



TELEKOMÜNİKASYON ŞEBEKELERİNDE SENKRONİZASYON

Çalışma Belgesi

Aralık, 1998

**TELEKOMÜNİKASYON
ŞEBEKELERİNDE
SENKRONİZASYON**

Hazırlayan : **TOLGA AKAR**

İÇİNDEKİLER

1	YÖNETİCİ ÖZETİ	1
2	GİRİŞ	3
3	TELEKOMÜNİKASYON ŞEBEKELERİNDE SENKRONİZASYONUN GEREKLİLİĞİ	3
4	TELEKOMÜNİKASYON ŞEBEKELERİNİN SENKRONİZASYON YAPILARI	5
4.1	Disiplinli Sistemler	5
4.1.1	<i>'Master-slave' Senkronizasyon Düzenekleri</i>	6
4.1.1.1	Gevşek-Bağlı (<i>'loosely coupled'</i> [LOMS])	6
4.1.1.2	Ön-Tanımlı-Değişken (<i>'Preselected alternate'</i> [PAMS])	6
4.1.1.3	Düzenleyici (<i>'Self-Organizing'</i> [SOMS])	6
4.1.1.4	Tek-Uçlu (<i>'Single-ended'</i>)	6
4.1.1.5	Çift-Uçlu (<i>'Double-ended'</i>)	6
4.1.2	<i>Harici Referans Saati</i>	6
4.2	Disiplinsiz Sistemler	7
5	TELEKOMÜNİKASYON ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN SAAT BİRİMLERİNİN TANIMLARI	7
6	UYGULAMALAR	8
7	TÜRK TELEKOM ŞEBEKESİNİN SENKRONİZASYON YAPISI	9
8	TÜRK TELEKOM ŞEBEKESİNİN SENKRONİZASYON YAPISININ GELİŞTİRİLMESİ	10
9	SONUÇLAR	10
10	KULLANILAN KISALTMALAR	12
11	KAYNAKÇA	13

1 YÖNETİCİ ÖZETİ

Senkronizasyon, genel olarak, bir sayısal telekomünikasyon şebekesinde elemanların bilgi gönderme hızlarının ortak bir frekans kaynağına kilitli olmasını ifade etmektedir. Şebekelerde bilginin bozulmasının ve kaybının önlenmesi amacıyla senkronizasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda kullanımı yaygınlaşan SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) vb. hassas şebekelerin ortaya çıkışıyla tüm şebeke elemanlarının eşzamanlı (senkron edilmelerinin) çalışmalarının önemi artmıştır.

Bir sayısal verinin bilgi içeriği, sinyalin genliği ve fazı üzerinden taşınmaktadır. Transmisyon ortamından kaynaklanan zayıflama ve gürültü benzeri bozulmalar sebebiyle sinyalin genliğinde meydana gelen değişiklikler kolaylıkla telafi edilebilirken, elektriksel gürültü, optik yayılım ve kısa-dönemli etkiler sebebiyle sinyalin fazında meydana gelen kaymaların, bilgi kaybına sebep olmaması için, kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Telekomünikasyon şebekelerini oluşturan elemanların (santral, transmisyon teçhizatı, veri sistemleri, vb.) birbirleri arasında gönderdikleri bilgileri kaybetmeden işleyebilmeleri için kullandıkları zamanlama işaretinin 'eş' olması gerekmektedir. Eşzamanlılık referans olarak aynı frekans ve fazda bir saat kaynağının kullanımını veya zamanlama işaretlerindeki frekans kayması, faz kayması ve hat gecikmesi gibi bozulmaların telafi edilmesini gerektirmektedir.

Bir şebekedeki elemanların senkron içinde çalışmaları bir zorunluluk olmakla birlikte, şebekenin tipi ve ihtiyaç duyulan hassasiyetteki farklılıklar, farklı şebeke senkronizasyon yöntemlerinin kullanımını gündeme getirmiştir.

Kullanılan senkronizasyon teknikleri genel olarak iki grupta toplanmaktadır:

- Şebekedeki tüm saat birimlerinin tek bir merkezi referans saatini (master) ana kaynak olarak alıp kendilerini senkron ettikleri ve saat hatası, faz kayması, hat gecikmesi ve saat kaynağının kaybı gibi durumlarda gerekli düzeltmeleri yapabilen **disiplinli sistemler**,
- Şebekedeki saat birimlerinin bağımsız olarak çalıştıkları ve birbirlerine senkron olmadıkları **disiplinsiz sistemler**.

