

**TC
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI
SANAT VE TASARIM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İNTERNET ÇAĞINDA YENİ DİJİTAL
SES KODLAMALARI VE MÜZİK
PAYLAŞIM YOLLARI**

**ALİ BARUTÇUOĞLU
08715006**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. RUHİ AYANGİL**

**İSTANBUL
2011**

TC
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI
SANAT VE TASARIM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

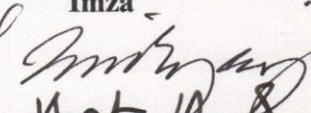
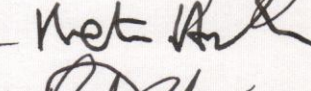
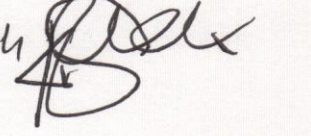
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNTERNET ÇAĞINDA YENİ DİJİTAL
SES KODLAMALARI VE MÜZİK
PAYLAŞIM YOLLARI

ALİ BARUTÇUOĞLU
08715006

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 27.05.2011
Tezin Savunulduğu Tarih: 15.06.2011

Tez Oy birliği / ~~Oy çokluğu~~ ile başarılı bulunmuştur.

	Ünvan Ad Soyad	İmza
Tez Danışmanı:	Prof. Ruhi Ayar	
Jüri Üyeleri:	Prof. Dr. Metin Arık	
	Doç. Dr. Koray Sazlı	

İSTANBUL
2011

ÖZ

İNTERNET ÇAĞINDA YENİ DİJİTAL SES KODLAMALARI VE MÜZİK PAYLAŞIM YOLLARI

Ali Barutçuoğlu

Mayıs, 2011

Müzik teknolojilerindeki gelişmeler, müziğin üretim sürecini tarih boyunca etkilemiştir. Ses kayıt tekniklerinin ortaya çıkışından beri müzik teknolojilerindeki en büyük gelişme, ses bilgilerinin dijital ortama aktarılabilmesi olmuştur. Ses bilgilerinin dijital ortamda kodlanması, sıkıştırılması ve aktarılması için geliştirilen yeni teknikler, müzik dinleme kültürümüzü kökten bir değişim sürecine sokmuştur. “İnternet Çağında Yeni Dijital Ses Kodlamaları ve Müzik Paylaşım Yolları” adlı tezde dijital ses kodlama teknikleri ve müzik paylaşım yöntemleriyle ilgili yakın geçmişte gerçekleşmiş ve hâlen süregelen gelişmeler incelenmiş ve bu gelişmelerin sanatsal, kültürel, sosyal ve teknolojik etkileri tartışılmıştır. Tez içeriğinde incelenen ses kodlama teknikleri, müzisyenlerin, dinleyicilerin ve müzik şirketlerinin bakış açıları göz önünde bulundurularak karşılaştırılmıştır. Ses kodlamaları ve aktarımı sırasında ses sinyalleri çoğu zaman değişikliklere uğradığı için, bu şekilde elde edilmiş reproduksiyonların, eserlerin otantikliğine sahip olup olamayacağı da sorgulanmıştır. İncelenen gelişmelerin birçoğu sanatçıların eserlerinin dağıtımının ve paylaşımının büyük kolaylıkla gerçekleşmesini sağlarken, bazı gelişmeler sonucunda sanatçıların vizyonlarına ve haklarına ne kadar saygı gösterildiği ise tartışmaya açıktır. Giriş bölümünde sesin dijital ortama aktarımı ve dikkate alınması gereken psikoakustik prensipleri ile ilgili temel bilgiler verilmiştir. Dinleyicilerin farklı ses kodlama tekniklerine verdikleri tepkileri inceleme amacıyla duyum testleri de yapılmış ve testlerin sonuçları tez dâhilinde yorumlanmıştır. Sonuç bölümünde ise tezde yapılan incelemeler ışığında müziğin dijital ortamdaki geleceği konusunda tahminler yürütülmüştür ve bu süreç boyunca müzik eserlerinin sanatsal ve maddî değerlerini koruyabilmek için müzisyenlerin, dinleyicilerin, mühendislerin ve müzik şirketlerinin üzerine düşen görevler hakkında öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Ses kodlaması, Müzik dağıtımı, İnternet, Dijital

ABSTRACT

AUDIO CODING TECHNIQUES AND METHODS OF MUSIC DISTRIBUTION IN THE INTERNET AGE

Ali Barutçuoğlu

May, 2011

Throughout history, technological advances in the world of music have transformed the way music is produced, distributed and consumed. The advent of digital music formats have had the greatest impact on music industry since the emergence of sound recording technologies. The new ways of coding, storing and sharing music in the digital world have started altering our culture and traditions when it comes to listening to music. This dissertation, named “Audio Coding Techniques and Methods of Music Distribution in the Internet Age”, analyzes the recently developed audio coding formats, methods of sharing music and their social and cultural implications. The audio coding techniques mentioned in this dissertation are examined from the musician’s, the listener’s, the record label’s and the sound engineer’s perspectives. Since sound signals are often altered or in some way distorted during digital coding or streaming, the authenticity of these digital reproductions is also called to question. While most of these new technological developments help the worldwide distribution of music, whether these new methods respect the rights and the artistic visions of the musicians is open to debate. The introduction section includes basic information about digital audio coding and the principles of psychoacoustics. As a part of this study, blind hearing tests have been performed in order to record the listeners’ reactions to different digital audio formats. In light of the examinations and analyses made in this dissertation, educated guesses regarding the future of digital music technologies and suggestions for the new roles of musicians and listeners have been offered as a conclusion.

Keywords : Audio coding, music distribution, Internet, Digital

ÖNSÖZ

Yirminci yüzyılın ortalarından beri dünya çapında büyük önem gösterilen müzik teknolojileri ve bu alandaki gelişmelerin sanat dünyasına etkileri konularının derinliği ve kapsamlılığı tartışılmazdır. Ancak bu alanlarda ülkemizde tamamlanmış olan akademik boyuttaki incelemeler maalesef yok denilecek kadar azdır. “İnternet Çağında Yeni Dijital Ses Kodlamaları ve Müzik Paylaşım Yolları” adlı bu araştırmanın, bu konularda yapılmış sayılı Türkçe araştırmalardan biri olarak ülkemizin akademik dünyasına önemli bir katkı olacağı ve başka akademisyenlerin de bu tez dâhilinde başlatılmış olan araştırmaları daha ileri noktalara taşıyacağı umulmaktadır.

Başta, bana çalışmalarım konusunda ihtiyacım olan serbestliği sağlayan ve bana güvenen tez danışmanım Prof. Ruhi Ayangil ve bana araştırmamın başlangıcından itibaren tüm aşamalarında yön veren ve bilimsel destek sağlayan değerli hocam Öğr. Gör. M. Kemal Karaosmanoğlu olmak üzere Yıldız Teknik Üniversitesi Sanat ve Tasarım fakültesindeki tüm hocalarıma ve tez dâhilinde yürütülmüş duyum testlerinin katılımcılarına teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul, Mayıs, 2011

Ali Barutçuoğlu

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x

1. GİRİŞ.....	1
2. SESİN DİJİTAL ORTAMA AKTARIMI.....	9
2.1. Dijital Müzik Formatlarının Ortaya Çıkışı.....	9
2.2. Pulse-Code Modulation.....	15
2.3. Psikoakustik Prensipleri.....	16
2.4. Kodlayıcılar ve Çözücüler.....	19
3. SES KODLAMA TEKNİKLERİ.....	21
3.1. Kayıplı Kodlama Teknikleri.....	22
3.1.1. MPEG-1 Standardı ve MP3 Kodlaması.....	22
3.1.2. Ogg Vorbis Kodlaması.....	26
3.1.3. Dolby Digital AC-3 Kodlaması.....	28
3.1.4. Advanced Audio Coding (AAC) Kodlaması.....	29
3.1.5. Musepack (MPC) Kodlaması.....	31
3.1.6. Windows Media Audio (WMA) Kodlaması.....	32
3.1.7. Sony ATRAC Kodlaması.....	33
3.1.8. Kayıt Yerine Reprodüksiyon.....	34
3.2. Kayıpsız Kodlama Teknikleri.....	35
3.2.1. FLAC Kodlaması.....	36
3.2.2. WavPack Kodlaması.....	37
3.2.3. Monkey's Audio (APE) Kodlaması.....	38
3.2.4. Apple Lossless (ALAC) Kodlaması.....	39
3.2.5. Windows Media Audio Lossless (WMAL) Kodlaması.....	40
3.2.6. OptimFROG Kodlaması.....	41
3.2.7. Shorten (SHN) Kodlaması.....	41

4. MÜZİK PAYLAŞIMI VE DAĞITIMI İÇİN YENİ YÖNTEMLER.....	43
4.1. Akıcı (Streaming) Müzik Dinleme Yöntemleri.....	43
4.1.1. Myspace.....	46
4.1.2. Last.fm.....	47
4.1.3. Spotify.....	48
4.1.4. Pandora.....	49
4.1.5. Grooveshark.....	50
4.2. Çoklu Ortam Paylaşım Siteleri ve Sosyal Ağlar.....	51
4.3. Müzisyenlerin Eserlerini Dinleyicilere İnternet Üzerinden Sunması.....	53
5. SES KODLAMALARI DUYUM TESTİ.....	56
6. SONUÇ.....	60
SÖZLÜK.....	64
KAYNAKÇA.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	70

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1: Fonograf Öncesi Müziğin Dinleyicilere Ulaşım Süreci.....	5
Tablo 2: Ses Kayıt Teknolojileriyle Müziğin Dinleyicilere Ulaşım Süreci.....	6
Tablo 3: İnternet Üzerinden Müzik Paylaşımıyla Müziğin Dinleyicilere Ulaşım Süreci	14
Tablo 4: MPEG-1 Ses Kodlama Teknikleri ve Sıkıştırma Oranları.....	23
Tablo 5: Mutlak Duyum Sınırı Örnekleri.....	25
Tablo 6: Müzisyenlerin Müzik Dinleme Alışkanlıkları.....	57
Tablo 7: Dinleyicilerin Müzik Dinleme Alışkanlıkları.....	57
Tablo 8: Müzisyenlerin Farklı Kodlamalara Verdikleri Puanlar.....	58
Tablo 9: Dinleyicilerin Farklı Kodlamalara Verdikleri Puanlar.....	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1: İnternet Çağı Öncesi Müzik Endüstrisinin İşleyiş Şekli.....	4
Şekil 2: Recording Industry Association of America'ya Göre Plak, Kaset ve CD'lerin 1975-1999 Arası Satış Grafikleri.....	10
Şekil 3: Napster Programının İşleyişi.....	12
Şekil 4: Farklı Frekansları İşitebilmek İçin Gereken En Düşük Ses Basınç Seviyeleri.....	17
Şekil 5: Frekans Düzleminde Maskelemenin İşleyişi.....	18
Şekil 6: Zaman Düzleminde Maskelemenin İşleyişi.....	18
Şekil 7: Codec'lerin İşleyişi.....	19

SİMGELER VE KISALTMALAR

ATH: Absolute Threshold of Hearing

CD: Compact Disc

dB: Desibel

f: Frekans

Hi-Fi: High Fidelity

Hz : Hertz

kB: Kilobyte

Kbps: Kilobits per second

kHz: Kilohertz

MB: Megabyte

ms: Milisaniye

PCM: Pulse Code Modulation

sn: Saniye

SMR: Signal-to-Mask Ratio

SPL: Sound Pressure Level

1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılın getirdiği teknolojik gelişmeler ile beraber, sanat ve sanatın nasıl paylaşıldığı kavramları kökten bir değişim sürecine girmiştir. Walter Benjamin'in (1969, 232) yazdığı gibi, mekanik reproduksiyonlar mümkün olmadan önce tüm sanat dalları bir sanatçının kendine özel bir eser üretip onu sunması geleneği üzerine kuruluydu. Sanat eserlerinin sunumu, sosyal gelenekler ile iç içeydi; örneğin bir tablo belli bir mekânda sergilenirdi ve aynı anda sadece o mekândaki kişiler o tabloyu görebilirdi veya bir müzisyenin bir eseri icra edişini duyabilmek için o müzisyenin performansını bizzat dinlemek gerekmekteydi. Bu tür gelenekler, sanatın toplum gözünde otantikliğini de arttırmaktaydı.

Ancak fotoğraf ve video gibi yeni reproduksiyon teknikleri yaygınlaştıkça, yüzyıllar boyunca süregelen bu geleneklerin yerini sanatı sunmanın ve paylaşmanın alternatif yöntemleri almaya başlamıştır. Teknolojik imkânlar sayesinde bir eserin sayısız kopyası üretilbildiği için toplumun sanata bakışı, algılayışı ve beklentileri değişmiştir. Bir eserin dünya üzerinde aynı anda tek bir yerde icra edilebileceği veya bulunabileceği düşüncesi ortadan kalkmıştır. Hatta bazı durumlarda eserin yerini “esere yeterince yakın” kopyaları almıştır. Bu değişim sürecinde bir sanat eserinin otantik, orijinal hâline nasıl ulaşılabileceği konusunda toplumun fikirleri de değişmiştir ve hâlen değişmektedir. Sanatı tecrübe etme yöntemleri ile ilgili toplumda yeni gelenekler ve beklentiler oluşmaktadır.

Bu değişim süreci müzikte de görülmektedir. Binlerce yıldır varlığını koruyan müzik icrası ve müzik dinleme gelenekleri, Thomas Edison'un 1877 yılında kendi icadı olan fonograf ile ilk ses kaydını gerçekleştirmesiyle beraber değişmeye başlamıştır. Ses kayıt teknolojileri ortaya çıkmadan önce yüzyıllar boyunca müziği paylaşmanın tek yolu canlı performans olmuştur. Ses kayıt tekniklerinden önce, bir müzikseverin istediği eseri dinleyebilmesi için o eseri icra edecek bir müzisyene ihtiyacı vardı. Bir müzisyen için ise eserinin paylaşılmasının tek yolu dinleyicilerin karşısında o eserin

icra edilmesi idi. Bundan dolayı sanatçı (icracı ve/veya bestekâr) ile dinleyici arasında özel bir bağ bulunmaktaydı.

