

# FNBDT 210 (Future Narrow Band Digital Terminal)'in IP Ağları Üzerinde Uygulaması

O. DİLLİ, M.MERT, M. KOYUNCU, S.NAZLIBİLEK ve N.AKÇAM

**Özet** — Teknolojideki hızlı değişim her alanda olduğu gibi haberleşme sistemlerinde de yaşanmaktadır. Geliştirilen farklı sistemler veya cihazlar zaman kaybedilmeden kullanıma sunulmaktadır. Söz konusu değişim genelde olumlu olmakla birlikte bazen olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Bu olumsuz sonuçlardan bir tanesi, ISDN, PSTN ve IP tabanlı haberleşme cihazlarının birbirleriyle uçtan uca güvenli olarak haberleşme yapamamasıdır. Gelişmiş ülkeler tarafından söz konusu sıkıntının farkına varılmış ve çözüm bulma gayretleri 20. Yüzyılın sonlarında başlamıştır. Bu konuda en dikkat çekici çalışma, ABD tarafından başlatılan FNBDT 210 (Future Narrow Band Digital Terminal) çalışmasıdır. Bu çalışma, farklı şebekelerde haberleşme yapan cihazların birbirleri ile emniyetli haberleşme yapabilmesini amaçlamıştır.

**Anahtar Kelimeler** — FNBDT, Uçtan Uca Güvenli Haberleşme

**Abstract** — Fast progress in technologies affects all the domains as well as the communication systems. Different types of systems or devices are developed and given to the services without losing time. Although these progresses, in general, have positive effects sometimes they may cause some problems. One of these problems is that the different terminal devices based on ISDN, PSTN and IP cannot communicate end-to-end with each other in a seamless secure way. Some developed countries were become aware of the problem and started some studies at the end of the 20 century. The most important study on this problem was FNBDT 210(Future Narrow Band Digital Terminal) Project. The aim of the project was to achieve end-to-end secure communication of different terminal devices communicating on different networks.

**Index Terms**— FNBDT, End-to-End Secure Communication.

## I. GİRİŞ

FNBDT 210 protokolü, farklı şebekelerde haberleşme yapan cihazların birbirleri ile emniyetli haberleşme ihtiyacından doğmuş bir protokoldür. Protokolün çalışması için temel olarak, FNBDT 210 destekli terminal cihazları ile şebekeler arasında altyapı dönüşümü yapan IWF (Interworking Function-Gateway) birimlerine ihtiyaç vardır.

FNBDT 210'un farklı network ağları üzerinde uygulama alanı bulunmaktadır. Bu çalışmanın IP Ağları üzerinden yapılmak istenmesinin nedenleri;

- IP Ağ uygulamalarının hem taktik hem de stratejik alanda çok yaygın olması,
- Haberleşme alanında IP ağlarının gelecekte daha da yaygın olarak kullanılacak olması,

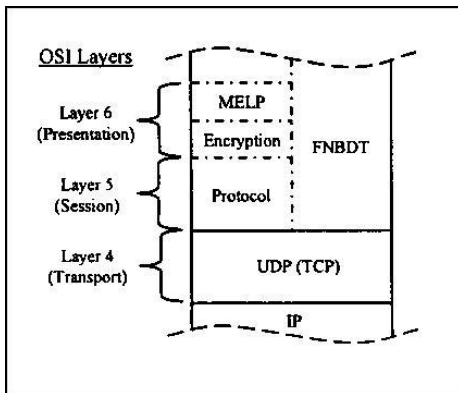
- FNBDT 210'un IP ağları üzerinden G.711 (64 kbps), G.729 (8 kbps) gibi yüksek bant genişliği tahsis yapan ses kodeklerini kullanmaksızın, Stanag 4591 Standartına uyumlu 2,4 kbps hızında MELP ses kodeğini kullanarak az bir bant genişliği tahsis yapması olarak belirtilebilir.

IP dünyasında paket kayıpları fazla miktarda olabilmektedir. Fakat gerçek zamanlı uygulamalarda ses paketlerinin kaybolması ses haberleşmesini ciddi ölçüde etkilemektedir. Bu çalışma, IP altyapısında FNBDT 210 haberleşme davranışlarının değişik durumlar altında gözlenmesi amacıyla yapılmıştır. IP ortamında FNBDT 210'un nasıl davranacağı bilinmediğinden birtakım test verilerinin alınması gelecekte FNBDT 210 ile ilgili IP ağları üzerinde çıkabilecek olan sorunlara çözüm yolu sağlayacak ve referans olabilecektir. Bu çalışma bu alanda yapılan ilk uygulama olması ile dikkat çekmektedir. Bu çalışma ile, çağrı kurma ve farklı modlarda haberleşmede çok önemli yeni veriler elde edilmiştir. Bu veriler, bu alanda yeni ve farklı çalışmalar yapacaklara, ışık tutacak ve elde edilecek veriler ile karşılaştırılabilecektir.

## II. FNBDT 210 SİNYALLEŞMESİ

FNBDT 210 Protokolü, Şekil 1'de görüldüğü gibi UDP protokolü üzerinde çalışmaktadır. Kriptolama işlemi Layer 6 ve üzerinde yapılmaktadır. IP paketleri ve UDP paketleri kriptosuz gönderilmektedir. Bu sayede Layer 3 ve 4 kapsamında Header Compression yapılabilmektedir [1].