Telekomünikasyon işletmecilerince kullanılan senkronizasyon yapıları genellikle burada anlatılmak istenilen yapılardan birkaçını bir arada kullanan hibrit yapılardadır. Uygulamalar, servis kalitesini en üst düzeye çıkaran, bununla birlikte nisbi olarak yüksek harcama gerektiren bağımsız atomik saatlerin (PRC) çok sayıda bölge ve farklı uygulamalar için temininden, sınırlı sayıda atomik saat ve dağıtım birimlerinin kurulduğu daha az harcama gerektiren çözümlere, diğer tarafta da tek bir atomik saatin tüm şebekeye dağıtıldığı çözümlere kadar değişkenlik göstermektedir. Genel olarak, harcama miktarı arttırıldıkça yüksek kalitenin sağlanması, şebeke tasarımı ve daha sonra yapılacak şebeke değişikliklerinin kolayca gerçekleştirilmesi, işletmenin basitleştirilmesi temin edilirken, nisbi olarak harcama miktarının azaltılması aynı kalitenin elde edilmesi için daha karmaşık şebeke yapılarının kurulmasını

gerektirmekte, şebeke değişiklikleri yapının gözden geçirilerek düzeltilmesini gerektirmesinden dolayı zorlaşmakta, işletme karmaşıklaşmaktadır.

Türk Telekom şebekesinde yukarıda bahsedilen senkronizasyon düzeneklerinden birkaçı birarada kullanılmaktadır. Şebekede kullanılan ana saat kaynağı (PRC) Ankara'da kurulu bulunmaktadır. Santral şebekesi PAMS düzenliğini kullanmaktadır. Ana saat kaynağı şebekenin hiyerarşik olarak en üst noktasında bulunan DMS300 santralına senkronizasyon işaretini iletmekte, DMS300 santralından da şebekedeki diğer santrallara hiyerarşik yapıya uygun olarak transmisyon hatları (2Mb/s) üzerinden senkronizasyon işaretleri taşınmaktadır.

Transmisyon şebekesinin PDH sistemlerinden kurulu kesimlerinde ise 'pulse stuffing' düzeni ile teçhizatlar senkron olmaktadır. Ana saat kaynağından alınan senkronizasyon işaretinin transmisyon hatları üzerinden taşınarak uzak uçlardaki teçhizatlara aktarılıp senkronizasyonu sağlanan veri şebekeleri de santral şebekesi ile aynı düzeni kullanmaktadırlar.

Kurulmakta olan SDH şehirlerarası ve metropolitan şebekelerde ise daha farklı bir senkronizasyon düzeni uygulanmaktadır. SDH teçhizatı, STM-1 sinyalleri içerisinde o şebeke elemanı tarafından kullanılan saat kaynağının kalitesi ve kaynağı hakkındaki bilgileri diğer şebeke elemanlarına aktarabilme özelliğine sahiptir. Bu bilgiler, STM-1 çerçevesi içerisinde yerleştirildiğinden trafik ile birlikte taşınmaktadır.

Türk Telekom şebekesinin bütünü, farklı katman ve uygulamalardan oluşan alt-şebekelerin toplamı olarak ele alındığı takdirde, herbir alt-şebekenin bağımsız bir düzenek ile senkronizasyonunun temin edildiği, bu düzeniğin ise trafik taşıyan transmisyon hatları üzerinden tesis edilerek işletildiği görülmektedir.

Teknolojik gelişmelerle daha hassas senkronizasyon yapılarına ihtiyaç gösteren şebeke elemanları ve şebekelerin geliştirilmesiyle, telekomünikasyon işletmecilerinin kurulu senkronizasyon şebekelerini ve yapılarını sürekli olarak gözden geçirip yenileştirmeleri zorunluluk haline gelmiştir.

2 GİRİŞ

Senkronizasyon, genel olarak, bir sayısal telekomünikasyon şebekesinde elemanların bilgi gönderme hızlarının ortak bir frekans kaynağına kilitli olmasını ifade etmektedir. Şebekelerde bilginin bozulmasının ve kaybının önlenmesi amacıyla senkronizasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda kullanımı yaygınlaşan SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) vb. hassas şebekelerin ortaya çıkışıyla tüm şebeke elemanlarının senkron edilmelerinin önemi artmıştır.

3 TELEKOMÜNİKASYON ŞEBEKELERİNDE SENKRONİZASYONUN GEREKLİLİĞİ

Bir sayısal verinin bilgi içeriği, sinyalin genliği ve fazı üzerinden taşınmaktadır. Transmisyon ortamından kaynaklanan zayıflama ve gürültü benzeri bozulmalar sebebiyle sinyalin genliğinde meydana gelen değişiklikler kolaylıkla telafi edilebilirken, elektriksel gürültü, optik yayılım ve kısa-dönemli etkiler sebebiyle sinyalin fazında meydana gelen kaymaların, bilgi kaybına sebep olmaması için, kontrol altında tutulması gerekmektedir.