Edison'un fonograf icadını takip eden yıllarda Emile Berliner'in patentini aldığı gramofonların yaygınlaşmasıyla dinleyiciler ilk defa icracı ile aynı mekânda bulunmalarına gerek kalmadan kendi evlerinde müzik dinleyebilmeye başlamışlardır. Sadece konser salonlarında dinlenebilecek eserler artık “yakalanıp”, istenilen zamanda ve yerde dinlenmek üzere saklanabilmekteydi.

Bu teknolojik gelişmeler sonucunda bir sanat dalı olarak müziğin sosyal ve kültürel odağı konserlerden çok kayıtlar olmaya başlamıştır. Bir zamanlar tek seferlik ve geçici olan icralar, günümüzde alınıp satılabilir bir mal olarak el değiştirilebilmekte ve çoğaltılabilmektedir.

Yirminci yüzyılın ortalarından beri, müzik dinlemenin en yaygın yolu eserlerin reproduksiyonlarını dinlemek olmuştur. Bu reproduksiyonların bulunduğu formatlar ve dinleyiciyle buluşma şekilleri ise teknolojiyle beraber değişmiştir. Kaydedilen sesin kalitesi ve aslına yakınlığı bu süreç boyunca artmıştır. 1925 yılında 78 rpm, yani dakikada 78 devir dönen plaklar standart haline gelmiştir. Daha sonraki yıllarda 45 devirlik EP (*Extended Play*) plaklar ve 33 $\frac{1}{3}$ devirlik LP (*Long Play*) plaklar yaygınlaşmıştır. Bu yeni modellerin amacı ses kalitesini yükseltmek değil, bir plağa daha fazla müzik sıkıştırabilmek olmuştur (Shea, 2009, 38). Yirminci yüzyılın ikinci yarısında manyetik kayıt teknolojisinin gelişmesiyle teyp kasetler plakların yerini almış ve müzik endüstrisinde kullanılan en yaygın format olmuştur. Bu gelişmelere paralel olarak ticarî radyolar da popüler hâle gelmiştir.

İlk ses kaydının yapılmasından beri hiçbir teknolojik gelişmenin sonuçları, dijital kayıt teknolojisinin ortaya çıkışının sonuçları kadar büyük olmamıştır. Bir sesi dijital olarak kaydetmek, “örnekleme” (*sampling*) tekniği üzerine kurulmuştur. Fonograf, gramofon, plak ve manyetik teyp teknolojileri gibi analog kayıt tekniklerinin aksine, dijital bir kayıta ses dalgasının tüm içeriği değil, belirli aralıklarla alınmış “örnekleri” kaydedilmektedir. Bu örnekler yeterince sık alındığı takdirde insan kulağının bir sesin aslı ile örneklenecek kaydedilmiş hâli arasındaki farkı algılayamayacağı kabul edilmektedir. Daha sonra bu örneklerin her biri 0 ve 1'lerden oluşan değerlere çevrilerek dijital ortamdaki diğer tüm bilgiler gibi ikilik (*binary*) sistemde kodlanır ve veri olarak saklanır. Bu veriler gerektiğinde çağrılıp ters işleme

tâbi tutularak sayısal verilerden tekrar sese çevrilir. Dijital ortama aktarılmış ses bilgileri, herhangi bir bilgisayar dosyası gibi saklanabilir, taşınabilir ve farklı ses dosyası formatlarında kaydedilebilir. Dijital kayıtların kolaylığı ve bilgisayar dünyasındaki gelişmeler sonucunda müziğe ulaşmak ve müziği paylaşmak her zamankinden daha kolay hâle gelmiştir.

Dijital devrimi hızlandıran ve yayan diğer gelişme ise 1982 yılında ilk “CD”lerin (*Compact Disc*) piyasaya sürülmesidir. 1985 yılında Sony ve Philips firmaları tarafından CD-ROM (*Compact Disc Read Only Memory*) adı altında standartlaştırılan ve 1988 yılında plak satışlarını geride bırakan CD’ler, sesi ve müziği dijital formatta paylaşmanın en kolay yollarından biri olmuştur ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

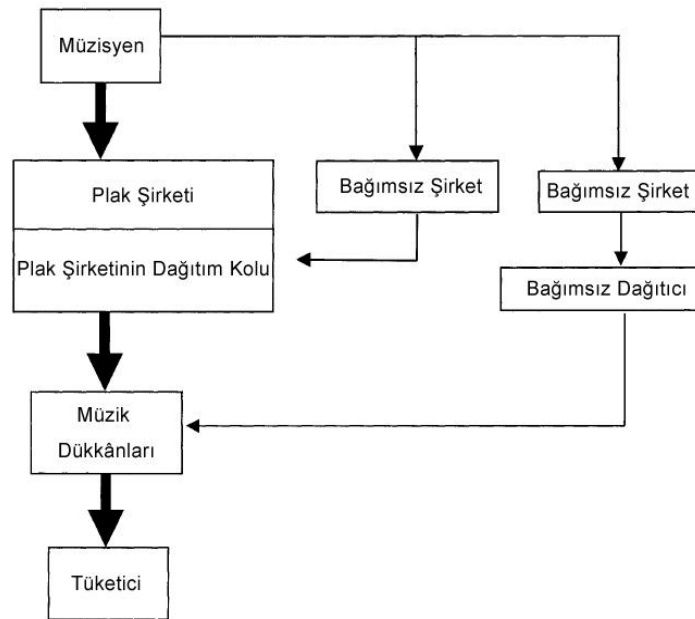
Bu süreç boyunca müziğin günlük hayatta tecrübe edilme şekilleri değişmiştir ve müzik eserleri birer meta hâline gelmiştir. Dolayısıyla müziğin paylaşımı artık sadece müzisyen ve dinleyiciler arasındaki bir etkileşimden ibaret değildir; müzik endüstrisi kanunlardan, teknolojik gelişmelerden, ekonomiden, şirket politikalarından etkilenen ve her gün değişen karmaşık bir sistem hâline gelmiştir. Müziği üretme, çoğaltma ve dağıtma için gereken teknolojileri kontrol eden güçler müzik endüstrisinde söz sahibi olmuşlardır. Müzisyenlerin eserlerini geniş kitlelerle paylaşabilmeleri için şirketler ile ilişkiye girmeleri çoğu zaman bir gereklilik hâlini almıştır.

Yirmi birinci yüzyıla girerken müzik bir kez daha büyük bir teknolojik değişimle karşı karşıya kalmıştır. Dijital bilgi dağılımında artık tüm dünyayı kapsayan İnternet, müzik şirketlerinin ve statüko müzik çoğaltma teknolojilerinin bugüne kadar oturttuğu müzik üretim ve dağıtım sistemini yıkmaktadır. Müzisyenler, dinleyiciler ve müzik arasındaki ilişkilerin İnternet çağından önce ve sonra olarak ikiye ayrılması mümkündür. Müzik endüstrisinin ve müzik dinleme geleneklerinin radikal bir değişim geçirmek üzere olduğu tartışılmaz olsa da, bu değişimin hangi yöne doğru olacağı hâlâ net değildir. Bu tez dâhilinde yeni müzik saklama ve paylaşım teknolojileri sosyal, müzikal ve bilimsel çerçeveler içinde incelenecek ve müzik endüstrisinin yakın gelecekte alacağı yön konusunda tahminler geliştirilmeye çalışılacaktır.

Teknoloji ve müzik eski zamanlardan beri iç içe olmuştur; amfi tiyatroların kurulması, müziğin notasyona dökülmesi, plakların ortaya çıkması gibi gelişmelerin her biri müzik dinleme ve paylaşma tecrübelerini değiştirmiştir. İçinde bulunduğumuz dönemin en büyük gelişmesi ise İnternet'in yaygınlaşması ve müzikle olan ilişkisidir.

Müzik teknolojileri incelenirken, bu teknolojilerin kullanım şekilleri ve amaçlarından da bahsedilmesi gerekmektedir. Müziğin yaygın olarak plaklar, kasetler veya CD'ler aracılığıyla paylaşıldığı dönemlerde bu teknolojilerin her biri kendi geleneklerini ve kültürünü de yanında getirmiştir. Bu sebeple müzik teknolojilerini ekonomik, sosyal ve kültürel boyutlardan ayrı tutarak incelemek imkânsızdır.

Bir müzik eserinin dinleyiciye ulaşması beş adımda incelenebilir. Bu adımlar üretim, çoğaltım (reprodüksiyon), dağıtım, tüketim ve dinlemedir (Latonero, 2003, 20). Modern çağdan bir örnek vermek gerekirse, müzisyenler bir kayıt stüdyosunda eserlerini kaydettikleri an üretim adımı gerçekleşmiş olur. Daha sonra bu kayıt CD gibi sabit bir ortam üzerinde çoğaltılır (reprodüksiyon). Çoğaltılmış müzik paketlenir ve CD'ler fiziksel olarak satış merkezlerine dağıtılır. Tüketim adımı ise müzik dükkânlarında dinleyicilerin istedikleri CD'yi satın almasıyla gerçekleşir. Tüketiciler dinleme adımını istedikleri zamanda evlerindeki müzik sisteminde veya başka bir ortamda gerçekleştirebilirler. İnternet çağından önce bir müzisyenin eserini dinleyicilere ulaştırması için izleyebileceği yollar Şekil 1'de görülebilmektedir.



Şekil 1: İnternet Çağı Öncesi Müzik Endüstrisinin İşleyiş Şekli

Bu beş adım ses kayıt teknolojileriyle beraber ortaya çıkmış değildir. Bu adımların kayıt teknolojilerinin gelişmesinden önce bile var olduğu Tablo 1’de görülebilir.

Tablo 1: Fonograf Öncesi Müziğin Dinleyicilere Ulaşım Süreci

Ulaşım Aşaması	Kullanılan Teknoloji
Üretim	Çalgılar ve/veya insan sesleri
Çoğaltım (Reprodüksiyon)	Yazılı notasyon
Dağıtım	Amfi tiyatrolarda/performans salonlarında konserler
Tüketim	Konserlerdeki giriş ücretleri
Dinleme	Canlı performansları dinleyen insanlar

Ses kayıt teknolojileri geliştikten sonra ise bu adımlar Tablo 2’de görülebildiği gibi değişmiştir.

Tablo 2: Ses Kayıt Teknolojileriyle Müziğin Dinleyicilere Ulaşım Süreci

Ulaşım Aşaması	Kullanılan Teknoloji
Üretim	Çalgılar ve/veya insan sesleri ile stüdyo kayıt aletleri
Çoğaltım (Reprodüksiyon)	Plaklar, kasetler, CD'ler
Dağıtım	Kaydedilmiş ürünlerin fiziksel olarak dağıtımı, radyo ve televizyon
Tüketim	Müzik dükkânlarında satın alınan ürünler
Dinleme	Müzik sistemleri, radyolar, teypler, CD çalarlar

Müziğin İnternet ortamına geçişi ve yaygınlaşması ise bu sürecin çoğaltım, dağıtım, tüketim ve dinleme adımlarını tamamen değiştirme potansiyeline sahiptir. MP3 gibi dijital kodlama formatları ile müzik eserleri sıkıştırılarak çoğaltılabilmektedir. Küçük boyutlu müzik dosyaları İnternet üzerinden dosya paylaşım programları aracılığıyla dağıtılabilmekte ve bu dosyalar istenildiği zaman kullanıcıların bilgisayarlarında çalınarak dinlenebilmektedir. Müziğe bu ulaşım yöntemi, müzik paylaşımındaki yüzyıllık gelenekleri bir anda baş aşağı etmiştir. Müzik endüstrisinde güç sahibi olan kişiler ve şirketler, çoğaltım işlemlerinin fabrikalarda yapılmasına, dağıtım adımının paketlenmiş ürünlerin fiziksel olarak farklı yerlere ulaştırılmasını gerektirmesine ve tüketimin müzik dükkânları gibi kontrol edilebilir ortamlarda yapılmasına alışmıştı. İnternet aracılığıyla paylaşılan müzikte ise çoğaltım, dağıtım, tüketim ve dinleme adımları bilgisayarları aracılığıyla birbirine bağlanmış olan kullanıcılar tarafından, çoğu zaman kendi evlerinde yapılmaktadır.

Yıllar boyunca müziği çoğaltma ve dağıtma adımlarını yürütenler, müziğin paylaşımında önemli bir rol oynamışlardır ve müzisyenler ile dinleyiciler arasındaki önemli bağlardan biri olmuşlardır. Çağımızın dijital çoğaltım ve dağıtım yöntemleri

müzik dünyasındaki sosyal gelenekleri ve güç dengelerini değiştirmektedir ve müzik endüstrisinde güç sahibi olan bazı kişilerce bir tehdit olarak görülmektedir. Bu değişimlerin bir tehdit olarak algılanmasının önemli bir sebebi, tüm teknolojik gelişmelerde olduğu gibi İnternet üzerinde müziğin yaygınlaşmasının da sosyal ve kültürel sonuçlarının tahmin edilmesinin zor olmasıdır. Bunun yanı sıra, İnternet üzerinden yapılan müzik paylaşımlarının takibinin zorluğu, birçok müzisyeni haklı olarak endişelendirmektedir; İnternet üzerindeki denetlenmeyen müzik dağıtım sistemleri, telif haklarını hiçe saymakta ve müzisyenlerin haklarını ihlâl etmektedir.

