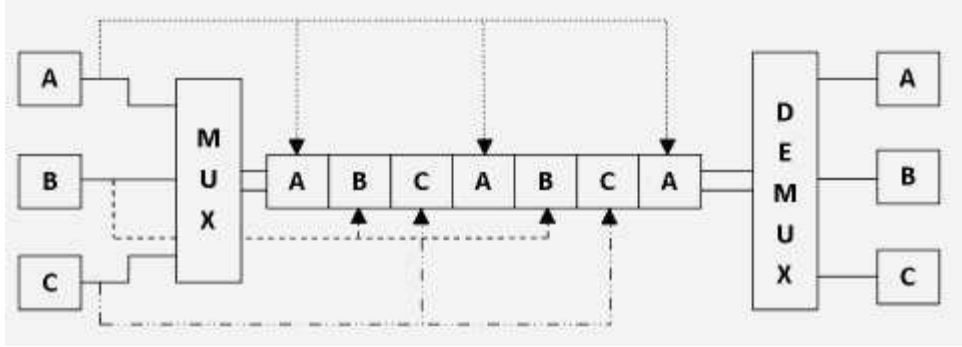
- **STDM, Synchronous Time Division Multiplexing (Eşzamanlı Zaman Bölmeli Çoklama):** STDM'de aynı zaman birimi, bölmeleyici tarafından kanalı kullanan cihazlara ayırır. Bu ayırım olayında kanalın kullanılıp kullanılmamasına bakılmaz.
- **ATDM, Asynchronous Time Division Multiplexing (Eşzamansız Zaman Bölmeli Çoklama):** Zaman birimleri cihaza göre ayrılır. Her birim (slot) sinyalin gönderileceği cihazın detaylarını ve mesajını kendisi tutar. Böylece her birim sayısı cihaz sayısına eşit olmak zorunda kalmaz. ATDM iletim kanalının en iyi şekilde kullanılmasına yardımcı olur ve aynı zamanda birden fazla olan yavaş giriş kanallarının, hızlı birer kanala dönüşmesine yardımcı olur.

TDM, birden çok kaynaktan gelen bilginin aynı ortamda ancak farklı zamanlarda iletilmesini sağlar. Değişik kaynaklardan gelen paketleri, zaman döneminde geçmeli hale dönüştürür. TDM sistemlerinde, en yaygın kullanılan modülasyon PCM, Pulse Code Modulation (Vuruş Kod Ayarlaması)'dir. Bu sistemlerde birden çok bilgi kanalı örneklenerek PCM koduna dönüştürülür. Sonra tek bir metalik çiftine zaman bölmeli çoklanır.

TDM Kavramı ile yüksek hızlı senkron iletişim hattının ortak paylaşılması anlaşılır ve her bir giriş portu için çıkış tarafında zaman dilimleri atanır. TDM giriş portlarındaki gelen veriyi tarar ve yüksek hızdaki iletim hattına bir zaman dilimi ataması yapar. Giriş portlarından bir tanesini yukarıda açıklandığı şekilde değerlendirdikten sonra bir sonraki porta aynı işlem uygulanır.

TDM teknolojisinde göz önünde tutulması gereken husus bütün giriş portları üzerindeki toplam bant genişliğinin (bps-bits per seconds) saniye başına düşen bit, çıkıştaki bant genişliğini aşmamasıdır.

TDM teknolojisi senkron ve asenkron (Start/stop bits) terminallerden iletilen veriyi çoğullayabilmektedir.



Şekil 4.7 TDM ile tek kanaldan veri iletimi

Şekil 4.7 de gösterildiği gibi, paralel kanal girişleri (A,B,C) alınarak çıkış portuna seri olarak çoğullanmaktadır. Her bir kanal girişi, çıkış ucunda bir zaman diliminde yer almaktadır.