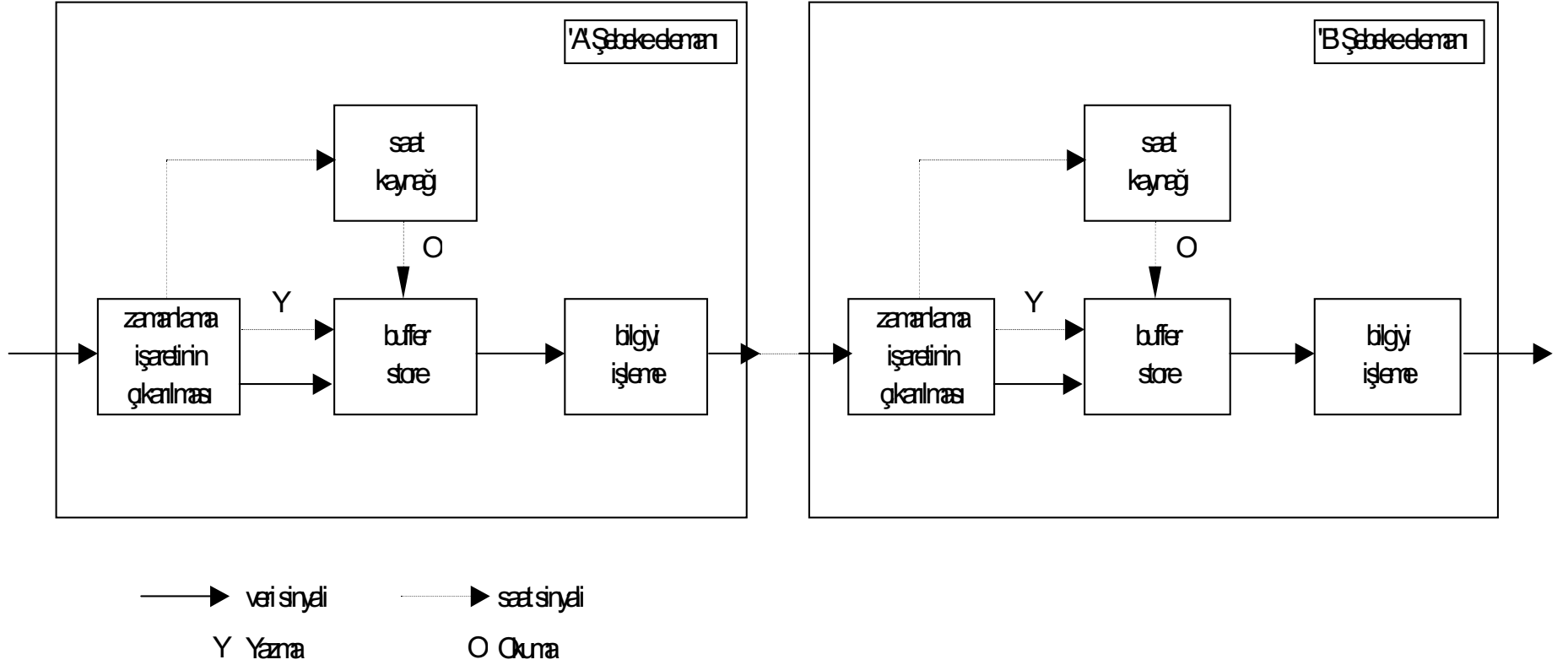
ITU-T^[1] G.810 tansiyesi ile, bir sayısal sinyalin belirli bir anda zaman eksenindeki ideal pozisyonunda ortaya çıkan kısa-dönemli değişiklikler olarak tanımlanan '*jitter*' ile uzun-dönemli değişiklikler olarak tanımlanan '*wander*'in sayısal şebekelerde elektriksel gürültü, optik fiber yayılımı, hat gecikmesi ve sıcaklık değişikliği gibi transmisyon ortamları ve teçhizatlarından kaynaklanan sebeplerle birbirine eklenerek toplanması sonucunda;

- (i) Sinyalin yeniden oluşturulacağı noktalarda, zamanlama işaretinin olması gereken pozisyona göre kaymış olması sebebiyle hata oluşabileceği,
- (ii) 'Buffer' ve faz karşılaştırması kullanan teçhizatla kontrol edilemeyen faz kayması (*slip*) oluşabileceği,
- (iii) Sayısal/analog dönüştürücülerde faz modülasyonu yoluyla sayısal olarak kodlanan analog bilgide bozulmalar oluşabileceği,

belirtilmektedir.