FNBDT 210 sinyalleşmesi esas olarak bağlantı kurma ve kontrol sinyalleşmelerinden oluşmaktadır. Bağlantı Kurma Sinyalleşmesi, Yetenekler, Parametre/Sertifika, F(R) ve Kripto Senkronizasyon (CryptoSync); Bağlantı Kontrol Sinyalleşmesi ise İhbar İşlemleri (Notification), Mod Değiştirme ve Senkronizasyonu Tekrar Kurma konularını içermektedir.



Şekil 1. FNBDT/FNBDT 210 Protokol Altyapısı [2]

FNBDT 210 sinyalleşmesi, sekiz baytlık Start of Message (SOM) ile başlayıp sekiz baytlık End of Message (EOM) ile sonlanmaktadır.

SOM ve EOM arasında gönderilen çerçeveler “çerçeve grubu (superframe)” olarak tanımlanmaktadır. Her çerçeve grubu gönderme yönünde hata düzeltimi (FEC) ve çevrimsel artıklık denetimi (CRC) ile korunan çerçevelerden meydana gelmekte; FEC ile düzeltilemeyen hataların ortadan kaldırılması içinse olumlu veya olumsuz onay verme mekanizmaları (ACK ve NACK) kullanılmaktadır.

Her bir çerçeve, 1 çerçeve numarası, 13 mesaj, 4 FEC ve 2 CRC olmak üzere 20 bayttan oluşmaktadır. Bu çerçevelerden oluşan ve Mesaj Başlangıcı (SOM) ile başlayıp Mesaj Sonu (EOM) ile sonlanan her çerçeve grubu en az bir en çok 127 adet çerçeveden oluşmaktadır.

EOM alındığında öncelikle son alınan çerçevenin ESCAPE veya REPORT olup olmadığına bakılır, eğer değilse o ana kadar alınmış çerçeveler için rapor hazırlanır ve gönderilir. ESCAPE mesajı band genişliği kullanımı, REPORT mesajı ise gelen çerçevelerin hata oran onayları ile ilgili kavramlardır.

Benzer şekilde FNBDT 210 sinyalleşmesinde karşılaşılabilecek mesaj türlerinden diğer bir tanesi RESET mesajıdır ki bu mesaj gerekli durumlarda iletim katmanını yeniden senkron hale getirmek için kullanılır. RESET mesajı çerçeve numaralarını sıfırlar ve bir SOM ve EOM arasında yalnızca bir RESET mesajı gönderilir.

FNBDT 210 sinyalleşmesinde, bağlantı kurma sinyalleşmesinin ilk adımı olarak terminaller birbirlerine Yetenekler Mesajını (Capabilities Message) göndermektedirler. Bu mesaj sayesinde terminaller birbirleriyle uyumlu olarak ne şekilde çalışabileceklerini (açık veya kapalı modlar) belirli bir esasa bağlamakta ve güvenli modda haberleşilecek ise uygun anahtar listesinin seçilmesi de bu sayede mümkün olmaktadır. Yetenekler Mesajı gönderildiği anda ilk mesaj zamanlayıcısı başlamakta, bu zamanlayıcı karşı taraftan FNBDT 210 uyumlu mesaj gelmemesi halinde bağlantının zaman aşımına uğramasını temin etmektedir. Zaman aşımı sonunda Boş Bağlantı haline dönlür.

İlk mesajlaşma sonunda eğer güvenli haberleşme kararı verildiyse FNBDT 210 bağlantısı kurulabilmesi maksadıyla trafik anahtarını oluşturabilmek için karşılıklı sertifikaların ve F(R)’ların değiş tokuş yapılması gerekmektedir. Bunlardan

sertifikanın gönderilmesi Parametre/Sertifika mesajı ile olur.

F(R) mesajı anahtar takımı ile ilgili bir takım bilgiler (anahtarın tip, uzunluğu vb.), F(R) uzunluğu ve F(R)’ın kendisini kapsayan bir mesajdır. F(R) mesajı iletilmeden önce mutlaka parametre/sertifika mesajı iletilmiş olmalıdır.

FNBDT 210 bağlantısı kurmada diğer bir adım kriptosenkronizasyon mesajlarının değişimidir. Değişimi yapılan sertifika ve F(R) bilgileri ile trafik anahtarı oluşturulmakta, bu anahtar ile test paketi şifrenenip Kripto Senkronizasyon Mesajı haline getirilmektedir.

Bağlantı kurma sinyalleşmesinden sonra kurulan bağlantının değişikliklere tabi tutulmasıyla ilgili bir takım sinyalleşme tanımları mevcuttur. Bağlantı kontrol sinyalleşmesinin amacı; herhangi bir sebeple bağlantıyı sonlandırmak, mevcut uygulamayı değiştirmek, diğer terminali ikaz etmek ve/veya kriptosenkronizasyonunu baştan sağlamak olabilir. Bağlantı kontrol sinyalleşmesinde dört farklı mesaj vardır. Bunlar İhbar (Notification), Mod Değişim İsteği (Mode Change Request), Mod Değişim Yanıtı (Mode Change Response) ve Kripto Senkronizasyon (CryptoSync) olabilir.

Mod değiştirme işlemi; talep ve buna verilen yanıt şeklinde iki türdür ve sadece her iki terminal de güvenli uygulama trafiğinde iken mümkün olabilir.