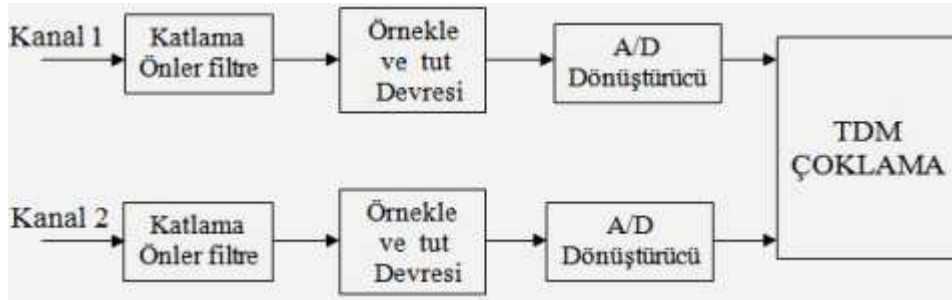
Buna göre TDM ile çoklu veri girişi tek bir iletim hattına çoğullanmaktadır. Kaynak uçtaki işaretlerin çıkış iletim hattında birleştirilmesi işlemi çoğullama olarak tanımlanır. Çıkış ucunun başka bir varış çoğullama düzeneğinde sonlanması durumunda bu çoğullama düzeneğinde kaynak taraftaki veri geri çoğullanır. Buna da Demultiplexing (Geri Çoğullama) adı verilir.

Asenkron işaret; diğer bir işaret için kullanılan saat hızından farklı bir hızda gönderilen işaret demektir. Bilgisayar dilinde ise asenkron işletim diğer işlemlerden bağımsız olarak çalışmaktadır. Öte yandan senkron işletim diğer bir işlemin sonuçlanması neticesinde oluşmaktadır. Senkron protokolü kullanacak tipik uygulama kütüklerin bir noktadan diğer bir noktaya iletimine yöneliktir. Her bir iletim alındığında iletimin başarılı olduğu ve tekrar gönderilmesi gerektiğine dair bir işaret gönderilmektedir.

PCM-TDM Çoğullayıcı Örnek

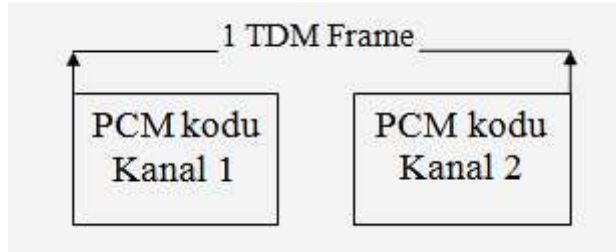
İki kanallı bir PCM-TDM taşıyıcısında her kanal dönüşümlü olarak örneklenir. Bir PCM koduna dönüştürülür. Birinci kanal örneklenip PCM kodu iletilirken ikinci kanal örneklenir ve bir PCM

koduna dönüştürülür. Bu süreç devam eder. Örneklemeler kanallardan dönüşümlü olarak alınır. PCM kodlarına dönüştürülerek iletilir. Çoklayıcı (Multiplexer) iki girişi bir çıkışı olan anahtardır. Dönüşümlü olarak seçilen kanallar çoklayıcının çıkışına bağlanır. Örneklenen her iki kanalı iletmek için gereken süreye çerçeve süresi denir. İki kanallı bir sistemde her kanal için ayrılan süre, toplam çerçeve süresinin yarısına eşittir. Her çerçeve süresinde her kanaldan bir kez örnekleme alınır. Dolayısıyla toplam çerçeve süresi örnekleme hızının tersine eşittir.



Şekil 4.8 İki kanallı bir PCM-TDM taşıyıcı

Çerçeveleme:



Sayısal Taşıyıcı sisteminde her kanal 8 bitlik bir PCM kodunda olup saniyede 8000 kez örneklendirir. (Her kanal aynı hızdadır ancak aynı anda örneklendirmez.)

$$8 \text{ bit/Örnekleme} \times 8000 \text{ Örnekleme/saniye} = 64000 \text{ bps} = 64 \text{ Kbps}$$