Sayısal teçhizatlar veri sinyalinin oluşturmak üzere bir iç (yerel) saat kullanırlar^[2]. Telekomünikasyon şebekelerini oluşturan elemanlar arasında taşınan bu sinyalin gerek frekans gerekse de faz kararlılığı açısından kaliteli olması çok önemlidir. Sinyal kalitesinde oluşacak bozulmalar, bir veri biriminin tekrarı veya kaybı olarak tanımlanan kayma(*slip*)'ların oluşmasına yol açabilir. Sinyalde oluşabilen bu değişiklikleri telafi edebilmek amacıyla sayısal teçhizatlarda '*buffer store*'lar kullanılmaktadır. '*Buffer store*'lar gerek pahalı oluşları gerekse de sinyal hattında ilave gecikme oluşturuyor olmaları nedeniyle en fazla izin verilen değişkenlikle sınırlı büyüklükte tasarlanmaktadır.

Tipik bir uygulama aşağıda verilmektedir.(Tablo1).



Tablo 1. Senkronizasyon Şeması

'A' şebeke elemanının iç saati tarafından 'B' şebeke elemanına bir sinyal gönderilmektedir. 'B' şebeke elemanı tarafından gelen sinyalden çıkarılan zamanlama işareti, sinyalin 'buffer'a yazılması için kullanılır. Sinyal bir ilerideki şebeke elemanına 'B' nin kontrolü altında iletilir. Burada 'B' şebeke elemanındaki 'buffer', transmisyonda meydana gelen bozulmaları emer ve iki şebeke elemanının saat frekanslarında oluşabilecek değişiklikleri telafi eder. Ancak bu 'buffer store'ların büyüklüğünün yukarıda belirtildiği üzere sınırlanması gerekliliği, aslında sayısal şebekedeki hatlarda oluşabilecek frekans değişikliklerinin sınırlanmasını gerektirir.

Bu nedenle;

- (1) Değişik etkilerle şebekelerde meydana gelen zamanlama işareti ile ilgili değişkenliğin, hizmetin gerektirdiği ölçüde küçük olması,
- (2) Tüm şebeke elemanlarına belirli sınırlar içinde kalan bir saat kaynağının, o elemanın performansını elde etmek için ulaştırılması gerekmektedir.

Özetle, telekomünikasyon şebekelerini oluşturan elemanların (santral, transmisyon teçhizatı, veri sistemleri, vb.) birbirleri arasında gönderdikleri bilgileri kaybetmeden işleyebilmeleri için kullandıkları zamanlama işaretinin 'eş' olması gerekmektedir. Eşzamanlılık referans olarak aynı frekans ve fazda bir saat kaynağının kullanımını veya zamanlama işaretlerindeki frekans kayması, faz kayması ve hat gecikmesi gibi bozulmaların telafi edilmesini gerektirmektedir.

4 TELEKOMÜNİKASYON ŞEBEKELERİNİN SENKRONİZASYON YAPILARI

Bir şebekedeki elemanların senkron içinde çalışmaları bir zorunluluk olmakla birlikte, şebekenin tipi ve ihtiyaç duyulan hassasiyetteki farklılıklar, farklı şebeke senkronizasyon yöntemlerinin kullanımını gündeme getirmiştir.

Kullanılan senkronizasyon teknikleri genel olarak iki grupta toplanmaktadır:

- Şebekedeki tüm saat birimlerinin tek bir merkezi referans saatini (*master*) ana kaynak olarak alıp kendilerini senkron ettikleri ve saat hatası, faz kayması, hat gecikmesi ve saat kaynağının kaybı gibi durumlarda gerekli düzeltmeleri yapabilen **disiplinli sistemler**,
- Şebekedeki saat birimlerinin bağımsız olarak çalıştıkları ve birbirlerine senkron olmadıkları **disiplinsiz sistemler**.

Bu sistemler de kendi altlarında aşağıda belirtilen gruplarda değerlendirilmektedir:

4.1 Disiplinli Sistemler

Disiplinli senkronizasyon sistemlerinin temel özelliği, şebekedeki tek bir saat kaynağının ana kaynak (*master*) olarak tanımlanması ve diğer tüm saatlerin doğrudan veya dolaylı bu kaynağa senkron olmalarıdır. Her bir yerel saat, uygun transmisyon ortamları üzerinden kendisine ulaşan sinyallere (*phase-lock*) fazı kilitlenerek ana kaynağa senkron olmayı sağlar.

4.1.1 ‘Master-slave’ Senkronizasyon Düzenekleri

4.1.1.1 Gevşek-Bağlı(‘loosely coupled’[LOMS])

Master-slave olarak düzenlenen sistemlerde, en basit düzenek hiçbir zamanlama denetim bilgisinin kullanılmadığı ve her bir şebeke noktasının tek bir giriş referans sinyalini aldığı ‘gevşek-bağlı’ (LOMS) seçeneğidir.