Uzun vadede İnternet'in müzik dinleme, paylaşma ve tüketme alışkanlıklarımızı nasıl etkileyeceğinden kimse emin değildir. Bazı müzik şirketleri bu gelişmelerden korkarken, bazı müzikseverler ise dinleyicilerin istedikleri müzik eserlerini yasal, teknolojik, politik ve ekonomik rejimlere bağlı kalmadan yayabilecek olmalarını umutla karşılamaktadır. Bu düşünceye göre İnternet sayesinde müzisyenler ve dinleyiciler istedikleri eserleri müzik endüstrisinin oligopolisine bağlı olmadan dağıtabileceklerdir. John Perry Barlow gibi yazarlar, bu gelişmelerin doğal sonucunun “müzik endüstrisinin ölümü” olacağını savunmaktadır (Barlow, 2000). Başka kesimler ise müzik endüstrisinin bir evrim geçirip, yeni dijital ve İnternet teknolojilerini kendi kurallarına göre kullanmaya başlayacaklarını düşünmektedir.

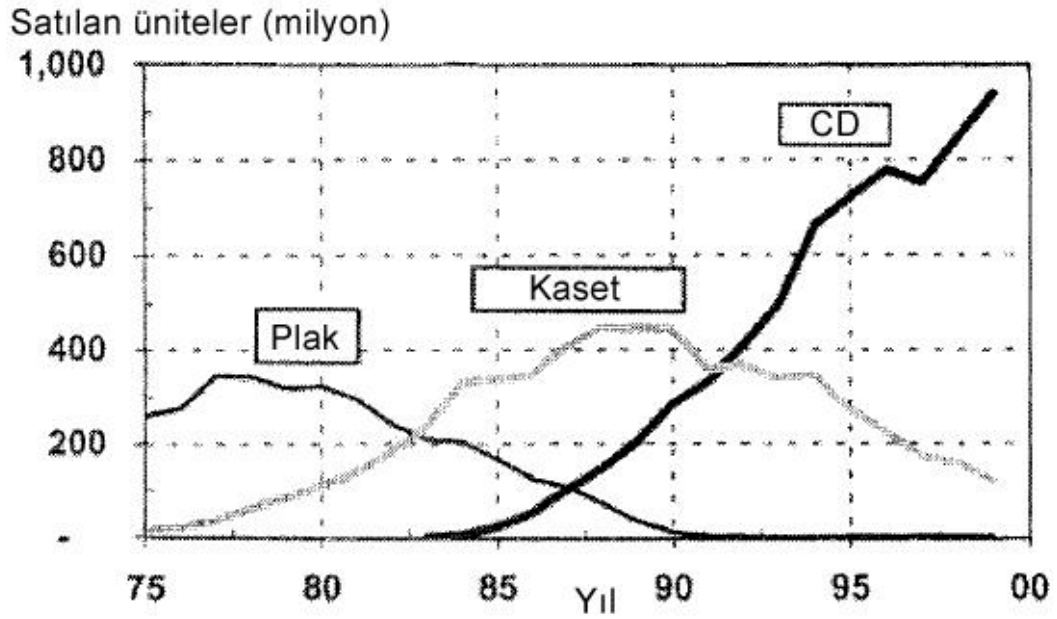
Bu tezde incelenen diğer bir önemli nokta ise, İnternet çağının yeni teknolojilerinin ses kalitesine ve dijital olarak çoğaltılan eserlerin orijinal ses kaydına sadıklığına olan etkileridir. Ses kayıt teknolojilerinde dijital devrim gerçekleşene dek ses kayıt kalitesi her teknolojik gelişmede biraz daha artmıştır; plak, teyp kaseti ve CD teknolojilerinin her biri, kendinden önce gelen teknolojiye göre ses duyumu kalitesini yükseltmiştir. Bu yüzden dijital müzik dünyasındaki yeni tekniklerin de ses kalitesini arttırması ve dinleyicileri sanatçının eserini yaratırken hedeflediği standartlara daha da yakınlaştırması beklenirdi. Ancak dijital dünyada geliştirilen yeni ses kodlama, sıkıştırma ve paylaşma teknolojileri ses kalitesini arttırmak yerine düşürmeye başlamıştır. Bunun sebebi, İnternet çağında dosya paylaşım hızı, dosyaların kapladığı bellek ve İnternet üzerinde kullanılan paylaşım sitelerinin kendi kodlamalarını kullanmak istemeleri gibi faktörlerin bazı durumlarda ses kalitesinin önüne geçmiş olmasıdır. Ayrıca müzik dinleyicilerinin ve bazı durumlarda müzisyenlerin bile bu konulardaki bilgi eksikliği, ses kalitesine verilen önemin azalmasına sebep olmuştur. Dijital müzik dosyalarının ses kalitesinin düşürülmesi sadece dinleme tecrübesinin

değerini ve dinleyicinin eserden alacağı keyfi azaltmakla kalmamaktadır; aynı zamanda sanatçının ürettiği esere de sadık kalınmamış olunmaktadır. Hatta düşük kalitede çoğaltılan eserlerin otantikliklerini koruyup korumadıkları bile tartışmaya açılmalıdır.

2. SESİN DİJİTAL ORTAMA AKTARIMI

2.1. Dijital Müzik Formatlarının Ortaya Çıkışı

Diğer birçok endüstri gibi, müzik endüstrisi de çoğu zaman değişimlere açık olmamayı tercih etmiştir. Bunun sebebi, değişimlerin riskli olduğunun düşünülmesi ve oturmuş sistemin bozulacağından korkulmasıdır. İlk yaygın dijital format olan CD'ler müzik endüstrisi ve tüketiciler tarafından şüpheyle karşılanmıştır. CD teknolojisi, 1980 yılında Philips ve Sony firmalarının araştırma laboratuvarlarından çıkmıştır. O senelerde müzik endüstrisi ekonomik bir gerileme içinde bulunduğundan, müzik şirketleri bu yeni formata, formatın gerektireceği baştan yapılanmalara ve yatırımlara sıcak bakmamışlardır. Tüketicilerin bu yeni formatı nasıl karşılayacağı üzerine uzun süren araştırmalar, tartışmalar ve deneyler yapılmıştır. Sonunda 1983 yılında müzik endüstrisi CD formatını piyasaya tereddütle sunmuştur. CD'lerin piyasaya girişi yavaş olmuştur, çünkü hem tüketicilerin, hem de üreticilerin bu yeni formata geçmeleri için yapmaları gereken yatırımların boşa gitmeyeceğine ikna olmaları gerekmiştir. Ama birkaç sene içinde hem dinleyiciler, hem de plak şirketleri bu yeni müzik formatını benimsemiştir ve CD'ler, kaset ve plakları geride bırakarak en yaygın müzik dinleme formatı hâline gelmiştir. Hatta eski albümlerin yeni basımları bile plak veya kaset formatı yerine CD formatında yapılmaya başlanmıştır. CD'lerin üretimi plak ve kasetlere göre çok daha ucuz olduğu için müzik endüstrisi kısa sürede bu yeni format sayesinde yüksek kârlara ulaşmayı başarmıştır. Bu yeni teknolojiye geçiş, müzik endüstrisinin teknolojik gelişmeler karşısında dikkatli ve kontrollü adaptasyonunu gözler önüne sermektedir.



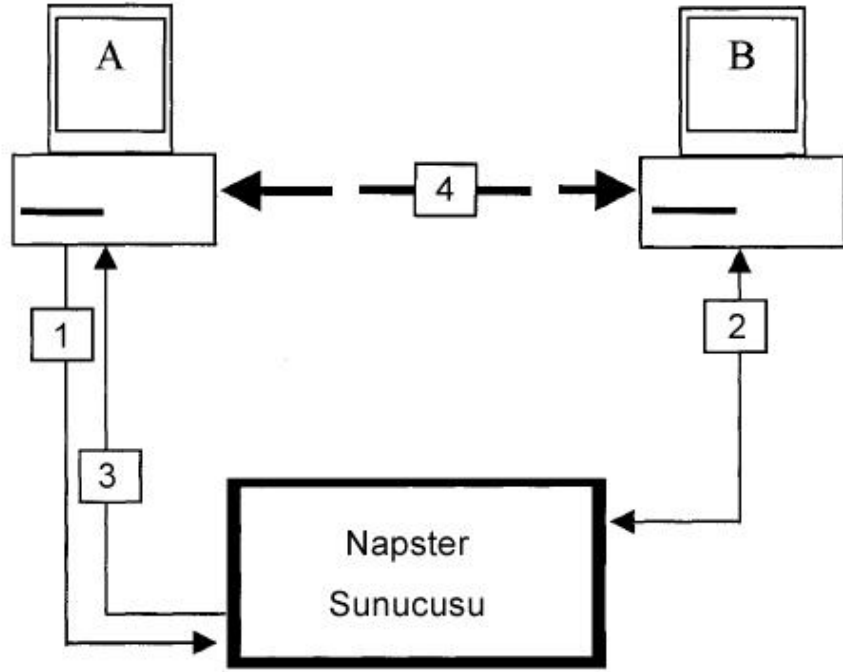
Şekil 2: Recording Industry Association of America'ya göre plak, kaset ve CD'lerin 1975-1999 arası satış grafikleri (Vogel, 2001)

1990'lı yılların ortalarında kişisel bilgisayarların fiyatları düşmekteydi ve bilgisayarlar birçok kullanıcının evlerine girmişti. Bilgisayarların artık daha çok sabit disk belleği vardı ve birçoğuna hoparlör veya kulaklık bağlanabiliyordu. Ayrıca çoğu bilgisayarla beraber İnternet kullanımı için 56 Kbps hızında modemler de satılmaktaydı. Kullanıcılar İnternet Relay Chat (IRC) gibi İnternet programları aracılığıyla dosya paylaşımlarına başlamıştı. Ancak Red Book audio CD formatındaki ses dosyaları, İnternet üzerinden yollamak için yeterince kullanışlı değildi. Müzik CD'leri çoğu bilgisayarın CD-ROM sürücülerinde çalınabiliyordu ve ses bilgileri istenildiğinde Microsoft'un WAVE formatına çevrilebiliyordu, ancak bir sıkıştırma söz konusu değildi. Red Book audio CD formatındaki 3 ½ dakikalık bir pop şarkısını 56 Kbps hızında bir modemle yollamak en az 88 dakika sürmekteydi. Ayrıca İnternet bağlantılarında kesilmeler ve yavaşlamalar sık rastlanan durumlardı.

İnternet üzerinden yayılabilecek dijital ses formatlarının ortaya çıkışı ise daha önceki teknolojik gelişmelere zıt bir şekilde gerçekleşmiştir; 1997 yılında bilgisayar kullanıcılarının İnternet üzerinde müzik paylaşımı yapmaya başladığı haberine karşı müzik endüstrisi, müzisyenler ve dinleyiciler hazırlıksız yakalanmışlardır. Müzik dünyasının bu gelişmenin ciddiyetini anlamasına sebep olan kırılma noktası, bu tezde incelenecek olan MP3 formatının ve Napster adlı müzik paylaşım programının dünya

apında yayılmaya başlaması olmuştur. MP3 formatının ortaya çıkışı diğerk müzik teknolojileri gibi büyük hazırlıklar ile olmamıştır; bu kodlamanın geliştirilmesi 1987 yılında başlamıştır ve kodlamanın kitleler arası müzik paylaşımında kullanılacağı bile düşünölmemiştir. Shawn Fanning ve John Fanning tarafından 1999 yılında ücretsiz olarak piyasaya sürölen Napster programı ise kullanıcılar arası dosya paylaşım programlarının ilki olmuştur. Bu programın kullanıcılarının az bellek kaplayan MP3 formatındaki müzik dosyalarını paylaşmanın ne kadar kolay ve hızlı olduğunu keşfetmeleri uzun sürmemiştir. Böylece Napster programının ve MP3 formatının dünya çapındaki planlanmamış yükselişi başlamıştır. 1999 yılında İnternet arama motorlarında en çok aranan kelime “MP3” olmuştur (Latonero, 2003, 120).

Napster programının özelliğı, hiçbir dosyayı kendi sunucularında bulundurmaması olmuştur. Napster, kullanıcıların sadece bilgisayarlarında bulunan dosyaların listesini sunucuya yüklemeleri ve aradıkları dosyayı bilgisayarında bulunduran diğerk kullanıcılara bağlanıp dosyayı istedikleri kullanıcıdan indirmeleri mantığı üzerine kurulmuştur. Napster’ın işleyiş mantığı Şekil 3’te görölebilir. İlk olarak 1 numaralı bağlantıyla A bilgisayarı paylaşmaya açtığı dosyaların listesini Napster sunucusuna yollar. 2 numaralı bağlantıyla B bilgisayarı Napster sunucusuna aradığı dosyaları bildirir ve sunucudan istediğı dosyaları barındıran bilgisayarların listesini alır. 3 numaralı bağlantıyla A bilgisayarındaki bir dosyanın indirilmek istendiğı bilgisi yollanır. Son olarak 4 numaralı bağlantı iki bilgisayar arasında sağlanır ve dosya paylaşımı gerçekleşir.



Şekil 3: Napster Programının İşleyişi

Napster programı aracılığıyla kullanıcılar istedikleri müzik eserlerini hiçbir ücret ödmeden indirmeye başlamışlardır. Napster'ın kurucuları ise kendi sunucularında hiçbir dosya barındırmadıklarını, kullanıcıların hangi dosyaları paylaşacaklarının kullanıcıların inisiyatifinde olduğunu ve Napster'ın sadece genel amaçlı bir aracı programı olduğunu öne sürerek kendilerine açılan davalara karşı 2001 yılına kadar dayanmayı başarmışlardır. Kullanıcılar ise bu süreç boyunca sanatçılara ve şirketlere hiçbir ücret ödmeden müzik eserlerini bilgisayarlarına indirebilmenin rahatlığını yaşamışlardır. Bazı kullanıcılar MP3 formatında indirdikleri eserleri plak, kaset veya CD formatında ayrıca satın alarak İnternet üzerinden ücretsiz müzik paylaşımına etik bir boyut kazandırmaya çalışmış olsalar da, bu kullanıcılar tüm Napster kullanıcıları arasında azınlıkta olmuşlardır. İnternet üzerinden dijital müzik paylaşımının tahmin edilemez bir şekilde yaygınlaşmasıyla müzik endüstrisi paniğe kapılmıştır; müziğin çoğaltım, dağıtım, tüketim ve dinleme adımları artık endüstrinin kontrolünden çıkmıştır.