Güvenli Ses için beş farklı çağrı mevcuttur. Bunlar [2];

- Güvenli 2,4 kbps MELP kodlu Ses – Blank & Burst (DTX),
- Güvenli 2,4 kbps MELP kodlu Ses – Blank & Burst (FCT),
- Güvenli MELP kodlu Ses –Burst w/o Blank (DTX),
- Güvenli MELP kodlu Ses –Burst w/o Blank (FCT),
- Güvenli, Gelişmiş Çoklu-Band Uyarımı (AMBE).

FNBDT 210’da Blank & Burst uygulamalı MELP ve Burst w/o Blank olmak üzere iki tip güvenli ses çağrısı yapılabilmektedir.

FNBDT 210 uyumlu bir terminalde, kriptosenkronizasyonunun sürekliliği için belirli periyotlarla terminal tarafından 2,4 kbps’de üretilen MELP kodlu ses bilgisinin üzerine kriptosenkronizasyon bilgisi yazılır. Bu işleme “B&B” (Blank and Burst) protokolü denilmekte ve bu uygulamada zaman zaman ses bilgisi silinerek yerine kriptobilgi yazılmasından dolayı ses kalitesinde ufak çapta düşüşler yaşanmaktadır.

Blank & Burst çerçeve grubu 24 çerçeveden oluşmasına karşın, Burst w/o Blank uygulaması 25 çerçeveden oluşmaktadır. Dolayısıyla Burst w/o Blank uygulaması için gerekli kanal kapasitesi 2,4 kbps’den fazla (overhead) olmaktadır. Aynı zamanda, MELP kodlanmış ses bilgilerinin üzerine kriptosenkronizasyon bilgisi yazılmadığı için ses kalitesi B&B’ye göre daha iyidir.

Açık MELP ses çağrı hizmeti görüşmesinde de ortaya çıkan yapı tıpkı B&B’de olduğu gibidir. Mesaj yine, biri SM çerçevesi olmak üzere toplam 24 çerçeveden oluşan çerçeve gruplarıyla yapılır. Ancak burada kriptolama yapılmadığından SM çerçevesinin başlık kısmından sonrası sıfır ile doldurularak mesaj gönderilir.

Ayrıca ister güvenli isterse açık olarak görüşen tüm FNBDT

210 uyumlu terminallerin DTX ve FCT durumları desteklemesi beklenmektedir. Bunlardan DTX; bir ses çağrısı sırasında, terminalin kullanıcı konuştuğu sürece çerçeve gruplarının oluşturularak gönderilmesi, kullanıcı sustuğunda ise gönderme yapmanın kesilmesi prensibini; FCT ise; ses çağrısı sırasında terminalin kullanıcısının sustuğu sürede de çerçeve gruplarının oluşturularak karşı terminale iletilmesi yani MELP kodlayıcı biriminin sürekli çalışmasını ifade etmektedir.

FNBBDT 210, veri haberleşmesinde ise iki veri hizmetini desteklemektedir. Bunlar “Güvenli Aktarım (Reliable Transport-RT) Asenkron Veri Hizmeti” ve “Garanti İş (Guaranteed Throughput-GT) Asenkron Veri Hizmetleridir. RT Asenkron Veri hizmetinde, güvenli ses hizmetinde kullanılan sinyalizasyon mekanizmalarının aynısını kullanarak veri çağrısı başlatılır ve kanal kapasitesi %70 verimlilikle kullanılır. GT Asenkron Veri hizmeti ise kanal kapasitesinin tamamının kullanıldığı bir servistir [3, 4].

### III. UYGULAMADA GEÇEN KAVRAM VE TANIMLAR

**FNBBDT 210 Simulätör:** Laboratuvar ortamlarında cihazların karşılıklı çalışabilirliğini değişik senaryolar ve durumlar dahilinde test eden ve bizim tarafımızdan yazılan bir uygulamadır.

**FNBBDT 210 Tester:** FNBBDT 210 Simulätör Yazılımının bir parçası olarak olup ve yazılımı bizim tarafımızdan yapılan, terminaller arası FNBBDT 210 haberleşmesinin takip ve kontrol edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Modülün içerisinde sürece etki edilebilmesini (bozma, karıştırma, geciktirme vb.) sağlayan fonksiyonlar mevcuttur.

**Bit Hata Oranı (Bit Error Rate-BER) :** Belli bir zaman aralığında iletilen veri bitlerinden hatalı olanların, aktarılan toplam bit sayısına oranı olarak tanımlanmaktadır.

**Veri Kaybı (Data Loss):** Bit veya Bayt olarak hatalı aktarılan veri miktarının toplamda aktarılan veriye oranıdır. Uygulamada kanal simülätörü tarafından yaratılan bu durumda bit kayıpları için bitler, bayt kayıpları içinse sekizli bit gruplarının rastlantısal olarak iletilmesi engellenerek veri kaybına yol açılmaktadır.