4.1.1.2 Ön-Tanımlı-Değişken (‘Preselected alternate’[PAMS])

Bu düzenek her bir şebeke noktasının birden fazla referans saatini alabildiği ve referans saatleri arasında önceliklerin tanımlandığı hiyerarşik bir yapıya dönüştürülürse, ‘ön-tanımlı-değişken’ (PAMS) adını alır.

4.1.1.3 Düzenleyici (‘Self-Organizing’[SOMS])

PAMS düzeneği, şebekenin saat dağıtma düzeneğini kendi kendisine yeniden düzenlemesine imkan tanıyacak şekilde denetim sinyallerinin şebeke elemanları arasında kullanılması durumunda ‘düzenleyici’ (SOMS) adını almaktadır. Bu son düzenek öncekilerden farklı olarak her bir elemanın kendisinin kullandığı saat ile ilgili bilgileri diğer elemanlara aktardığı bir zamanlama bilgisi dağıtımını içerdiğinden dolayı daha karmaşık ancak şebekenin belirli kesimlerinde oluşabilecek arızalarda kendi kendisine sinyal akışını düzeltebilmesinden ötürü daha güvenilir bir düzenektir.

‘Mutual’ senkronizasyon düzenekleri

‘Mutual’ senkronizasyon düzeneklerinde temel özellik, tanımlı bir saat kaynağının şebeke tarafından referans olarak kullanılması yerine her bir şebeke elemanının çalışma frekansını kendisinde sonlanan giriş işaretlerinin fazlarının ortalamasını alarak belirlemesidir. Bu düzenekte belirli bir süre sonunda, uzun dönemli kararlılığı yüksek bir ortalama şebeke frekansına yaklaşılabileceği kabul edilir.

4.1.1.4 Tek-Uçlu (‘Single-ended’)

Düzenek hatlarda oluşan gecikmeleri gözönüne almayan ‘tek-uçlu’ senkronizasyon yöntemi olarak tanımlanır.

4.1.1.5 Çift-Uçlu (‘Double-ended’)

Düzenek hatlardaki gecikmelere ait bilgilerin şebeke üzerinden taşınarak değerlendirildiği ‘çift-uçlu’ senkronizasyon yöntemi olarak tanımlanmaktadır.

Bu tür düzeneklerin uzun dönemli kararlılıkları yüksek olmakla birlikte, çok sayıda bağlantı kurulmasını gerektirmesi ve kısa dönemli bozulmaların şebeke kararlılığını olumsuz etkilemesinden dolayı ciddi uygulama güçlükleri bulunmaktadır.

4.1.2 Harici Referans Saati

Harici referans saati uygulamalarında şebeke elemanları, şebekenin farklı noktalarına dağıtılmış bulunan harici saatlere, trafikten bağımsız transmisyon ortamları üzerinden erişerek senkronizasyonu sağlarlar. Bu uygulamada amaç, ana saat kaynağına olan

mesafeyi kısaltarak sistemin güvenilirliğini artırmaktır. Ayrıca bu uygulamada kabul edilebilir hassasiyette çok sayıda saat kaynağının tesis edilmesi de gereklidir.

4.2 Disiplinsiz Sistemler

A. Darbe-yığma ('Pulse stuffing')

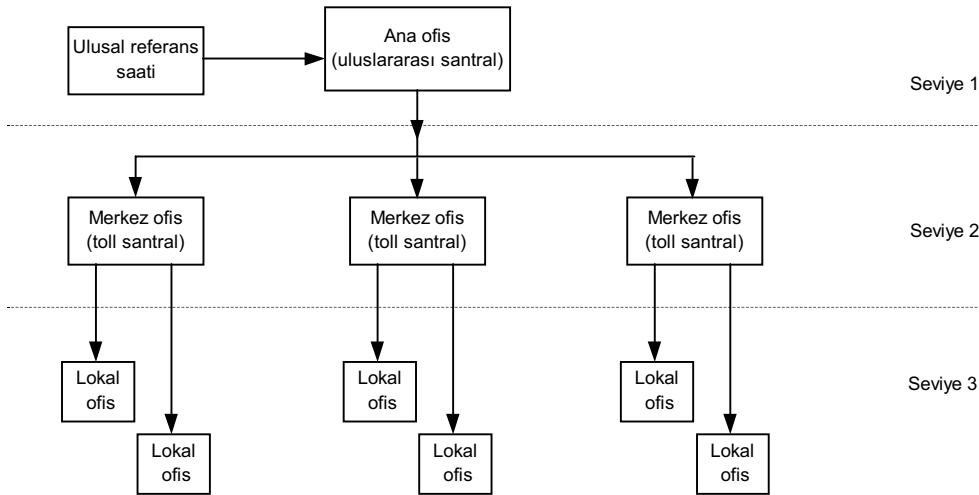
B. Yakın-senkron ('Plesiochronous')

Disiplinsiz senkronizasyon sistemlerinin temel özelliği, şebeke elemanında bulunan yerel saatin gelen sinyale veya harici bir saat kaynağına senkron olmasına ihtiyaç duymaksızın sistemin çalışmasıdır. Bu teknikte ya girişteki sinyalin hızı bit eklemek suretiyle yükseltmek veya bit çıkarılmak suretiyle düşürülerek yerel saat ile eş hızda getirilmekte (darbe yığma) ya da yerel saatlerin hassasiyeti çok yüksek seçilerek kayma olasılıklarının düşürülmesi ve sistemin senkron olmaya yaklaşması (yakın-senkron) temin edilmiş olmaktadır.