Napster kısa sürede İnternet üzerinde kullanılan en yaygın program hâline gelmiştir; Napster'ın popülerliğinin zirvesinde otuz sekiz milyon kullanıcısı olduğu ve aynı anda ortalama olarak beş yüz bin kullanıcının ana sunucusuna bağlandığı tahmin edilmektedir (Alderman, 2001, 129). Napster'ın bu kadar yaygınlaşmasının sebeplerinden biri, İnternet üzerinde MP3 dosyaları aramanın o dönemdeki diğer yöntemlere göre Napster programının kullanımının kolaylığı olmuştur. Napster'ın kullanıcı dostu ara yüzü sayesinde bilgisayar ve İnternet kullanımında tecrübeli olmayan müzik dinleyicileri bile kısa bir süre içinde istedikleri müzik dosyalarını aramaya başlayabilmişlerdir. Bunun yanı sıra Napster'ın kullanıcıları arttıkça paylaşılan müzik dosyaları da arttığı için, kullanıcılar tanıdıkları diğer insanları da Napster'ı kullanmaya davet etmiştir. Bu gelişmeleri önemli bir tehlike olarak gören büyük plak şirketleri, 1999 yılında Napster'a karşı dava açmışlardır.

A&M Records ve diğer plak şirketlerinin açtığı davaya Napster 2001 yılında yenik düşmüş ve kapatılmıştır, ancak Napster'ın yerini başka dosya paylaşım programları, siteleri ve teknolojileri almıştır. İnternet üzerinden müzik paylaşımının yolu bir daha kapanmamak üzere Napster ve MP3 teknolojileri aracılığıyla açılmıştır. Böylece müziğin dinleyicilere ulaşması için gereken adımlar Tablo 3'te görülebileceği gibi değişmiştir.

Tablo 3: İnternet Üzerinden Müzik Paylaşımıyla Müziğin Dinleyicilere Ulaşım Süreci

Ulaşım Aşaması	Kullanılan Teknoloji
Üretim	Çalgılar ve/veya insan sesleri ile stüdyo kayıt aletleri
Çoğaltım (Reprodüksiyon)	Dijital formatlar (CD, WAVE) ve sıkıştırılmış müzik formatları (MP3, vb.)
Dağıtım	İnternet üzerinden farklı programlar ve siteler aracılığıyla dosyaların paylaşımı
Tüketim	İnternet üzerinden dosya indirimi
Dinleme	Bilgisayarlar, müzik sistemleri, MP3 çalarlar

Kullanıcılar MP3 gibi yeni sıkıştırma teknolojileri sayesinde sadece dosyaları İnternet üzerinden kolaylıkla paylaşabileceklerini değil, fiziksel olarak oldukça küçük olan harici müzik çalarlara daha önceden mümkün olmayan sayıda müzik eseri sığdıracabileceklerini fark etmişlerdir. Bir audio CD'ye ortalama olarak bir popüler müzik albümü, yani çoğu zaman on popüler müzik parçası sığdırılabilirken, Apple firmasının ürettiği iPod gibi taşınabilir MP3 çalarlara binlerce eser sığabilmektedir. Kullanıcılar ilk defa yüzlerce plak, kaset ve CD'de bulunan müzik arşivlerinin tamamını bir iPod, bir data CD'si veya bir sabit diskte taşıyabilmenin kolaylığını yaşamışlardır.

2.2. Pulse-Code Modulation

Yeni dijital ses sıkıştırma teknikleri araştırılmadan önce, ses bilgilerini dijital ortama aktarmanın en eski ve en yaygın yöntemi olan Pulse-Code Modulation (PCM) tekniğinin incelenmesi gerekmektedir. PCM ses bilgilerini sayısal olarak saklamada ve iletmede en yaygın olarak kullanılan tekniktir. PCM formatında analog ses sinyali belirli aralıklarla örneklenir ve bu örneklerin her biri 0 ve 1'lerden oluşan değerlere atanarak sayısal dünyadaki diğer tüm bilgiler gibi ikilik (*binary*) düzende veri olarak saklanır. Bu veriler gerektiğinde çağrılıp ters işleme tabi tutularak sayısal değerlerden tekrar sese çevrilir.

PCM dosyalarında iki değişken bulunmaktadır: örnekleme sıklığı (*sample rate*) ve bit derinliği (*bit depth*).

Örnekleme sıklığı, analog ses sinyalinden bir saniyede kaç örnek alındığını belirtmektedir. Örnekleme sıklığı ifade edilirken Hertz (Hz) birimi kullanılır. Daha sık örnek alınması –yani örneklerin birbirine yakınlığı– ses dalgasının olabildiğince aslına yakın bir şekilde dijital ortama aktarılmasını sağlar. Bu örnekler yeterince sık alındığı sürece, insan kulağının bir sesin aslı ile örneklenerek kaydedilmiş hâli arasındaki farkı duyamayacağı kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra yüksek frekansları PCM formatında kaydedebilmek için örnekleme sıklığının yeterince yüksek değerlerde olması gerekmektedir. Nyquist kuramına göre belirli bir frekansı örnekleyebilmek için örnekleme sıklığının o frekansın en az iki katı olması gerekmektedir; örneğin 20 kHz'e kadar çıkan tüm frekansları içerecek bir PCM dosyasının saniyede en az 40000 örnek almış olması gerekmektedir.

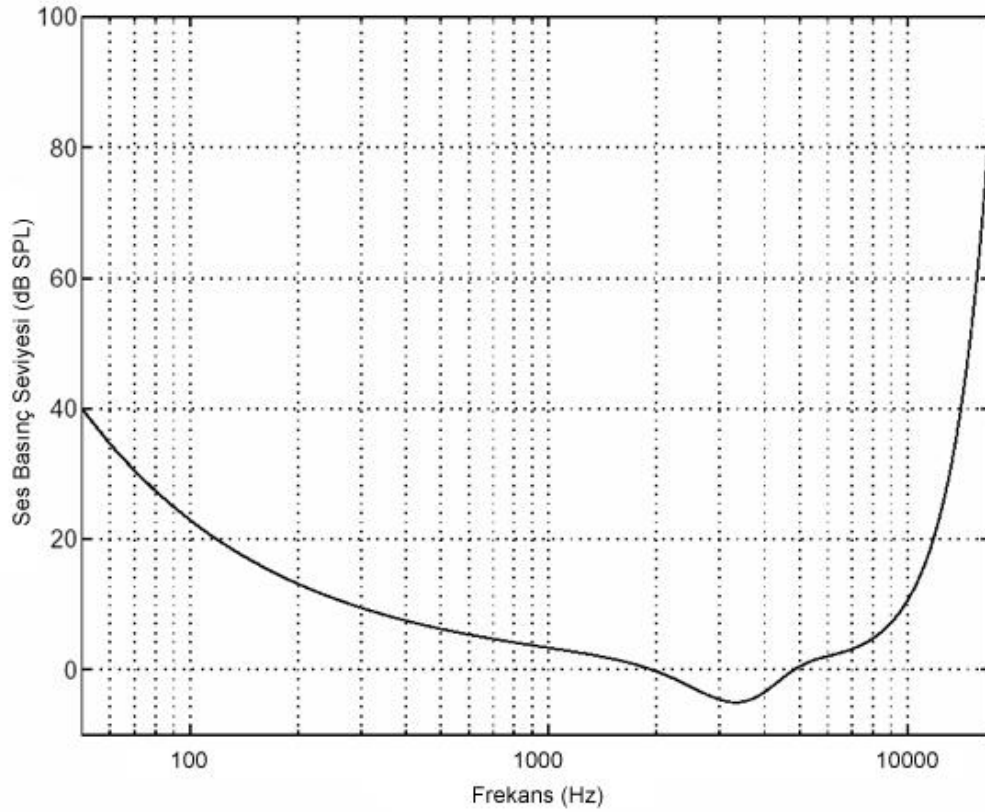
Bit derinliği, alınan örnekler sayısal değerlere çevrildiğinde bu değerlerin kaç bitlik dijital kelimeler olarak kaydedileceğini belirtmektedir. Bit derinliğinin artması, örneklerin atanabileceği farklı değerlerin sayısını çoğaltır ve ses sinyalinin olabildiğince aslına sadık bir şekilde dijital ortama aktarılmasını sağlar. 8-bit sistemlerde örneklerin atanabileceği 256 farklı değer varken, bu sayı 16-bit sistemlerde 65.536, 24-bit sistemlerde ise 16.777.216'dır. Yüksek bit derinlikleri aynı zamanda dosyada daha az gürültü (*noise*) olmasını sağlayacaktır.

Audio CD’lerde, audio DVD’lerde, WAV ve AIFF gibi sıkıştırılmamış ses dosyalarında ve telefonlarda PCM tekniği kullanılmaktadır. Audio CD’lerde 44.100 Hz örnekleme sıklığı ve 16-bit derinliği standart olarak belirlenmiştir.

2.3. Psikoakustik Prensipleri

Psikoakustik, insan kulağı ve beyninin birbiriyle nasıl etkileştiğini inceleyen bilim dalıdır. İnsanlar her an radyasyona maruz kalmaktadır; bu dalgalar milyonlarca farklı frekansı içermektedir. Tüm bu dalgaların sadece küçük bir kısmı duyu organlarımızca algılanabilmektedir; bunlar görebildiğimiz ışıkları ve duyabildiğimiz sesleri kapsamaktadır. Morötesi ve kızılötesi dalgalar göremediğimiz ışıklara örnektirler.

İnsanların çoğu 20 Hz’in aşağısındaki ve 20 kHz’in yukarısındaki ses dalgalarını algılayamaz. İnsanlar yaşlandıkça duyabildikleri frekans aralıkları da daralmaktadır. Bu duyum kaybı, kişinin ömrünü geçirdiği ortamlar, genetik özellikleri ve yaşadığı travmalara göre farklılık gösterebilmektedir. Çoğu orta yaşlı insan 16 kHz’in üzerindeki frekansları işitmekte zorluk yaşayacaktır. 2 kHz ve 4 kHz arasındaki frekanslar işitmesi en kolay frekanslardır, bu yüzden bu frekanslar düşük genlikte bile duyulduklarında algılanabilmektedir. Duyulabilir frekans aralığının uçlarına doğru gittikçe, bu frekansların algılanabilmesi için sesin şiddetinin artması gerekmektedir. Ses sistemleri ile müzik dinlerken yüksek ve düşük frekansların açılmasının tercih edilme sebebi budur; orta frekanslara daha duyarlı olduğumuz için farklı frekansları algılama seviyelerimizi bu şekilde eşitlemiş oluruz. Bu da beynimizde, dinlediğimiz müziği daha rahat duyduğumuz ve daha çok keyif aldığımız düşüncelerini uyandırır.

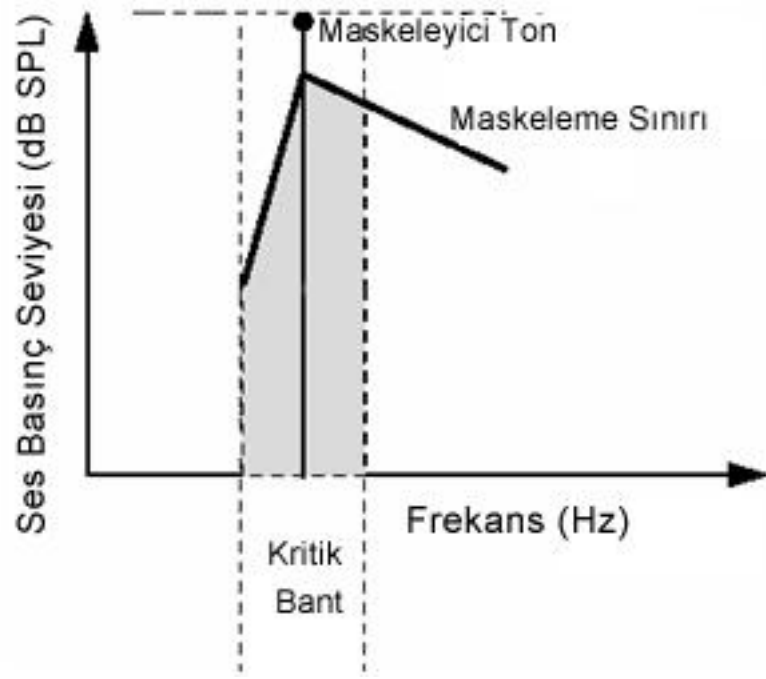


Şekil 4: Farklı Frekansları İşitebilmek İçin Gereken En Düşük Ses Basınç Seviyeleri

Beş duyumuza birden ulaşan tüm bilgileri beynimizin aynı anda işlemesine olanak yoktur. Beynimiz bu yüzden bir filtre görevi de görmektedir. Duyusal ses *codec*'leri beynin bu özelliğinden faydalanır. Bir müzik eserini dinlerken kulağımıza ulaşan tüm ses bilgilerini beynimizin işlemesi imkânsızdır. Bu yüzden bir eseri sayısal ortamda kaydederken ses sinyalinin duyulması mümkün olmayan kısımlarını saklamaya gerek olmadığı düşünülmüştür.

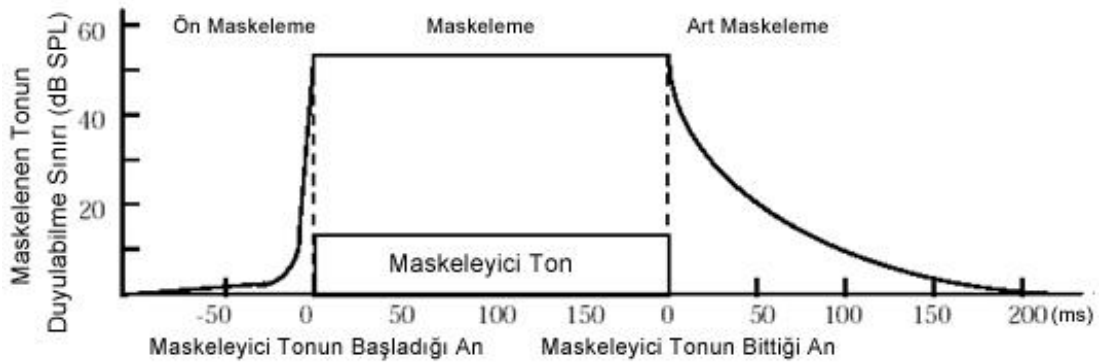
Bir ses bütününe bazı kısımlarının işitilmesinin imkânsız hâle gelmesinin sebebi maskeleme etkisidir.