**Gecikme (Delay) :** Aktarılan veride yaratılan sistematik zaman kaymaları bu başlık altında tanımlanmaktadır.

### IV. UYGULAMA İÇİN KURULAN AĞ

FNBBDT 210 protokolünün IP ağlar üzerindeki davranışını incelemek amacıyla IP test düzeneği laboratuvarlarında gerçekleştirilmiş, gerekli parametre değişiklikleri yapılarak gerekli ölçmeler rahatlıkla yapılabilmektedir. ;

- Çağrısı başlatan (Yazılımını kendimiz yazmış olduğumuz FNBBDT 210 destekli test cihazımız),
- Haberleşme ortamını test eden (FNBBDT 210 destekli yazılımını kendimiz yazmış olduğumuz test cihazımız),
- Çağrısı cevaplayan (FNBBDT 210 Terminal),

- Router-1, Router-2 ve Router-3 ile oluşturulmuş 3 adet yerel alan ağından (YAA) oluşmaktadır. Bu uygulamada FNBBDT 210 Terminali olarak FNBBDT 210 Simulator programımız (yazılımını kendimizin geliştirmiş olduğu program) ve Haberleşme ortamını test eden olarak FNBBDT 210 Test Tool (yazılımını kendimizin geliştirmiş olduğu program) programı kullanılmıştır. FNBBDT 210 Test Tool programımız sayesinde farklı senaryolara göre, Bit Hata Oranı (Bit Error Rate-BER), Veri Kaybı (Data Loss) ve Gecikme (Delay) durumları yaratılmıştır.

Uygulama esnasında ağ üzerinde FNBBDT 210 uygulamasını etkileyecek yoğun bir trafik olmamıştır. Dolayısıyla uygulama esnasında ağ üzerindeki trafik etkisini en aza indirmek için Cisco'nun 3800 serisi Router'ları tercih edilmiş ve sisteme FNBBDT 210 paketleri dışında hiçbir paket verilmemiştir.

### V. UYGULAMA

Çalışma için ağ yapısı özel olarak tesis edilmiş ve çalıştırılmıştır. Çalışma esnasında yapılan testler; tekrarlanmak suretiyle elde edilen verilerin ve test ortamının güvenilirliği, mümkün olduğu kadar uzun tutulmak suretiyle de verilerin geçerliliği sınanmıştır.

FNBBDT 210 sinyalleşmesinin kritik evrelerini teşkil etmeleri nedeniyle çalışmada daha çok FNBBDT 210 sinyalleşmesinin “Çağrı Kurma” ve “Güvenli Veri Aktarımı” bölümlerindeki denemeler yoğunluk kazanmıştır. Bununla beraber “Güvenli Ses Haberleşmesi” konusunda da çalışmalar yürütülmüş ve bir takım sonuçlara ulaşılmıştır.

Genel olarak çalışma, Çağrı kurma (Call Setup), B&B Güvenli Ses, B w/o B Güvenli Ses, RT Asenkron Güvenli Veri, GT Asenkron Güvenli Veri, olmak üzere beş ana başlık ve her ana başlığın altında Bit Hata Oranı ve Veri Kayıpları durumlarının değerlendirildiği iki alt başlık altında yapılmıştır.

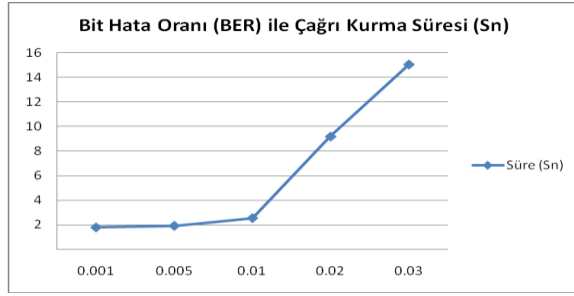
#### A. Çağrı Kurma Uygulamaları

##### 1) Normal Hallerde Çağrı Kurma:

FNBBDT 210 Çağrı Kurma Sinyalleşmesi'nin ilk mesajı SOM (Start of Message) ile başlamakta ve ses veya veri haberleşmesinin başlayabileceğine işaret eden START mesajı ile çağrı kurma sinyalleşmesi tamamlanmaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan deneysel testler sonucunda çağrı kurma işleminin  $1,818 \pm 0,057$  saniyelik bir zaman diliminde gerçekleştiği saptanmıştır. Bu sonuç sonraki aşamalarda alınan sonuçların değerlendirilmesinde bir kıyas noktası olacağından önemlidir.

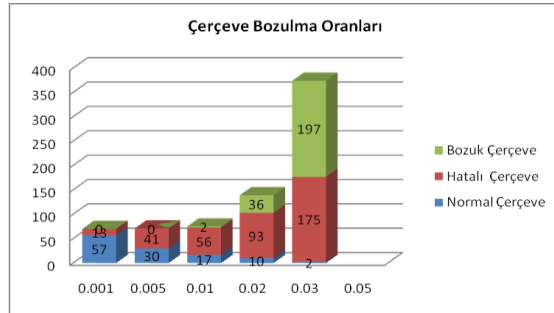
##### 2) Bit Hata Oranı (BER) ile Çağrı Kurma

Bu denemeler esnasında Haberleşme ortamını test eden FNBBDT 210 Test Cihazı tarafından iletişim kanalına belirli oranlarda bit hataları verilerek sonuçları gözlenmiştir. Küçük bit hata oranlarından başlanarak hata oranları gittikçe artırılmış ve 0.03 lük Bit Hata Oranına kadar FNBBDT 210 bağlantı kurma işleminin mümkün olabileceği tesbit edilmiştir.