Bu tür sistemlerin avantajı senkronizasyon şebekesinin dağıtık olmasından ve arızaların sadece sınırlı sayıda elemanı etkilemesinden dolayı denetim şebekesine ihtiyaç duyulmaması ve şebekedeki genişlemelerin kolayca yapılabilmesidir. Dezavantajı ise, ilk grupta herbir sinyal için bu düzeneğin çalıştırılması gerekeceğinden bazı sistemler için ilave donanım maliyeti olması, 2. grup için ise bu tür yüksek hassasiyetli saatlerin her bir şebeke noktasında kullanılmasının yüksek maliyetli oluşudur.

5 TELEKOMÜNİKASYON ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN SAAT BİRİMLERİNİN TANIMLARI

Senkronizasyon şebekelerinde kullanılan saatler hassasiyetlerine bağlı olarak üç grupta toplanmaktadır:



Tablo 2. Senkronizasyon şebekesi

Seviye 1 : G.811 saatler^[4]

Bağımsız veya alternatif olarak uydu/radyo sistemlerinden alınan UTC'den yararlanan bağımsız-olmayan, hassasiyetleri aşağıda belirtilen saat kaynaklarıdır:

Frekans hassasiyeti: 10^{11} de 1 birim

(En az 1 haftalık gözlem süresi içerisinde)

Seviye 2: G.812 saatler^[5]

Seviye 1'deki saat kaynaklarına 'master-slave' bağlı, hassasiyetleri aşağıda belirtilen saat kaynaklarıdır:

Frekans hassasiyeti: 10^9 de 1 birim

Seviye 3 : G.813 saatler^[6]

Seviye 2'deki saat kaynaklarına 'master-slave' bağlı, hassasiyetleri aşağıda belirtilen saat kaynaklarıdır:

Frekans hassasiyeti: 10^8 de 2 birim

Hiyerarşik bir senkronizasyon şebekesinin tipik bir görünümü Tablo-2'de verilmektedir^[7].

6 UYGULAMALAR

Telekomünikasyon işletmecilerince kullanılan senkronizasyon yapıları genellikle yukarıda özetlenen yapılardan birkaçını bir arada kullanan hibrit yapılardadır. Uygulamalar, servis kalitesini en üst düzeye çıkaran, bununla birlikte nisbi olarak yüksek harcama gerektiren bağımsız atomik saatlerin (PRC) çok sayıda bölge ve farklı uygulamalar için temininden, sınırlı sayıda atomik saat ve dağıtım birimlerinin kurulduğu daha az harcama gerektiren çözümlere, diğer tarafta da tek bir atomik saatin tüm şebekeye dağıtıldığı çözümlere kadar değişkenlik göstermektedir. Genel olarak, harcama miktarı arttırıldıkça yüksek kalitenin sağlanması, şebeke tasarımı ve daha sonra yapılacak şebeke değişikliklerinin kolayca gerçekleştirilmesi, işletmenin basitleştirilmesi temin edilirken, nisbi olarak harcama miktarının azaltılması aynı kalitenin elde edilmesi için daha karmaşık şebeke yapılarının kurulmasını gerektirmekte, şebeke değişiklikleri yapının gözden geçirilerek düzeltilmesini gerektirmesinden dolayı zorlaşmakta, işletme karmaşıklaşmaktadır.

Telekomünikasyon operatörlerinin senkronizasyon şebekelerine örnek olarak,

İngiltere'deki yerleşik operatör *British Telecom* (BT) ile Almanya'daki uzak mesafe operatörlerinden *Bayernwerk Netkom*'un senkronizasyon şebekeleri gösterilebilir.

BT santral şebekesinin senkronizasyon alt-şebekesi 3 katmandan oluşmaktadır^[2]. Birinci katmanda G.811 hassasiyetinde üçlü yedekli bir saat bulunmakta, bu kaynak

ikinci katmandaki noktalara 18 ayrı link üzerinden zamanlama bilgisini aktarmaktadır(*master-slave*). İkinci katmanda ilave olarak karşılıklı senkron olan 65 adet santral bulunmaktadır (*mutual*). Üçüncü katmanda ise ikinci katmandaki senkronizasyon noktalarına *master-slave* olarak bağlı diğer santrallar bulunmaktadır. Bu yapı santral şebekesinin genişlemesine ve şebeke tarafından sunulması istenilen hizmet kalitesine bağlı olarak geliştirilmektedir.