Yapılan deneylerde insan kulağının işitme sırasında 24 frekans bandını kullandığı ortaya çıkmıştır (Raissi, 2011). Bu bantlara “kritik bantlar” denmektedir ve bu bantların içerisindeki sesleri insan kulağının birbirinden ayırması zordur. Eğer bir ses sinyali içinde öne çıkan bir ton varsa, o ton içinde bulunduğu kritik banttaki belirli bir genlik seviyesinin altında kalan diğer frekansları maskeleyecektir. Bu tür maskelemeye frekans düzleminde maskeleme denmektedir.



Şekil 5: Frekans Düzleminde Maskelemenin İşleyişi

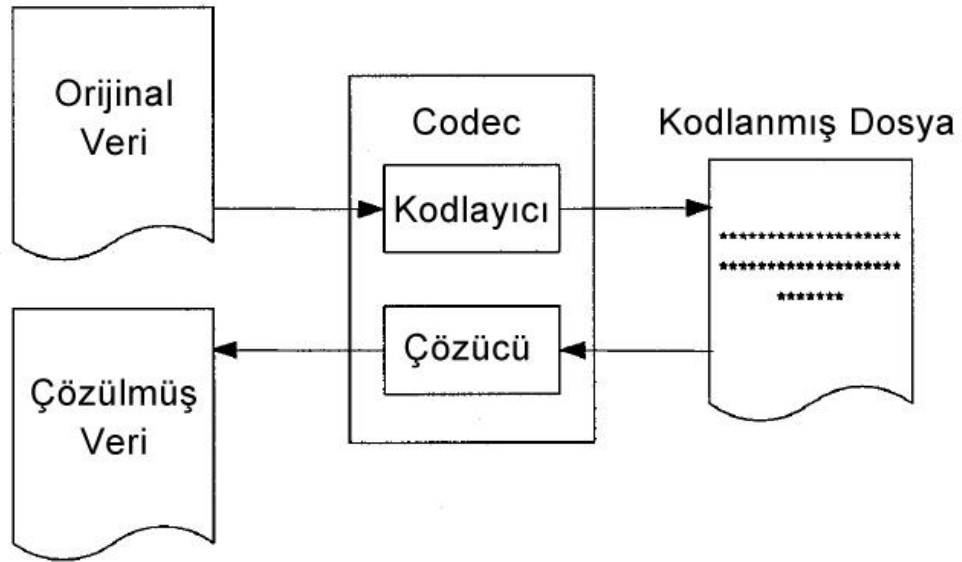
Maskeleme ayrıca zaman düzleminde de gerçekleşebilir. Güçlü bir ton ve zayıf bir ton zaman düzlemi üzerinde birbirine yeterince yakın olursa, zayıf ton güçlü ton tarafından maskelenir ve duyulamaz. Maskeleyen ton kendinden önce ve sonra gelen zayıf tonları maskeleyebilir. Ön maskeleme ortalama 50 ms'lik bir zaman diliminde gerçekleşebilirken, art maskeleme 50 ms ile 300 ms arasındaki bir zaman diliminde sürebilir. Bu süre maskeleyen tonun gücüne ve duyulma süresine göre değişebilir. Zaman düzleminde maskeleme prensipleri üzerine kurulu filtreleme yöntemleri tüm MPEG ses kodlama teknikleri içerisinde kullanılmaktadır (Noll, 2001, 61).



Şekil 6: Zaman Düzleminde Maskelemenin İşleyişi

2.4. Kodlayıcılar ve Çözücüler

Bir sıkıştırma tekniğinin dosyaları kodlayan ve kodlanmış dosyaları okuyan algoritmasına *codec* denmektedir. Tüm *codec*'lerin bir kodlayıcı (*encoder*) bölümü ve bir çözücü (*decoder*) bölümü vardır. Kodlayıcı, orijinal dosyayı işler ve sıkıştırılarak kodlanmış yeni bir dosya üretir; bu işleme sıkıştırma veya kodlama denir. Çözücü ise kodlanmış dosya üzerinde çalışır ve okunabilir, kodlanmamış bir dosya üretir.



Şekil 7: Codec'lerin İşleyişi

Kodlanmış ve tekrar çözölmüş dosyalar, orijinal dosya ile birebir aynı olmayabilir. Bu sebeple *codec*'ler kayıplı ve kayıpsız olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Kayıpsız *codec*'ler, dosyaları hiçbir bilgi kaybına uğratmadan sıkıştırırlar; yani bu tip *codec*'lerin çözücöleri orijinal dosyanın aynısını birebir yaratmaktadır. Metin dosyalarını ve program dosyalarını sıkıştıran kodlayıcıların kayıpsız olması gerekmektedir; çünkü bir metinde veya programda kodlamadan ve çözölmöden sonra en ufak bir değışiklik bile olması istenmez. Çözölmüş veride tek bir karakterin bile eksik veya farklı olması, programın işleyişini veya metnin anlamını değıştirebilir.

Kayıpsız sıkıştırma tekniklerine örnek olarak Lempel-Ziv (genel amaçlı sıkıştırmalar için), Portable Network Graphics (PNG) (resim dosyalarını sıkıştırmak için) ve bu tezde incelenecek olan FLAC (ses dosyalarını sıkıştırmak için) kodlamaları verilebilir.

Kayıplı *codec*'ler ile sıkıştırılan ve tekrar çözülen bir dosyalar, orijinal dosyalar ile aynı değildir. Kayıplı sıkıştırma teknikleri genellikle çoklu ortam verileri üzerinde kullanılır. Bunun sebebi çoklu ortam verilerinin genellikle fazla bellek kaplaması ve bazı durumlarda orijinal dosyalara tamamen sadık kalınmasına gerek duyulmamasıdır. Kayıplı bir *codec* ile kodlanmış veriler orijinal verilerin aynısı değildir; bunun yerine veriler kabul edilebilir bir kalitede kodlanır ve sıkıştırılır (Zhao, 2007, 16). Çoklu ortam verisinin kalitesini en düşük oranda etkileyecek bilgilerin analiz edilip elenmesi ise *codec* kodlayıcısının görevidir. Kodlayıcılar arasındaki farklar, *codec*'in tasarım aşamasında bu konuda yapılan seçimlere göre ortaya çıkar. Tüm kodlayıcıların amacı insan duyularının daha duyarlı olduğu bilgileri korumak ve insanların algılamasının mümkün olmayacağı veya zor olacağı düşünülen bilgileri elemektir. Sonuçta elde edilen dosyanın insanların duyularını tatmin etmesi hedeflenir. Çoğu kayıplı sıkıştırma tekniğinin farklı sıkıştırma seviyeleri vardır; daha yüksek sıkıştırma oranları daha düşük kalitede sonuçlar üretir ve daha düşük sıkıştırma oranları ile daha yüksek kalitede sonuçlar alınabilir. Günümüzde en çok kullanılan kayıplı sıkıştırma teknikleri JPEG (resim dosyalarını sıkıştırmak için) ve bu tezde incelenecek olan MP3 (ses dosyalarını sıkıştırmak için) formatlarıdır (Zhao, 2007, 5).

Kayıplı sıkıştırıcıların performansından bahsederken dört faktör göz önüne alınmalıdır: sıkıştırma sonrasında ses kalitesindeki bozulma, sıkıştırma ve çözme işlemlerinin aldığı süre, sıkıştırıcının kullandığı işlemci gücü ve sıkıştırma oranı. Kayıplı ve kayıpsız sıkıştırma teknikleri arasında en büyük fark sıkıştırma oranlarıdır. Sıkıştırma oranının yüzde değeri, sıkıştırılmış dosyanın büyüklüğünün orijinal dosya büyüklüğüne bölünüp yüz ile çarpılmasıyla elde edilir. Örneğin 40 MB büyüklüğündeki bir dosya, sıkıştırma işleminden sonra 10 MB büyüklüğüne iniyorsa kullanılan *codec*'in sıkıştırma oranı %25'tir.

3. SES KODLAMA TEKNİKLERİ

Ses kodlama teknikleri, dijital ortamda bilgi sıkıştırma çalışmalarının bir parçası olarak ortaya çıkmıştır. Dijital bir dosyanın bilgi kaybına sebep olmadan ne kadar sıkıştırılabileceğinin bir sınırı olduğunu Claude Shannon 1949'ta kanıtlamıştır (Zhou, 2008, 21). Bu limite ulaşana kadar yapılan tüm sıkıştırmalara kayıpsız bilgi sıkıştırması denir. Kayıpsız sıkıştırma tekniklerinden biri kullanılarak kodlanmış bir PCM dosyası üzerindeki kodlama işlemi geri çevrilirse (*decoding*) orijinal PCM dosyasının aynısı elde edilir.

Kayıpsız sıkıştırma tekniklerine örnek olarak Huffman kodlaması verilebilir; bu kodlama David A. Huffman tarafından 1952 yılında geliştirilmiştir. Huffman'ın algoritması, her sembol veya karakter için ikilik sistemde özel bir kod üretir. Veri içerisinde en az kullanılan karakter için en uzun, en çok kullanılan karakter için ise en kısa kodu oluşturur. Böylece sık kullanılan değerlerin yerine daha az yer kaplayan kodlar yerleştirilerek kodlanmış dosyanın daha az yer kaplaması sağlanır.

Bir dosyanın tüm detaylarını saklamanın büyük önemi olmadığı zamanlarda kayıplı sıkıştırma teknikleri kullanılabilir. Ses kodlamasında bazı durumlarda kayıplı tekniklerin kabul edilebilmesinin veya tercih edilmesinin sebebi, insan kulağının da kayıplı bir duyu organı olmasıdır. İnsan kulağının ve beyninin doğasından dolayı çoğu kişi kulağına ulaşan seslerin ve frekansların tamamını algılayamaz. Kayıplı kodlama teknikleri bir ses dosyasını sıkıştırırken insanların duyamayacağı sesleri filtreleyerek daha az yer kaplayan dosyalar elde etmeyi amaçlar. Bu şekilde kodlanmış bir PCM dosyası üzerindeki kodlama işlemi geri çevrilirse orijinal PCM dosyasının birebir aynısı elde edilemez, çünkü ses bilgilerinin bir kısmı kodlama esnasında dosyadan silinir.

3.1. Kayıplı Kodlama Teknikleri

CD kalitesinde, sıkıştırılmamış dijital ses dosyaları fazla yer kapladıkları için bu dosyalar İnternet üzerinden iletmeye uygun değildir. Ayrıca bu dosyaların saklanması ve arşivlenmeleri için geniş bellekli sabit disklerle ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeplerden dolayı yazılımcılar ve ses mühendisleri, ses dosyalarını yüksek oranlarda sıkıştırabilecek kodlamalar geliştirmeyi hedef almışlardır. Bu kodlamalar arasında en yüksek sıkıştırma oranlarını sunan teknikler, ses bilgilerinin tamamını muhafaza etmeyen kayıplı kodlama teknikleridir.

3.1.1. MPEG-1 Standardı ve MP3 Kodlaması

International Organization for Standardization (ISO) uluslar arası ürün ve hizmet alışverişini kolaylaştırmak için standartlar belirleyen bir organizasyondur. Bu organizasyonun bir alt grubu olan *Moving Picture Experts Group*’a (MPEG) 1988 yılında bir görev verilmiş, film ve ses bilgilerini dijital ortamda sıkıştırarak kodlayacak ve bir standart olarak kullanılacak bir teknik geliştirmeleri istenmiştir. Bu kodlama tekniğinin hem dosya büyüklüğünü olabildiğince küçültmesi, hem de görüntü ve ses kalitesini koruması gerekmektedir.

1988’de başlayan çalışmalar 1992’de bitmiştir ve ortaya çıkan kodlama tekniğine MPEG-1 adı verilmiştir. Bir MPEG-1 dosyasında üç ayrı bölüm bulunmaktadır: ses bölümü, görüntü bölümü ve sistem bilgisi bölümü. Bu sebeple MPEG-1 dosyalarında hem ses, hem görüntü bilgileri bulunur, ancak bu bilgiler birbirlerinden bağımsız olarak kodlanmıştır. Ses bölümünde kullanılacak kodlama tekniği için üç ayrı katman geliştirilmiştir. Bu katmanların her biri bir öncekinden daha karmaşıktır ve ses bilgilerini daha yoğun olarak sıkıştırmaktadır.

Tablo 4: MPEG-1 Ses Kodlama Teknikleri ve Sıkıştırma Oranları

Kodlama Tekniği	Sıkıştırma Oranı
PCM CD Kalitesi	1:1
Katman I	4:1
Katman II	8:1
Katman III (MP3)	12:1

Üçüncü katman, PCM ses dosyalarını 12 kat küçülebilmektedir ve üç katman arasında en karmaşık ve verimli kodlama tekniği bu katmanda bulunmaktadır. Katman III'ün diğer katmanlara üstünlüğü, karma bir filtreleme tekniğini, Huffman kodlamasını ve bit rezervi adlı bir arabelleği beraber kullanmasıdır (Noll, 2001, 69). MPEG-1 Katman III kodlaması çoğu kişinin MP3 olarak bildiği kodlama tekniğinin çıkış noktasıdır.

MP3 algoritmasını bu noktadan sonra geliştirenler MPEG değil, Fraunhofer Enstitüsü olmuştur. Fraunhofer Enstitüsü MPEG-1 standardındaki Katman III ses kodlamasını dosyanın geri kalanından ayırıp, bu kodlamayı kullanarak sadece ses bilgisi içeren MP3 dosyalarını geliştirmiştir.