Şekil 2. Bağlantı Kurma (BER) Zaman Grafiği

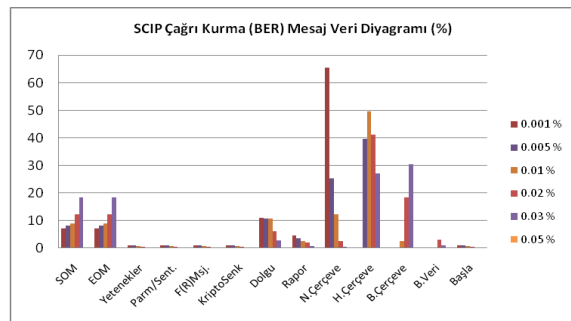
Şekil 2'deki grafikte görüldüğü gibi, Bit Hata Oranı arttıkça, Çağrı Kurma Süresinin de arttığı tespit edilmiştir. Çağrı Kurma süresi, özellikle 0.01 Bit Hata Oranından sonra daha büyük artışlar göstermiştir.



Şekil 3. Çerçeve Bozulma Oranları

Şekil 3'de, Bit Hata Oranının çerçevelere etkisi görülmektedir. Bit Hata Oranı arttıkça, çerçevelerin neredeyse tamamının Hatalı ve Bozuk Çerçeve olarak iletildiği, toplam çerçeve sayısında ciddi artış saptandığı ve rapor mesajlarının eksik olarak iletildiği gözlenmiştir. 0.03 Bit Hata Oranında, tüm çerçevenin bozuk ve hatalı olduğu, çerçeve sayısında ise 0.02 Bit Hata Oranına göre iki kattan fazla artış olduğu tespit edilmiştir.

Burada Hatalı Çerçeve, FEC ve CRC hata düzeltme algoritmalarıyla düzeltilmesi mümkün olan veri çerçevelerini, Bozuk Çerçeve ise, düzeltilmesi mümkün olmayan veri çerçevelerini ifade etmektedir.



Şekil 4: FNBDT 210 Çağrı Kurma (BER) Mesaj Veri Diyagramı (%)

Şekil 4, FNBDT 210 Çağrı Kurma esnasındaki verilerin % olarak değişimini göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi Bit Hata Oranı arttıkça Normal çerçeve sayısı ve yüzdesinin

azaldığını, diğer taraftan SOM, EOM, Hatalı ve Bozuk çerçeve miktarlarında artma olduğu tespit edilmiştir.

## 2) Veri Kaybı Durumlarında Çağrı Kurma

### A) Eksik Bit Oranı (Drop Bit Rate)

Çalışmanın bu kısmında mesaj iletimi, FNBDT 210 Test Cihazı tarafından bit bazında veri kaybına uğratarak sonuçları değerlendirilmiştir. Çizelge-1'de değişik Eksik Bit Oranları için mesaj miktarları ve bağlantı kurma süreleri verilmektedir.

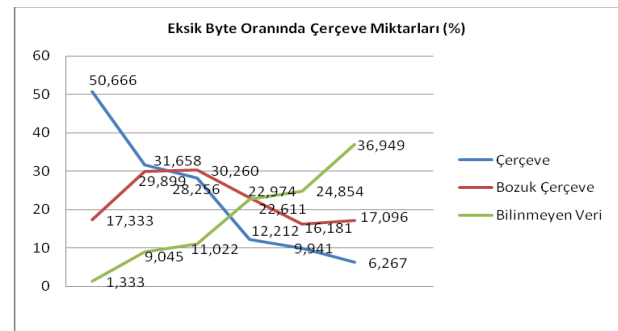
Çizelge 1. Eksik Bit Oranı Mesaj Verileri

Eksik Bit Oranı	0.001	0.005	0.01	0.02
SOM	60	287	434	999
EOM	60	287	434	999
Hatalı Çerçeve	18	99	161	208
Çerçeve	127	169	98	66
Bozuk Çerçeve	122	370	572	1101
Yetenekler Msj.	1	1	1	1
Parm./Sert. Msj.	1	1	1	0
Rapor	4	3	4	3
F(R) Msj.	1	1	1	0
Kripto Senk.	1	1	1	0
Dolgu	12	11	11	11
BAŞLA	1	1	1	1
Bilinmeyen Veri	7	91	177	564
Topl. Mesaj	404	1331	1919	4022
Bağ Sür (sn)	12,078	37,453	67,453	125,860

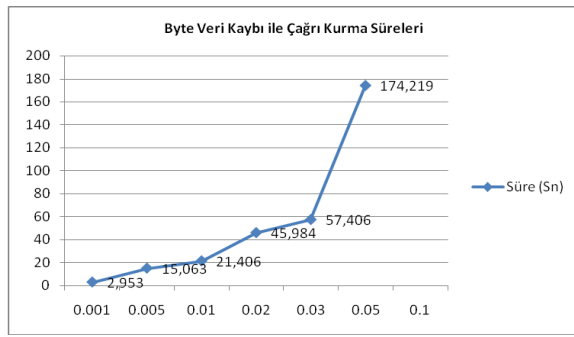
Çizelge 1'de de görüldüğü gibi FNBDT 210 bağlantı kurulması esnasında bit bazında veri kaybına uğratıldığında ciddi sorunlarla karşı karşıya kalınmış ve 0.03 Bit veri kaybında bile çağrı kurulması mümkün olmamıştır.