Her çerçevede çerçeveleme biti adı verilen bir bit eklenir. Saniyede 8000 hızda çerçeveleme biti oluşturulur. Bu çerçeveleme bitleri TDM devrelerinde alıcı ile verici arasında çerçeve ve örnekleme eşitlemesinde kullanılır. Avrupa standartında $125 \mu \text{ sn}$ 'lik bir çerçeve 32 kanal için 32 eşit zaman bölmesine ayrılır. Bu standarta

göre her zaman bölgesinin 8 biti vardır. Dolayısıyla çerçeve başına toplam bit sayısı :

Zaman Dilimi 0

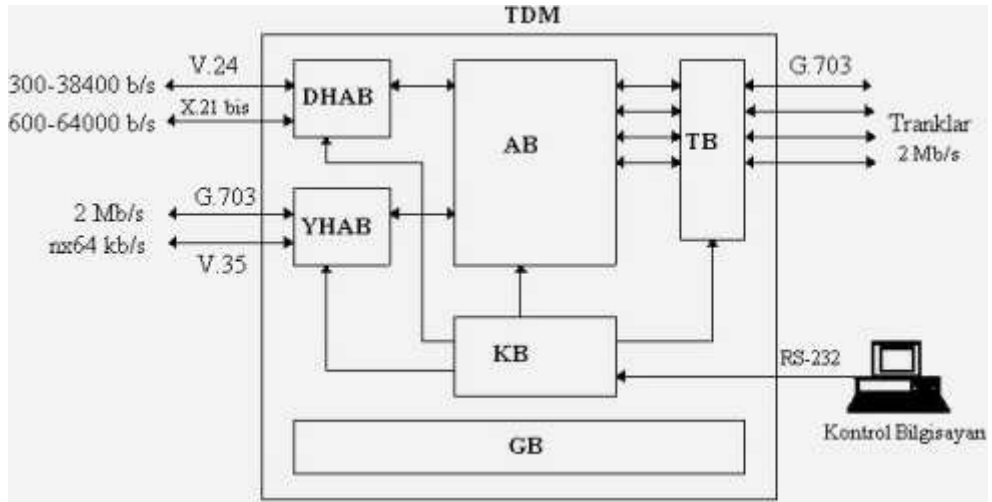
$256\text{bit}/\text{çerçeve} \times 8000\text{çerçeve/saniye} = 2048000\text{bps} = 2048\text{ Mbps}$

Çerçeve Yapısı:

TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

TDM sisteminin blok yapısı:

Sistem altı birimden oluşur. Bunlar: Kontrol Birimi (KB), Düşük Hızlı Abone Birimi (DHAB), Yüksek Hızlı Abone Birimi (YHAB), Anahtarlama Birimi (AB), Trank Birimi (TB) ve Güç Birimi (GB). Sistemin denetimi yerel bir bilgisayar ile yapılır. Sistemin modüler yapısı kullanıcı ihtiyacına cevap verecek şekilde kurulmaya uygundur.



TDM ihtiyacı

- TDM; özellikle ISDN, Telefon servis ağı ve SS7 teknolojilerinde kullanılır.
- TDM tabanlı ağlar uzun zamandır yaygın olarak kullanıldığı için güvenlidir. Sabit trafik akışının olduğu yerlerde

kullanılması önerilir. Çünkü yapısı itibari ile ani veri akışındaki değişikliklere cevap veremez.

- ATM ve Frame Relay teknolojilerinde bant genişliğinin gereksinime göre ayarlanabilmesi maliyet açısından büyük avantaj sağlar.

Avantajları

- Uzun bir geçmişi vardır.
- Sabit hızdaki veri akışı için uygundur.
- Gelişmiş yönetim ve kontrol imkanı sağlar.

Dezavantajları

- Veri akışı olmadığında bant genişliğinden herhangi bir kazanç sağlamaz.

Desteklenen Uygulamaları

- Sabit hızda, zamana duyarlı trafiği
- Öncelikli olarak ses ve veri trafiği
- Düşük hızda bir ağa erişim imkanı
- Video konferans
- Dağıtık uygulamalar (Bilgisayar Destekli Tasarım / Bilgisayar Destekli Üretim)