MP3 kayıplı bir ses formatıdır ve duysal kodlama tekniklerinden yararlanır; bu tip kodlamalar insanların duyamayacağı sesleri filtreleme mantığı üzerine kurulmuştur. Bu filtreleme kalıcı bir işlemdir; kodlama işlemi geri çevrildiğinde filtrelenmiş sesler tekrar elde edilemez.

İnsanların bir ses sinyalinin hangi kısımlarını duyamayacağını hesaplamak için bir psikoakustik model kullanılır. Bu psikoakustik modeller farklı şekillerde tasarlanabilir, ancak amaçları aynıdır; bu modeller ses sinyalinin maskeleye oranlarını (*signal-to-mask ratio*) hesaplamayı hedefler. Farklı üreticilerin sunduğu MP3 kodlama modülleri (*codec*) arasındaki küçük farklılıklar, bu psikoakustik prensiplerin bu hesaplamalar sırasında aynı şekilde kullanılmaması sonucu ortaya çıkmıştır.

MP3 kodlamasında önemli bir faktör, kullanılan bit sıklığıdır (*bit rate*). PCM kodlamasının değişkenlerinden biri olan bit derinliği (*bit depth*) ile karıştırılmaması gereken bit sıklığı, 8 Kbps ile 320 Kbps arasında değişebilir. Bu değişken, MP3 dosyasında saniyede kaç bitin aktarıldığını veya işlendiğini belirtir. Ses kalitesinde hemen fark edilebilen bir düşüş olmaması için MP3 kodlamalarında en az 128 Kbps tercih edilir. 128 Kbps ile kodlanan dosyalardaki sıkıştırma faktörü on ikidir. Bit sıklığı azaldıkça sıkıştırma faktörü artar, ancak ses kalitesinde daha büyük bir düşüş görülür. Günümüzde müzik aktarımında sıklıkla 128 Kbps'nin üzerindeki değerler tercih edilmektedir.

Genellikle MP3 kodlaması sırasında seçilen bit sıklığı sabit kalır ve ses dosyasının tamamı boyunca değişmez. Bu şekilde kodlanmış dosyalar sabit bit sıklığı (*constant bit rate*), yani CBR kullanır. Bu işleme alternatif olarak, değişken bit sıklığı (*variable bit rate*), yani VBR da kullanılabilir. VBR ile kodlanmış ses dosyalarında sinyalin her çerçevesi (*frame*) farklı bir bit sıklığı ile kodlanabilir; sesin farklı anlarını kodlamak için gereken farklı bit sıklıklarını orijinal sinyalin dinamikleri belirler. VBR ile kodlanmış dosyalar, CBR ile kodlanmışlara göre daha az yer kaplayıp, yine de daha yüksek kalitede sonuçlar verebilmektedir. Ancak VBR tekniği bazı çözücülerde zamanlama sorunları çıkarabildiği için CBR hâlen daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

MP3 kodlama algoritmasında dijital sinyal ilk olarak çok fazlı bir filtre bankasına yollar ve frekans alt bantlarına ayrılır. Kodlayıcının psikoakustik modeline göre maskeleme prensipleri ve insanların duyma sınırları göz önünde bulundurularak bu bantlardan insanların duyamayacağı hesaplanan bilgiler filtrelendir. Bundan sonraki aşamada ise gürültü (*noise*) paylaşımı yapılır. Sinyaldeki maskeleme oranlarına ve bit oranına göre sinyale gerektiği ölçüde gürültü eklenir veya çıkartılır. Son olarak gürültü paylaşımı yapılmış sinyal Huffman kodlamasından geçirilerek sıkıştırılır ve çerçeveler (*frame*) yaratılarak MP3 dosya formatına yerleştirilir.

Kullanılan psikoakustik modeller, kodlayıcının tasarımına göre farklılık gösterebilir. Ses sinyalinin maskeleme oranını (*signal-to-mask ratio*), yani SMR'leri hesaplayabilmek için kritik bantların frekans analizi, duysal ve geçici maskeleme prensipleri ve insanların işitme sınırları kullanılabilir (Jacaba, 2001, 44).

Psikoakustik modeller, ses sinyalinin insanların duyabileceği frekanslarını, yani 20 Hz ile 20 kHz arasını inceler. Bu aralık alt bantlara ayrılır ve her alt bandın analizi ayrı ayrı yapılır. Alt bantlardaki sinyal seviyeleri, mutlak duyum sınırları (*absolute threshold*) ile karşılaştırılır. Mutlak duyum sınırı, ortalama duyuma sahip bir insanın belli bir frekansı duyması için o frekansın sahip olması gereken en düşük ses şiddetidir ve dB birimiyle ölçülür. Mutlak duyum sınırının altında kalan frekanslar psikoakustik model tarafından filtrelendir.

Tablo 5: Mutlak Duyum Sınırı Örnekleri

Frekans (Hz)	Mutlak Duyum Sınırı (dB)
43.07	45.05
86.13	25.87
129.20	18.70
172.27	14.85
215.33	12.41
258.40	10.72
301.46	9.47
344.53	8.50
387.60	7.73
430.66	7.10

Ayrıca alt bantların duysal ve geçici maskeleye prensiplerine göre analizi de yapılır. Mutlak duyum sınırının üzerinde kalan maskeleyici frekanslar bulunur ve bu frekansların maskeleyeceği hesaplanan diğer frekanslar ses sinyalinden çıkartılır. Bu işlem sırasında kullanılan hesaplamalar psikoakustik modeller arasında farklılık göstermektedir.

MP3 kodlamasının son aşamasında, dosyanın içinde yer alacak çerçeveler (*frame*) oluşturulur. Her bir çerçevede iki granül ve her granülde 576 örnek (*sample*) vardır. Bir çerçeve 1152 adet kodlanmış PCM ses örneği barındırır ve 26 ms uzunluğundadır (Raissi, 2011). Kodlamanın önceki aşamalarının sonucunda elde kalan tüm bilgiler bu aşamada bir araya getirilir ve MP3 dosyası oluşturulur.

Her bir çerçeve dört bölümden oluşur: ana bilgi, yan bilgi, bağlı bilgi ve başlık. Ana bilgi bölümünde Huffman kodlamasından geçmiş veriler bulunur. Yan bilgi ise ana bilginin çözülmesi (*decode*) için gereken bilgileri içerir. Başlıkta ise senkronizasyon bilgileri ve MP3 dosyasının ses bilgileri bulunur. Bu bilgiler, kullanılan kodlama katmanı (I, II veya III), bit sıklığı ve örnekleme frekansı gibi verilerdir. Bağlı bilginin bulunması ise zorunlu değildir, ama eğer mevcutsa MP3 dosyasının müzikal özellikleri hakkında bilgi içerebilir. Bunun en sık kullanılan örneği ID3 etiketidir; bu etiket ile sanatçı adı, eser adı, albüm adı, müzik türü gibi bilgiler dosyaya eklenebilir. Bu etiketin ikinci sürümü olan ID3v2 ile ayrıca şarkı sözleri ve albüm kapakları gibi daha detaylı veriler de MP3 dosyasına sıkıştırılabilmektedir (Jacaba, 2001, 64).

Günümüzde en yaygın kullanılan kayıplı sıkıştırma formatı olmasına rağmen, MP3 kodlamasının büyük eksiklikleri bulunmaktadır. MP3'lerin en büyük sorunlarından biri, serbest lisansa sahip olmamasıdır. Bu nedenle, müziğin yasal dağıtımında MP3 formatı kullanılacaksa lisans sahibi olan Fraunhofer Enstitüsü'ne telif hakkı ödenmesi zorunludur. Diğer eksikliği ise, sıkıştırma tekniğinin eskiliği ve daha yeni sıkıştırma tekniklerine göre verimsizliğidir. MP3 formatından daha sonra geliştirilen birçok kayıplı sıkıştırma tekniğinin dosyaları daha fazla sıkıştırdığı veya daha yüksek ses kalitesinde kodladığı görülmüştür.

3.1.2. Ogg Vorbis Kodlaması

Ogg Vorbis, Xiph.Org Kuruluşu tarafından geliştirilmiş, ikinci nesil bir kodlama standardıdır. Geliştirilme amacı, MP3 kodlamasından daha ileri bir kodlama sistemine sahip bir format ortaya çıkarmak ve zamanla MP3 teknolojisinin yerini almak olmuştur. Kullanımı hâlâ MP3 formatı kadar yaygın olmasa da, bu format MP3 kodlamasının yapabildiklerini bir adım ileri götürmeyi başarmıştır. Ogg Vorbis'in özellikle düşük bit sıklıklarında MP3'ten daha yüksek ses kalitesine sahip olduğu genel olarak kabul görmektedir (Montnémary, 2004, 19).

Ogg Vorbis'in geliştirilmesindeki temel sebeplerden biri, MP3 standardı kullanılırken Fraunhofer Enstitüsü'ne ödenmesi gereken lisans ücretlerinden kurtulmaktır. Ogg Vorbis serbest yazılımlı bir kodlamadır ve kaynak kodu İnternet üzerinden isteyen herkes tarafından ücretsiz indirilebilmektedir.

Ogg Vorbis standardı, Vorbis kodlaması ve farklı verileri barındırabilen Ogg formatının birleşiminden oluşmaktadır. Ogg Vorbis'in yaygınlığı gittikçe artmaktadır ve özellikle İnternet radyo istasyonları ve İnternet üzerinden oynanan oyunlar tarafından kullanılmaktadır (Montnémary, 2004, 28).

Ogg formatı ile ses sinyalleri sabit bit sıklığı ile kodlanamaz; sadece değişken bit sıklığı (VBR) ile kodlanabilirler. Kullanılabilecek bit sıklığı değerleri MP3 formatında olduğu gibi 8 Kbps ile 320 Kbps arasındadır, ama Vorbis kodlayıcısı özellikle 16 Kbps ile 128 Kbps arasında iyi sonuç vermesi amacıyla geliştirilmiştir (Montnémary, 2004, 16).

MP3 formatında olduğu gibi, Vorbis kodlamasının tek bir çözücüsü (*decoder*) vardır, ama farklı geliştiriciler tarafından yazılmış farklı kodlayıcıları (*encoder*) bulunmaktadır. Böylece daha ileri seviye psikoakustik modeller kullanan yeni Vorbis kodlayıcıları yazılabilmektedir.

Ogg Vorbis'in kullandığı psikoakustik model, MP3 formatının kullandığı psikoakustik modele göre daha gelişmiş ve rafine edilmiştir. Ogg Vorbis, duysal ve geçici maskeleye prensiplerini MP3 psikoakustik modeline benzer bir şekilde kullanır, ancak mutlak duyum sınırını (*absolute threshold of hearing*), yani ATH'yi farklı bir şekilde hesaplar. Çoğu psikoakustik model, ses sinyalinin süresi boyunca sabit bir mutlak duyum sınırı olduğunu varsayarken, Ogg Vorbis'in psikoakustik modeli sesin dinamiklerine göre mutlak duyum sınırını değiştirir. Üst duyum sınırını ise insan kulağının acı eşiğine göre sabitler. Böylece ses sinyalinin düşük olduğu yerlerde mutlak duyum sınırı da düşer, ses sinyalinin yükseldiği yerlerde mutlak duyum sınırı da yükselir.

Ogg Vorbis, VBR tekniğini de MP3 formatından farklı olarak kullanmaktadır. MP3 standardında kullanılan VBR tekniğinde bit sıklığının değişkenliğinin bir sınırı vardır; ortalama olarak alınmış bir değerden çok uzak bir değer kullanılamaz. Ogg Vorbis ise gerçek-VBR (*true VBR*) tekniğini kullandığı için kodlamasında böyle bir sınır yoktur, böylece ses blokları herhangi bir bit sıklığıyla ve daha çok bit

kullanılarak kodlanabilir. Bunun sonucunda Vorbis kodlamasında *artifact* adı verilen işlem hatalarına daha az rastlanmaktadır.

Ogg Vorbis dosyalarında ses bilgisinde önce kodlama kitabı (*codebook*) adı verilen bölümler yer almaktadır. Bu bölümde, ses verisinin vektör nicemlemesi (*vector quantization*) ve Huffman kodlamasının nasıl yapıldığıyla ilgili bilgi yer almaktadır. Bu bilgi dosyadan dosyaya farklılık gösterdiği için çözücüde değil, ses dosyasının kendi içinde bulunur ve ortalama olarak 16 kB kadar yer kaplarlar.

Ogg Vorbis kodlamasında, ses sinyalinin frekans spektrumunun analizi yapılır ve ses sinyali, zemin (*floor*) ile artıklar (*residue*) olarak ikiye ayrılır. Kodlayıcı tarafından lineer bir fonksiyonla hesaplanan zemin sinyali, kayıpsız bir şekilde kodlanır ve sinyalden çıkartılır. Geriye kalan ‘artıklar’ ise vektör nicemlemesi (*vector quantization*) adı verilen kayıplı bir sıkıştırma tekniğiyle kodlanır.

Elde edilen sonuçların tamamı Huffman kodlamasından geçirilir ve bu Vorbis paketleri, yan bilgilerle beraber Ogg formatının içine oturtulur. Dört çeşit Vorbis paketi bulunmaktadır: tanımlama, yorum, hazırlama ve ses bilgisi. Tanımlama paketlerinde Vorbis kodlamasının kullanıldığı, kullanılan örnek sıklığı ve kanal sayısı belirtilir. Yorum paketlerinde sanatçı adı, eser adı, albüm adı gibi bilgiler bulunur. Hazırlama bölümünde kodlamanın nasıl yapıldığıyla ilgili bilgi bulunur; Huffman ve vektör nicemlemesi kod kitapları bu paketlerde yer alır. Ses bilgisi paketlerinde ise kodlanmış ses verileri bulunur.