### B) Eksik Bayt Oranı (Drop Byte Rate)

Eksik Bit Oranı test sonuçlarının aksine bu kısımda yapılan denemelerde, veri iletimi esnasında Bayt tabanlı kayıpların yüksek kayıp oranlarına çıkılana kadar büyük problemlere yol açmadığı görülmüştür. Sadece dikkate değer değişiklik gösteren mesajların yer aldığı Şekil 5'de, Hatasız Çerçevelerin Eksik Bayt Oranları arttıkça azaldığı, buna karşın özellikle Bilinmeyen Verilerin ters orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 5. Veri Kaybı Eksik Bayt Oranında Çerçeve Miktarları



Şekil 6. Çağrı kurma Süreleri, Bayt Veri Kaybı

0,05'lik bayt veri kaybının olduğu nokta FNBDT 210 çağrısının son olarak kurulabildiği değer olarak tespit edilmiştir. Bu noktada, Şekil 6'da görüldüğü gibi çağrı kurma süresi 174 saniyeye çıkarken iletilen verilerin %36,949 (Şekil 7) sistem tarafından Bilinmeyen Veri olarak algılanmıştır.

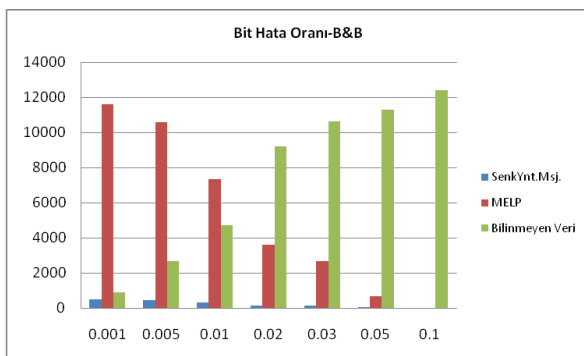
## B. Blank&Burst Güvenli Ses Haberleşmesi Uygulamaları

Bu bölümdeki güvenli ses haberleşmesi FCT (Force Continuous Transmission) olarak gerçekleştirilmiştir. Güvenli ses haberleşmesinde de FNBDT 210 Test Cihazının yetenekleri çerçevesinde ölçüm ve denemeler yapılmıştır.

### 1) Bit Hata Oranı Etkileri

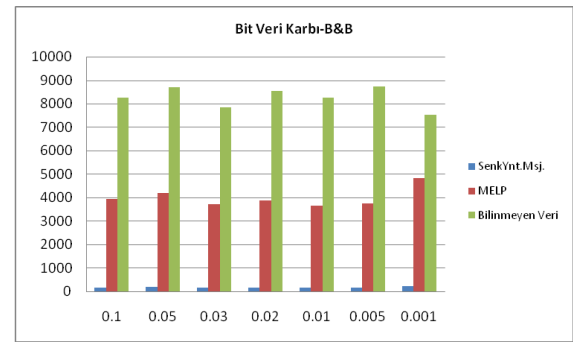
Bu kısımda, FNBDT 210 çağrısı kurulduktan sonra sisteme belirli bit hata oranları sırasıyla verilerek B&B FCT ses haberleşmesi üzerine yarattığı etkiler gözlenmiştir.

Şekil 7'da açıkça görüldüğü gibi, Bit Hata Oranı arttıkça, Bilinmeyen Verinin artmasına karşılık MELP ve Senk.Ynt.Mesajı azalmaktadır. Hatta Bit Hata Oranı 0.1 olduğunda hemen hemen tüm verilerin bilinmeyen olduğu tespit edilmiştir.



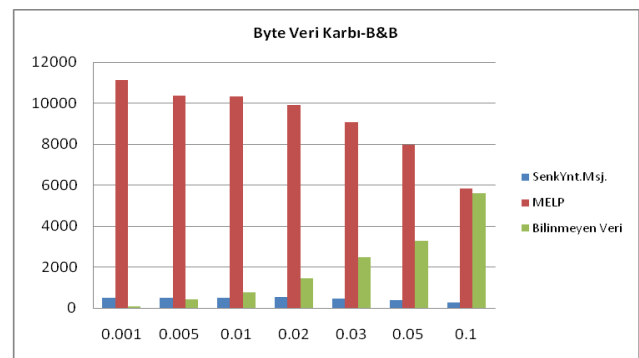
Şekil 7. B&amp;B Ses Görüşmesinde Bit Hata Oranı

### 2) Veri Kaybı



Şekil 8. B&amp;B Güvenli Ses Görüşmesi ve Bit Veri Kaybı

Şekil 8'de görüldüğü gibi Bit Veri Kaybının Ses görüşmesini etkilemediği, hata oran ne olursa olsun görüşmenin devam ettiği tespit edilmiştir.



Şekil 9. B&amp;B Güvenli Ses Görüşmesi ve Bayt Veri Kaybı

Şekil 9'da sistem tarafından bayt veri kayıplarına verilen tepkiler görülmektedir. Bayt veri kayıplarında kritik eşik 0,1 ve üzeri orandaki kayıplar olarak tespit edilmiştir.

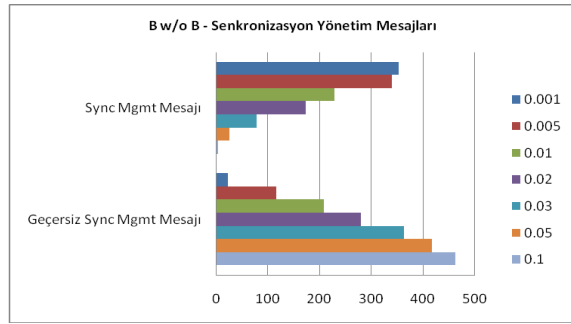
## C. Burst w/o Blank (FCT) Güvenli Ses Haberleşmesi Uygulamaları

Bilindiği üzere B w/o B modunda MELP kodlu güvenli ses iletimi 24'lü MELP çerçeve grubuna ek 25'nci bir çerçeve olarak katılmaktadır. Bu sayede MELP çerçevelerinden biri eksilmediği için daha iyi ses kalitesine ulaşılabilirken, diğer yandan iletim hattında yarattığı ilave yük (overhead) ile daha yüksek band genişliklerine ihtiyaç duyulmasına sebep olmaktadır.