BT'nin kurulu senkronizasyon şebekesinin diğer bir özelliği ise, talepte bulunan özel şebekelere senkronizasyon zamanlama işareti dağıtma hizmetini verebilmesidir.

Bayernwerk Netkom'un^[8] SDH şebekesinin senkronizasyonu için kurulan alt-şebekede ise, tüm şebeke elemanlarının belirli bir saat grubu (7 ayrı grup bulunmaktadır) içerisinde tanımlandığı görülmektedir. Her grupta G.811 hassasiyetinde bir saat bulunmakta (*Caesium* veya GPS) ve bu saat grup içerisindeki tüm şebeke elemanlarına trafik bağlantıları üzerinden senkronizasyon işaretlerini dağıtmaktadır.

Bu yapıda, şebeke elemanlarının ana saat kaynağına mesafeleri kısa tutulmakta, SDH şebeke elemanlarının senkronizasyon işaretinin kalitesi ile ilgili bilgileri taşıma özelliği kullanılarak kesinti durumlarında oluşabilecek senkronizasyon döngülerinin önlenmesi temin edilmektedir.

7 TÜRK TELEKOM ŞEBEKESİNİN SENKRONİZASYON YAPISI

Türk Telekom şebekesinde yukarıda bahsedilen senkronizasyon düzeneklerinden birkaçı birarada kullanılmaktadır. Şebekede kullanılan ana saat kaynağı (PRC) Ankara'da kurulu bulunmaktadır. Santral şebekesi PAMS düzeneğini kullanmaktadır. Ana saat kaynağı şebekenin hiyerarşik olarak en üst noktasında bulunan DMS300 santralına senkronizasyon işaretini iletmekte, DMS300 santralından da şebekedeki diğer santrallara hiyerarşik yapıya uygun olarak transmisyon hatları (2Mb/s) üzerinden senkronizasyon işaretleri taşınmaktadır.

Transmisyon şebekesinin PDH sistemlerinden kurulu kesimlerinde ise 'pulse stuffing' düzeneği ile teçhizatlar senkron olmaktadır. Şebekede yaygın olarak kullanılan 8Mb/s, 34Mb/s, 140Mb/s ve 565Mb/s sistemleri kendi bağımsız yerel saatleri ile çalışmakta, PDH çerçeve yapılarında bulunan doğrulama bitlerini kullanarak hattan gelen bilgileri bit kaybına uğratmaksızın aktarmaktadırlar.

Ana saat kaynağından alınan senkronizasyon işaretinin transmisyon hatları üzerinden taşınarak uzak uçlardaki teçhizatlara aktarılıp senkronizasyonu sağlanan veri şebekeleri de santral şebekesi ile aynı düzeneği kullanmaktadırlar.

Kurulmakta olan SDH şehirlerarası ve metropolitan şebekelerde ise daha farklı bir senkronizasyon düzeneği uygulanmaktadır. SDH teçhizatı, STM-1 sinyalleri içerisinde o şebeke elemanı tarafından kullanılan saat kaynağının kalitesi ve kaynağı hakkındaki bilgileri diğer şebeke elemanlarına aktarabilme özelliğine sahiptir. Bu bilgiler, STM-1 çerçevesi içerisine yerleştirildiğinden trafik ile birlikte taşınmaktadır. Sonuç olarak SOMS düzeneğine benzer bir yapı ayrı bir denetim sinyali şebekesi kurulmasına ihtiyaç duyulmadan kurulabilmekte ve şebeke elemanlarının herbiri bu

bilgiyi kullanarak kendisi için en iyi olan saat kaynağını seçerek olabildiğince üst seviyede senkron olmaktadır.

Türk Telekom şebekesinin bütünü, farklı katman ve uygulamalardan oluşan alt-şebekelerin toplamı olarak ele alındığı takdirde, herbir alt-şebekenin bağımsız bir düzenek ile senkronizasyonunun temin edildiği, bu düzeneğin ise trafik taşıyan transmisyon hatları üzerinden tesis edilerek işletildiği görülmektedir.

Türk Telekom şebekesindeki senkronizasyon yapısının bu şekilde kurulmuş olması, daha küçük ölçekte bağımsız şebekelerin senkron edilmesi gibi bir avantajı taşımakla birlikte, senkronizasyon işaretlerinin kalitesi denetim dışında kalan bir parametre olarak durmaktadır. Transmisyon hatlarından taşınan 2Mb/s seviyesindeki işaretlerin denetlenebilmesi mümkün olmamakta, senkronizasyon işaretleri arasında seçim yapılmasına olanak tanıyacak bilgiler de 2Mb/s seviyesindeki trafik işaretleri üzerinden taşınmamaktadır.