3.1.3. Dolby Digital AC-3 Kodlaması

Dolby Digital kodlamaları, Dolby Laboratuvarları tarafından 1992 yılında geliştirilmeye başlanmıştır. Bu kodlamalar ilk olarak sinema filmlerinde dijital ses kullanma amacıyla geliştirilmiştir. Dolby AC-3 kodlaması günümüzde Birleşik Devletler HDTV sistemlerinde standart olarak kullanılmaktadır ve DVD filmlerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Liu, 1999, 10).

Dolby AC-3 kodlaması, ses sinyalini altı ayrı kanal olarak kodlar ve çoğunlukla 5.1 *surround* sistemlerde kullanılır. Beş kanal, sağ ön, sol ön, orta, sağ arka ve sol arka hoparlörlere yollanacak sinyalleri taşır; bu kanallar 20 Hz ile 48000 Hz arasındaki frekansları barındırır. Altıncı kanal ise düşük frekans sürücüyü (*subwoofer*) yollanacak sinyali taşır ve 20 Hz ile 120 Hz arasındaki frekansları barındırır. AC-3

kodlaması mono ve stereo modlarını da desteklemektedir ve gerektiğinde bu modlarda kullanılabilir.

Dolby AC-3 kodlayıcısı öncelikle ses sinyalini zaman ve frekans düzlemlerinde analiz eder ve insan duyumuna uygun bir şekilde, birbirine eşit olmayan alt bantlara ayırır. Alt bantlardaki bilgiler *floating point* sayısal değerlere atanır. Bu değerler kodlayıcının kullandığı psikoakustik modele göre kodlanır. Sonra bu kodlanmış bilgilerin hangi çözünürlükte saklanacağına karar verilir.

Dolby AC-3 kodlamasının en büyük özelliklerinden biri, kullanılan psikoakustik model ve bit atamaları arasındaki ilişkidir. Başka kodlayıcılar, değer atamaları sırasındaki nicemleme işlemlerinde ses dosyasındaki yan bilgilere ihtiyaç duyarken, AC-3 formatı nicemleme işlemi sırasındaki gereken bilgileri otomatik olarak hesaplar. AC-3 kodlamasının ses sinyali hakkında yan bilgiye ihtiyacı olmaması bir avantajken, bu işlemin her zaman yeterince detaylı bir psikoakustik analizle sonuçlanamaması bir dezavantajdır.

3.1.4. Advanced Audio Coding (AAC) Kodlaması

Moving Picture Experts Group (MPEG) MPEG-1 standardını geliştirdikten sonra, sırasıyla MPEG-2 ve MPEG-4 standartlarını geliştirmiştir. Bu standartlarda kullanılan ses kodlama tekniklerinden yola çıkarak AAC ses kodlaması tasarlanmıştır. AAC kodlaması, MP3 kodlamasından daha ileri seviyede ve onun yerini alabilecek bir kayıplı sıkıştırma tekniği olarak düşünülmüştür. AAC formatı, AT&T Bell Laboratuvarları, Fraunhofer IIS, Dolby Laboratuvarları, Sony ve Nokia gibi firmaların ortak çalışmalarıyla geliştirilmiştir ve .m4a uzantısını kullanmaktadır.

AAC kodlaması ISO tarafından MPEG-2 ve MPEG-4'ün parçası olarak bir standart hâline getirilmiştir. AAC kodlamasının *High Efficiency Advanced Audio Coding* (HE-AAC) olarak bilinen bir parçası bazı dijital radyo ve mobil televizyon standartları tarafından kullanılmaktadır.

Bir AAC dosyası, her biri 0 Hz ile 96 kHz arasındaki frekansları bulundurabilecek 48 ses kanalı ve her biri 0 Hz ile 120 Hz arasındaki frekansları bulundurabilecek 16 düşük frekans kanalı içerebilmektedir.

AAC standardında ses sinyalleri üç teknikle kodlanabilir: zaman/frekans kodlaması, lineer tahmin kodlaması ve parametrik kodlama. Bunlar arasında yalnızca

zaman/frekans kodlaması 20 kHz'e kadar ulaşan ses sinyallerini kodlamada verimli olduğu için ve müzik içeren ses sinyallerinde tüm frekanslara ihtiyaç duyulduğu için müzik kodlamalarında bu teknik kullanılmaktadır (Yokotani, 2004, 27).

AAC kodlayıcısı altı bölümden oluşur: kazanç kontrolü, fitreden geçirme, psikoakustik model, orta/yan stereo kodlaması, nicemleme ve kodlama.

Kazanç kontrolü ile her alt bandın kazançları filtreleme işleminden önce dengelenir ve sinyallerden önceki duyulabilir seslerin (*pre-echo*) şiddeti azaltılır. Filtreleme işleme sırasında sinyal bloklara ayrılır. Bu bloklar kısmen birbirinin üzerine denk gelir; böylece bloklar tekrar bir araya getirildiğinde oluşabilecek ses bozukluklarının önüne geçilmeye çalışılır. AAC'nin kullandığı psikoakustik modelde sinyal 25 kritik alt banda ayrılır ve her bir alt bant için maskeleyme sınırı hesaplanır. Maskeleyme sınırının altında kalan ses bilgileri atılır veya sinyale eklenen *noise* ile maskelenir.

Orta/yan stereo kodlaması ile sinyalin sağ ve sol kanallarının toplamı ve farkları hesaplanır ve kanallar bu şekilde kodlanır. Sinyalin büyük çoğunluğunun stereo alanının ortasında yer aldığı, yani sağ ve sol kanalların birbirine benzer olduğu sinyallerde bu işlem dosyayı büyük ölçüde sıkıştırabilir. Düşük bit sıklığı ile kodlanan dosyalarda bu işlemin yerini yoğunluk (*intensity*) stereo kodlaması alır; bu işlem orta/yan stereo kodlamasına göre daha kayıplı bir işlemdir. Bu kodlamada sağ ve sol sinyallerin yerini, içinde yönel bilgileri de bulunan tek bir sinyal alır. İnsan kulağı 3 kHz'in üzerindeki sinyallerin fazını algılamada daha duyarsız olduğu için, bu işlem genellikle üst frekanslarda kullanılır.

Son olarak ses bilgisi MP3 kodlamasındakine benzer bir şekilde nicemleme ve Huffman kodlaması işlemlerine tabi tutulur.

AAC dosyalarının geri kodlanması sırasında, dosyanın içindeki başlık bilgilerine bakılarak bilgiler ters işlemlerden geçirilir: dosya üzerinde Huffman geri kodlaması, geri orta/yan stereo kodlaması, geri yoğunluk stereo kodlaması ve ters filtreleme işlemleri uygulanır.

AAC formatının, MP3 formatına göre aynı bit sıklıklarında daha yüksek ses kalitesi sunduğu, kör duyum testleri ile kanıtlanmıştır (Yokotani, 2004, 16). Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'nin (ITU) yaptığı deneylere göre, AAC formatı stereo ses sinyallerini 128 Kbps derinliğinde, 5.1 Surround ses sinyallerini ise 320 Kbps derinliğinde yeterince “şeffaf” bir şekilde kodlayabilmektedir.

AAC formatı, iPhone, iPod, iPad, Nintendo Dsi, iTunes ve PlayStation 3 gibi donanımlarda standart ses formatı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca Sony ve Nokia'nın geliştirdiği cep telefonları tarafından da desteklenmektedir.

3.1.5. Musepack (MPC) Kodlaması

Musepack 1997 yılında Andree Buschmann tarafından geliştirilmeye başlanmış, açık kaynaklı bir kayıplı kodlama formatıdır. Musepack daha sonra Frank Klemm ve Musepack Development Team (MDT) tarafından geliştirilmeye devam edilmiştir. Musepack formatı son ismini almadan önce MPEGplus, MPEG+ ve MP+ isimleriyle de tanıtılmıştır. Musepack dosyaları, .mpc, .mp+ veya .mpp uzantılarını kullanabilir. Musepack en fazla 32 bit derinliğinde, 48kHz örnekleme sıklığında ve 8 kanal içeren ses sinyallerini kodlayabilmektedir. Musepack kodlayıcıları ve geri kodlayıcıları, diğer kayıplı sıkıştırma formatlarına göre oldukça hızlı çalışmaktadır. Musepack dosyaları APEv2 etiketlerini kullanmaktadır.

Musepack formatının yazılma amacı, özellikle 160 ile 180 Kbps bit sıklıklarında yüksek kalitede ses kodlamalarına ulaşmaktır. Andree Buschmann Musepack kodlamasını MPEG-1 Katman II (MP2) algoritmasını temel alarak geliştirmiştir.

Musepack kodlaması sırasında ses sinyali MP2 algoritmasında olduğu gibi 32 alt banda ayrılıp bu şekilde işlenir. Bu alt bantların sağ ve sol kanalları, AAC formatında olduğu gibi orta ve yan kanallar olarak yeniden kodlanır ve iki kanal arasında gereksiz bulunan tekrarlar dosyadan çıkartılır. Musepack'in kullandığı psikoakustik model MPEG ISO Model II üzerine kurulmuştur, ama CVD (*clear voice detection*) adı verilen ve kayıtlarda bulunan insan seslerindeki kayıpları engellemeye yönelik bir algoritma ile geliştirilmiştir. Bu aşamadan sonra Musepack ile kodlanan sinyaller ANS (*adaptive noise shaping*) adlı başka bir algoritmadan geçirilir; bu işlem sırasında ses sinyalinin değişen frekans aralıkları ve genliğine göre dinleyiciler tarafından duyulması mümkün olmayan alt bantlar *noise* ile örtülür. Son adım olarak sinyalin işlenmiş hâli MP3 ve AAC formatlarında kullanılan kodlamadan daha gelişmiş bir Huffman kodlamasından geçirilir.

Musepack kodlamasının orta ile yüksek bit sıklıklarında en iyi sonucu vermesi için geliştirilmesine rağmen, 128 Kbps gibi bit sıklıklarında bile ses sinyallerini yüksek

kalitede kodlayabildiği ve MP3, WMA, AAC gibi formatlardan daha iyi sonuç verebildiği yapılan duyurum testlerinde ortaya çıkmıştır (Amorim, 2011).

Musepack kodlayıcıları Microsoft Windows, Linux ve Mac OS X üzerinde çalışabilmektedir. Farklı yazılımların Musepack formatını desteklemesi için üçüncü partiler tarafından geliştirilmiş ek paketler de bulunmaktadır. Ancak Musepack formatını destekleyen harici donanımlar günümüzde oldukça sınırlıdır.

3.1.6. Windows Media Audio (WMA) Kodlaması

Windows Media Audio kodlaması Microsoft tarafından geliştirilmiş bir kayıplı sıkıştırma tekniğidir. İlk Windows Media Audio *codec*'i Henrique Malvar ve ekibinin çalışmaları üzerine kurulmuştur; daha sonra bu ekip Microsoft için çalışmaya başlamıştır. Microsoft Windows Media Audio formatını MP3 formatıyla rekabet etmesi için piyasaya sürmüştür ve WMA formatında 64 Kbps gibi düşük bit sıklıklarında bile “CD kalitesine yakın” ses kalitesine ulaşılabilceğini iddia etmiştir, ancak bu iddiaların asılsız olduğu kısa süre içinde ciddi müzik dinleyicileri tarafından fark edilmiştir (Cravotta, 2000, 47).

Microsoft Windows Media Audio formatını her yeni sürümle geliştirmiştir ve yedinci sürümden beri kullanıcılara kendi WMA dosyalarını yaratma seçeneğini de sunmaktadır. Windows Media Audio ile kodlanmış ses sinyalleri .wma, .asf veya .wmv uzantılı dosyalar içinde bulunabilir.

1999 yılında geliştirilmiş ilk Windows Media Audio *codec*'ine WMA 1 adı verilmiştir. Ertesi sene geliştirilen WMA 2 *codec*'inde ise daha gelişmiş bir sıkıştırma algoritması kullanılmıştır ve bugüne kadar bu algoritma büyük bir değişikliğe uğramamıştır.

Windows Media Audio ile 48 kHz ve aşağısındaki örnekleme sıklıklarındaki, mono veya stereo sinyaller kodlanabilmektedir. WMA 9 *codec*'iyle beraber değişken bit sıklığı (*variable bit rate* - VBR) ile kodlama tekniği de Windows Media Audio formatına eklenmiştir.

Windows Media Audio'nun kodlama sistemi AAC ve Vorbis formatlarınıninkine benzemektedir. Bir WMA dosyası üst çerçevelerden (*superframe*) oluşur. Her bir üst çerçevede bir veya daha fazla alt çerçeve vardır ve bu alt çerçevelerin her birinde 2048 örnek bulunmaktadır. Bu örnekler 128, 256, 512, 1024 veya 2048 örnekten

oluşan bloklara ayrılır. Bu bloklar içinde frekans düzlemi temel alınarak sinyalin hangi parçalarının maskeleneceği hesaplanır ve bu hesaplamalar doğrultusunda örneklere yeni değerler atanır. Son adım olarak bu örnekler birbirinden bağımsız olarak Huffman kodlamasından geçirilir. Stereo ses dosyaları genellikle sağ ve sol yerine orta ve yan kanallar olarak kodlanır. Düşük bit sıklıklarında ses sinyalinin gereken bölümlerine *noise* kodlaması ile duyulan ses kalitesi artırılabilir.

WMA sıkıştırmasını kullanan dosyalar birçok yazılım ve harici donanım tarafından desteklenmektedir. Windows Media Audio dosyaları üçüncü parti eklemelerinin yardımıyla Linux ve Mac OS X sistemlerinde de kullanılabilir.

3.1.7. Sony ATRAC Kodlaması

ATRAC (*Adaptive Transform Acoustic Coding*) algoritması Sony tarafından geliştirilmiş bir kodlamadır ve 64-mm MiniDisc'lere 74 dakikalık ses kayıtlarını sığdırmak için tasarlanmıştır (Tsutsui, 1992, 3). ATRAC formatı, 44.1 kHz örnekleme sıklığındaki stereo ses sinyallerini 256 Kbps bit sıklığında kodlayabilmektedir.