Denemelerin bu bölümünde B w/o B ses iletiminin karakteri gereği bir avantajlı tarafı daha ortaya çıkmaktadır. Bu avantaj, veri kaybı ve hatalı veri durumlarında sistemin direnç göstermesi, ses kalitesini oldukça muhafaza etmesidir.

### 1) Bit Hata Oranı Etkileri

Şekil 10'da görüldüğü üzere, Bit Hata Oranı arttıkça, Geçersiz Senkronizasyon Yönetim mesajlarının arttığı, Geçerli Senkronizasyon Yönetim mesajlarının ise azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 10. B w/o B - Senkronizasyon Yönetim Mesajları

## 2) Veri Kaybı

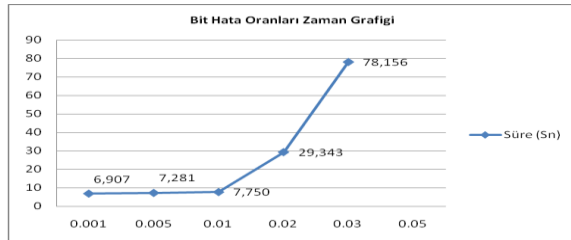
Bayt veri kaybı testlerinde; Bayt Veri Kaybı arttırıldıkça Geçersiz Senkronizasyon Yönetim Mesajlarının arttığı ve Senkronizasyon Yönetim Mesajlarının ise azaldığı tespit edilmiştir.

Bit veri kaybı testlerinde; Bit Veri Kaybı arttırılmasına rağmen Geçersiz Senkronizasyon Yönetim Mesajlarının ve Senkronizasyon Yönetim Mesajlarının sayısında ciddi bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir.

## Ç. RT Asenkron Güvenli Veri Haberleşmesi

Bu tip güvenli veri iletiminde FNBDT 210 mesaj iletim mekanizması kullanılması dolayısıyla verilerin güvenli (Reliable) bir şekilde uzak uca ulaştırılması sağlanmış olur. Ayrıca bu iletim şeklinde Kripto Senkronizasyonu kayıpları olmadığından Senkronizasyon Yönetim Mesajı işlevleri görülmemektedir.

## 1) Bit Hata Oranı Etkileri



Şekil 11. Bit Hata Oranları Zaman Grafiği

RT Asenkron Güvenli Veri Haberleşmesinde veri aktarma sürelerinin Bit Hata Oranlarındaki değişimi Şekil 11'de grafik olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi zaman ekseninde ilk büyük sıçrama 0,01 bit hata oranında gerçekleşmiştir. Bununla beraber, 0,03 Bit Hata Oranının, RT Asenkron Güvenli Veri Aktarımı için son nokta olduğu tespit edilmiştir.

## 2) Veri Kayıpları

RT Asenkron Güvenli Veri Haberleşmesinde veri aktarımının Bit Veri Kaybına karşı çok hassas olduğu tespit edilmiştir.

### A) Eksik Bit Oranı Veri Kayıpları

0,001'lik bit kayıp oranında bile veri aktarım süresinin fazla

olduğu tespit edilmiş olup bu bölümdeki çalışmalar 0,01'lik Bit Veri Kaybına kadar yapılabilmektedir.

### B) Eksik Bayt Oranlı Veri Kayıpları

Çizelge 2'de, RT Asenkron Güvenli Veri Haberleşmesinde Byte Veri Kaybı Etkileri ayrıntılı olarak verilmiştir. Verilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere 0,02 Eksik Bayt Oranının aşıldığı noktadan sonra veri aktarımı mümkün olmamıştır. (\*) işaretli sütunlar hata düzeltme mekanizmalarıyla düzeltilen mesajları temsil etmektedir.

Çizelge 2. Bayt Veri Kaybı Etkileri

Eksik Bit Oranı	0,001	0,005	0,01	0,02
<b>SOM</b>	203	787	1113	3474
<b>SOM*</b>	1	7	28	160
<b>Çerçeve</b>	1559	2421	2224	3705
<b>Bozuk Çerçeve</b>	423	1502	1953	4336
<b>EOM</b>	206	787	1113	3474
<b>EOM*</b>	1	7	28	160
<b>Bilinmeyen Veri</b>	43	460	820	4082
<b>Süre (sn.)</b>	30,438	72,765	95,296	258,25

## D. GT Asenkron Güvenli Veri Haberleşmesi

GT Asenkron veri haberleşmesi ile her ne şartta olursa olsun asgari 2,4 kb/s veri aktarım hızı garanti edildiğinden önceki kısma göre verilerin daha çabuk uç terminale ulaşması beklenmelidir. Diğer bir konu ise bu yapıda da Senkronizasyon Yönetim Mesajları kullanılmaktadır. Fakat ses mesajlarında olduğu gibi aradan bir mesajın gözden çıkartılması mümkün değildir, dolayısıyla GT Asenkron veri haberleşmesi her zaman B w/o B şeklinde ve tam bant olmaktadır.