Türk Telekom şebekesinde gözlenen diğer bir özellik ise, ana bir saat kaynağından alınan senkronizasyon işaretinin, santral, transmisyon veya veri şebekesinin kendi düzeneği üzerinden sistemlerin kurulu bulunduğu herbir istasyona kadar dağıtılmış olmakla birlikte, bu işareti o noktaya kadar uzanan diğer şebekelerin veya kiralık devreleri taşıyan noktadan noktaya sistemlerin kullanılmasına imkan sağlayacak istasyon-içi saat dağıtım birimlerinin bulunmayışıdır.

Türk Telekom şebekesi dağıtım birimleri ile birlikte bağımsız bir senkronizasyon şebekesi olmasının getireceği kalite kontrolü ile dağıtım esnekliği ve kolaylığından faydalanamamaktadır.

8 TÜRK TELEKOM ŞEBEKESİNİN SENKRONİZASYON YAPISININ GELİŞTİRİLMESİ

Türk Telekom şebekesinde öncelikli olarak 1980'li yılların sonundan bu yana kullanılmakta olan atomik saat kaynağı yenilenmektedir. Bu işlemin 1998 yılı sonuna kadar tamamlanması hedeflenmektedir. Daha hassas ve kaliteli bir saat işaretine ihtiyaç duyması ve sistem yapısındaki olanakların yardımıyla kurulmakta olan SDH şebekesi kendi bağımsız ancak güvenilir senkronizasyon yapısını kuracaktır. Senkronizasyon şebekesinin tasarım ve işletilmesinin, şebeke büyüklüğüne paralel olarak zorlaşması ve karmaşıklaşması nedeniyle, tek bir merkezde bulunan yedekli veya yedeksiz atomik saat kaynaklarının şebekeye dağıtılması yerine, aynı veya yakın kalitede saat kaynaklarının dağıtık olarak kullanılmasının önemli kolaylıklar getireceği düşünülmektedir. Bunu teminen, saat sinyallerini yaymak amacıyla uzayda belirli yörüngelere yerleştirilmiş bulunan uydulardan yararlanan GPS sistemlerinin kullanımı bir alternatif olarak görünmektedir. Bu sistemlerin, atomik saat kaynakları ile uzun dönemli kararlılıkları aynı olmakla birlikte, fiyat yönünden önemli avantajları bulunmaktadır.

9 SONUÇLAR

Teknolojik gelişmelerle daha hassas senkronizasyon yapılarına ihtiyaç gösteren şebeke elemanları ve şebekelerin geliştirilmesiyle, telekomünikasyon işletmecilerinin kurulu senkronizasyon şebekelerini ve yapılarını sürekli olarak gözden geçirip yenileştirmeleri zorunluluk haline gelmiştir. Bu çerçevede Türk Telekom şebekesinin

kurulu senkronizasyon yapısının, mevcut ve gelecekteki uygulamaları da dikkate alarak topluca gözden geçirilmesi gereklidir.

Türk Telekom'un bundan sonraki hedefinin, tüm şebeke elemanlarına hizmet verecek kalitesi denetlenebilen bağımsız bir senkronizasyon şebekesi ve istasyon-içi dağıtım birimlerinin kurulması olmak durumundadır.

10 KULLANILAN KISALTMALAR

LOMS: Loosely coupled master-slave

PAMS: Pre-selected alternate master-slave

PDH: Plesiochronous digital hierarchy

PRC: Primary reference clock

SDH: Synchronous digital hierarchy

SOMS: Self-organizing master-slave

STM-1: Synchronous Transport Module

11 KAYNAKÇA

- [1]ITU-T Tavsiyeleri G.810, ‘Considerations on timing and synchronization issues’
- [2]T.S.Brown, M.J.Gilson, M.G.Mason, BT Journal J Vol 16 No 1 January 1998, ‘Synchronisation in data networks’
- [3]Datapro Research Corperation, 1988, ‘Network Synchronization Techniques’
- [4] ITU-T Tavsiyeleri G.811, ‘Timing characteristics of primary reference clocks’
- [5]ITU-T Tavsiyeleri G.812, ‘Timing requirements at the outputs of slave clocks suitable for plesiochronous opetation of international digital links’
- [6]ITU-T Tavsiyeleri G.813, ‘Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC)’
- [7]Hewlett Packard, 1998, Network Synchronization and Synchronization Management Semian Book
- [8]B.Edmaier, H.Hilbig, Wandel&Goltermann bits 81, Temmuz 1998, ‘Clock Synchronization for BayernWerk Netkom’s SDH Transport Network’