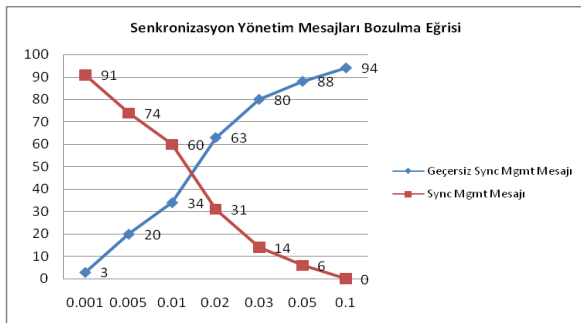
Çizelge 3'de de görüldüğü gibi, gerçekten de normal şartlarda yapılan denemelerden elde edilen sonuçlar aynı büyüklükteki verinin aktarım süresinin daha kısa olduğunu göstermektedir. RT Asenkron veri Aktarımında 6,698 sn. olan iletim süresi GT Asenkron veri Aktarımında 2,310 saniye olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3: Veri Aktarım Sürelerinin Karşılaştırması

Bit Hata Oranı (%)	Süre (Sn)	
	GT	RT
0.001	3,900	6,907
0.005	3,954	7,281
0.01	4,070	7,750
0.02	3,793	29,343
0.03	3,867	78,156

0.05	4,026	Başarısız
0.1	4,800	Başarısız

Şekil 12'de görüldüğü gibi, Bit Hata Oranları Geçersiz Senkronizasyon Yönetim Mesaj oranlarıyla doğru, Senkronizasyon Yönetim Mesaj oranlarıyla ise ters orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 12. Bit Hata Senkronizasyon Yönetim Mesajları Bozulma Eğrisi

GT Asenkron Veri Haberleşmesinde Bit Hata Oranı üst değeri 0,02 olarak tespit edilmiştir. Veri kayıplarına gelindiğinde en küçük miktardaki veri kayıplarında bile bu aktarım modunda veri haberleşmesi yapmanın mümkün olmadığı, Bayt Veri kayıplarında 0,1'lik hata oranlarına kadar sistemin tahammül edebildiği görülmüştür.

## VI. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı haberleşme ağları üzerinde uçtan uca emniyetli haberleşmenin yapılması amacıyla geliştirilen FNBDT 210 protokolü, simülatörümüz vasıtasıyla IP ağ üzerinde değişik açılardan test edilmiştir.

İcra edilen uygulama çalışması neticesinde değişik durum senaryoları için bir takım sınır değerlere ulaşılmıştır. Bu değerlerin ve sonuçların sonraki benzer nitelikteki çalışmalara, ışık tutacaktır.

Bu çalışma sonunda tespit edilen genel sonuçlar, olabilecek çözümler ve gelecekte yapılabilecek testler şu şekildedir:

- BER arttıkça çağrı kurma süresi artmakta ve normal çerçeve sayısı azalmaktadır. Normal çerçevelerin yerini hatalı ve bozuk çerçeveler almaktadır ve çerçeve miktarının genelinde bir artış olmaktadır. Çerçeve miktarının genelindeki artış SOM ve EOM mesajlarının artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden de çağrı kurulum süresi artmaktadır. BER'in artırılmasına rağmen toplam çerçeve sayısı sabit tutulabilirse SOM ve EOM paketlerinin sayısı sabit tutulmuş olunur ve çağrı kurulum süresi belli bir BER değerine kadar artmaz sabit kalır. 0.03'lük BER değerinden sonra ise çağrı kurulamaz.

Çalışma, özellikleri ve içeriği bakımından konuyla ilgili yapılan ilk çalışma olması ve elde edilen test verilerinin müteakip çalışmalara girdi oluşturma olanakları sunması nedeniyle önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Edward J. Daniel, Keith A. Teague, Robert Sleezer, Jerry Brewer, Josh raymond, William J. Beck, Joe Hershberger, "The Future Narrowband Digital Terminal," IEEE Magazine, pp. II-589-591, Stillwater, OK, 2002.
- [2] E. J. Daniel, K. A. Teague, "Performance of FNBDT and Low Rate Voice (MELP) Over Packet Networks," Proc.35<sup>th</sup> Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, California, Nov.4-7, 2001.
- [3] BOZOKLU, Oğuz. "Uyumlu ve Birlikte Çalışabilir Güvenli Muhabere Kapsamında NATO/FNBDT 210 Bünyesindeki Kripto Standartlarına Türkiye'nin Yaklaşımı" (Yüksek Lisans Tezi), Ankara, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2007.
- [4] ÖREN, Özgür. "Geleceğin Darband Sayısal Terminali" (Yüksek Lisans Tezi), Adapazarı, Sakarya Üniversitesi FEN Bilimleri ENSTİTÜSÜ, Haziran 2005.

**Orkun DİLLİ** (M71) Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden 1992 yılında mezun oldu, Yüksek Lisansını 2004 yılında tamamladı. 2005 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Ana Bilim Dalında başladığı Doktora Eğitimine devam etmektedir. ISDN ve Uçtan Uca Güvenli Haberleşme konusunda araştırmaları bulunmaktadır.

Mesleğine bir Kamu Kuruluşunda, 1994 yılında, Ankara'da başladı. Önce ISDN konusunda ve daha sonraları, Gelecek Nesil Uçtan Uca Güvenli Haberleşme Cihazları konusunda yapmış olduğu araştırmalarını bildiri haline getirerek çeşitli ulusal ve uluslar arası katılımlı sempozyumlarda sundu.