ATRAC'ın MiniDisc'lerde kullanılan ilk sürümü 292 Kbps bit sıklığını kullanmaktaydı ve audio CD'lere yakın bir ses kalitesi hedefleniyordu. 1999 yılında tamamlanan ATRAC3 ve 2002 yılında tamamlanan ATRAC3plus sürümleri benzer bit sıklıklarında ses sinyallerini daha yüksek kalitede sıkıştırabilmektedir.

ATRAC kodlamasının verimliliği, psikoakustik prensipleri hem bit atama aşamasında, hem de zaman-frekans dağılımı hesaplamasında kullanmasında yatmaktadır (Liu, 1999, 16).

ATRAC kodlayıcısı ilk adım olarak ses sinyalini üç alt banda ayırır. Bu alt bantlar 0-5.5 kHz, 5.5-11.0 kHz ve 11.0-22.0 kHz frekans aralıklarını kapsar. Bu alt bantlar zaman ve frekans düzlemlerinde analiz edilir ve birbirine eşit olmayan 52 bloğa ayrılır. Bu bloklar insan kulağının kritik bant bölümlerine göre belirlenir. Bu aşamada sinyale eklenen *noise* seviyesinin maskeleye seviyesinin altında kalmasına dikkat edilir. İnsan kulağı yüksek frekanslara karşı daha az hassas olduğu için, düşük frekanslarda sabit bir maskeleye seviyesi kabul edilirken, yüksek frekanslarda sinyalin genliğine ve frekans aralığına göre değişken maskeleye seviyeleri hesaplanır.

ATRAC formatı Sony markalı birçok müzik çalar tarafından kullanılmaktadır. Sharp ve Panasonic gibi diğer MiniDisc üreticileri de ATRAC *codec*'inin kendi sürümlerini geliştirmişlerdir.

3.1.8. Kayıt Yerine Reprodüksiyon

Hâlen geliştirilmekte olan müzik paylaşım yöntemlerinden biri, kaydedilmiş ses bilgilerinden oluşan ses dosyalarını kullanmak yerine reprodüksiyon (yeniden üretme) üzerine kurulu ses dosyalarını kullanmaktır.

Bu tekniğin başarılı örneklerinden biri Rochester Üniversitesi tarafından 2008 yılında geliştirilmiştir; 20 saniyelik bir klarnet solosu, bir kilobyte büyüklüğünde bir dosyaya sığdırılmıştır (Sherwood, 2011). Bu dosya, aynı uzunlukta bir MP3 dosyasının binde biri büyüklüğündedir.

Bu tür ses dosyalarının kullanılabilmesi için öncelikle bir çalgının çıkarabileceği sesler ve çalma olasılıkları hesaplanıp sanal bir çalgının modellenmesi gerekmektedir. Klarnet örneğinde bir klarnet çalgıcısının dil, nefes ve parmaklarıyla yapabileceği farklı hareketler, nüanslar ve çıkartabileceği sesler incelenip, gerçeğe olabildiğince yaklaşan bir model tasarlanmıştır. Rochester Üniversitesi'nde Mark Bocko, Xiaoxiao Dong ve Mark Sterling tarafından tasarlanan model için gerçek bir klarnetin içindeki ses dağılımı ve farklı parmaklama tekniklerinde oluşan basınç gibi detaylı ölçümler alınmıştır ve daha sonra bu bilgiler ile sanal bir klarnet modeli oluşturulmuştur. Bu model çalgıcının nefes gücünü, parmaklama tekniğini ve dudaklarının basıncını göz önünde bulundurarak sanal klarnetin çıkaracağı sesi hesaplayabilmektedir. Son adım olarak gerçek bir klarnet performansı bilgisayara “dinletilir” ve önceden hazırlanmış bilgisayar programı sanal klarnet modelinin aynı performansı ortaya çıkarmasını sağlayacak bir dosya üretir. Bu dosya ses bilgisi değil, sadece sanal çalgının yararlanacağı komutları içerdiği için çok az yer kaplamaktadır. Bu dosya sanal klarnet modeli tarafından geri çalındığında ortaya çıkan sonuç henüz mükemmel olmasa da, gerçek çalgıcının performansına çok yakın olduğu düşünülmektedir (Sherwood, 2011).

Bu teknik ile şu anda sadece solo çalgı performansları yeniden üretilmektedir, ancak Rochester Üniversitesi'nin Müzik Araştırmalar Laboratuvarı'nda Gordana Velikic ve Dave Headlam'ın yönettiği başka bir araştırma birden fazla çalgı içeren

kayıtlardaki algıları ayırıştırmaı hedeflemektedir. Bu iki teknik geliştirilip birleştirildiğinde çok çalgılı kayıtlar yeniden üretilebilecektir.

Bu teknik ile müzik performansları sadece birkaç kilobyte içine sığdırılabilse bile bu yöntemin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Öncelikle her bir çalgı için birer sanal model geliştirilmesi ve dosyaları okuyacak bilgisayarlarda bu modellerin bulunması gerekmektedir. Bilinen algılar dışındaki ses bilgileri bu yöntemle aktarılamayacağı için bu yöntem ile iletilecek eserler büyük ölçüde sınırlanacaktır. Akustik ölçüm teknikleri ve modelleme algoritmaları geliştirilmeye devam etse de, bir müzik kaydını bu yöntemle en küçük nüansına kadar yeniden üretmek yıllar sonra ulaşılabilir bir hedef olabilir. Ancak bu yöntem mükemmel hâle getirilirse, klasik müzik gibi algıları belli olan müzik türlerinin performanslarını paylaşmanın ve arşivlemenin en az bellek gerektiren yolu bu teknik olabilir.

3.2. Kayıpsız Kodlama Teknikleri

Kayıpsız ses kodlama teknikleri, ses bilgilerini hiçbir bilgi kaybına uğratmadan sıkıştırmayı amaçlamaktadır. Kayıpsız bir kodlama tekniğıyle sıkıştırılan ses dosyası tekrar çözüldüğünde orijinal ses dosyasının aynısı elde edilir. Kayıpsız ses sıkıştırma teknikleri, ses mühendisleri, müzisyenler ve ciddi müzik dinleyicilerinin ses dosyalarını eksiksiz bir şekilde arşivleme ihtiyaçlarından dolayı ortaya çıkmıştır. Ayrıca İnternet üzerinden ses dosyalarının aktarımı yaygınlaştıkça CD kalitesinde, sıkıştırılmamış dijital ses dosyalarının bu tür aktarımlar için fazla büyük oldukları fark edilmiştir. Arşivleme ve aktarım amaçları için ses dosyalarını küçültüp, buna rağmen hiçbir bilgi kaybı yaşamak istemeyen müzisyenler ve müzik dinleyicileri kayıpsız kodlama tekniklerine yönelmişlerdir.

Kayıpsız ses kodlama teknikleri ortaya çıkmadan önce genel amaçlı kayıpsız sıkıştırıcılar mevcuttu, ancak bu tip sıkıştırıcılar ile ses dosyaları üzerinde yeterince verim alınamamaktaydı. Bunun sebebi, ses dosyalarında her bir örneğın alabileceğı değerlerin çok çeşitli olmasıdır. Genel amaçlı bir sıkıştırma tekniğı ile bir metin dosyası rahatlıkla sıkıştırılabilir, çünkü bir metin dosyasında bir karakterin alabileceğı değerler çoğu dilde 122'yi geçmez (Sayood, 2003, 103). 16 bit derinliğinde bir ses dosyasında ise, bir örneğın alabileceğı değerler 32767 ile -32768

arasında değişebilmektedir. Ayrıca bir metinde kelime tekrarlarına sık rastlanmaktadır; bir ses dosyasında ise böyle bir şey söz konusu değildir. Lempel-Ziv gibi genel amaçlı sıkıştırma algoritmaları bir metin dosyasını çoğu zaman %50'den daha fazla sıkıştırabilirken, aynı algoritmalar bir ses dosyasını çok az sıkıştırabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı ses mühendisleri ses dosyalarına özel kayıpsız sıkıştırma teknikleri geliştirmeye başlamışlardır.

3.2.1. FLAC Kodlaması

FLAC (*Free Lossless Audio Codec*) formatı, baş kodlayıcısı Josh Coalson olmak üzere Xiph.Org kuruluşu tarafından 2001 yılından beri geliştirilmektedir. FLAC kayıpsız bir veri sıkıştırma algoritması kullanmaktadır ve PCM ses dosyalarını %50-%60 oranında küçülebilmektedir.

FLAC formatının en önemli özelliklerinden biri, açık kodlu olması ve telif ücreti gerektirmemesidir. FLAC çözücüleri içeren yazılımlar da ücretsiz olarak edinilebilmektedir. MP3 formatıyla karşılaştırıldığında, FLAC formatını destekleyen donanımlar az gibi gözükse de, kayıpsız ses sıkıştırma formatları arasında harici donanımlar tarafından en çok desteklenen formattır. Ayrıca FLAC dosyaları, kopyalamayı engelleme yöntemlerini desteklememektedir.

FLAC dosyaları üç ana bölümden oluşmaktadır. FLAC dosyasının ilk bölümü, dosyanın FLAC formatında kodlandığını belirtir. İkinci bölüm ise yan bilgi bölümüdür. Yan bilgi bölümü bloklardan oluşur ve kodlayıcı tarafından yeni bloklar eklenebilir. Blokların her biri istenilen uzunlukta olabilir. Geri kodlayıcı eğer bir bloğu tanımlayamazsa bir sorun çıkarmadan o bloğu atlar. Bu bloklardan sadece *streaminfo* isimli blok tüm FLAC dosyalarında bulunmak zorundadır. Bu blokta örnekleme sıklığı, kanal sayısı, minimum ve maksimum blok büyüklüğü gibi bilgiler bulunmaktadır. Bunların yanında, *streaminfo* bloğunda kodlanmamış ses sinyalinin MD5 imzası bulunur. Bu imza sayesinde dosya aktarımları sırasında aktarım hataları olup olmadığı kontrol edilebilir. Diğer bloklarda arama tabloları, etiketler, yazılı yorumlar, albüm kapakları gibi görsel öğeler, eser numaraları ve harici yazılımların kullanacağı bilgiler bulunabilir. FLAC formatı, sinyal içinde yapılan aramalar için arama noktalarına ihtiyaç duymaz, ama bu noktalar aramaları hızlandırabilir.

Yan bilgi bölümünden sonra kodlanmış ses bilgisi yer alır. Ses bilgileri ve yan bilgiler iç içe geçmiş değildir. FLAC kodlamasında ses bilgisi bloklara ayrılır ve tüm bloklar ayrı ayrı kodlanır. Kodlama sırasında kullanılan blok büyüklüğü önemli bir parametredir. Eğer fazla küçük bloklar kullanılırsa, kodlamanın sıkıştırma oranı düşecektir. Eğer fazla büyük bloklar kullanılırsa sıkıştırma algoritması ses sinyalini yeterince kaliteli bir şekilde modelleyemeyecektir.

Stereo ses sinyalleri FLAC kodlamasıyla sıkıştırılırken sağ ve sol kanallar, orta ve yan kanallara dönüştürülür. Bu dönüşüm için şu formül kullanılır: Orta = (Sol + Sağ) / 2, Yan = (Sol – Sağ). Bu dönüşüm gerçekleştikten sonra yapılan sıkıştırmalarda özellikle PCM ses dosyalarında yüksek verim alınmaktadır.

Kodlama sürecinde sinyal bloklara ayrıldıktan sonra, kodlayıcı, ses sinyalinin tahmini taslağını çıkartır ve bu taslak sıkıştırılarak saklanır. Daha sonra taslak sinyal, orijinal sinyalden çıkarılır ve geriye kalan ‘artıklar’ ayrıca kodlanır.

Kodlanmış bloklar, çerçeveler (*frame*) içine yerleştirilir. Bir FLAC ses dosyası bir veya daha fazla çerçeve içerebilir. Her bir çerçeve bir çerçeve başlığı (*frame header*) ile başlar. Bu başlıkta çözücünün ihtiyacı olan, örnekleme sıklığı, örnek başına kullanılan bit sayısı, kullanılan blok sayısı ve senkronizasyon kodu gibi bilgiler bulunur. Senkronizasyon kodu ve blok sayıları sayesinde, FLAC dosyalarında arama noktaları kaydedilmemiş bile olsa arama yapılabilir. Çerçevenin sonunda ise kodlama sırasında oluşabilen hatalara karşı bütün çerçeve için bir CRC (*cyclical redundancy check – döngüsel fazlalık denetimi*) kodu bulunur.

3.2.2. WavPack Kodlaması

WavPack kodlaması üzerinde ilk olarak 1998 yılında David Bryant tarafından çalışılmaya başlanmıştır. WavPack serbest lisanslı, açık kaynaklı, kayıpsız bir kodlama formatı olarak tasarlanmıştır ve hâlâ geliştirilmeye devam edilmektedir. WavPack kodlaması, 8, 16, 24 ve 32 bit derinliğindeki dosyaları WV dosyaları olarak sıkıştırabilmektedir. WavPack kodlamasının dosya sıkıştırma oranı %30 ve %70 arasında değişmektedir.

WavPack formatının en büyük özelliklerinden biri karma (*hybrid*) modunda kullanılabilmesidir. Karma modunda kullanıldığında, WavPack kodlaması sırasında iki dosya yaratılır. Biri .wv uzantılı, daha küçük, ama kayıplı bir ses dosyasıdır.

İkincisi ise .wvc uzantılı “düzeltme” dosyasıdır. Kayıplı dosya kendi başına kullanılabilir, ya da düzeltme dosyasıyla beraber kullanılıp kayıpsız ses elde edilebilir. Böylece aynı format ile kullanıcıların kodlama işleminden sonra bile kayıplı ve kayıpsız sıkıştırmalar arasında seçim yapmasına olanak sağlanmaktadır.

WavPack ilk olarak ses sinyali ortalama 0,5 saniye uzunluğunda bloklara böler. Bu bloklar mono veya stereo formatında olabilir. WavPack kayıpsız modda çalışırken bu blokları hiçbir bilgiyi atmadan, tam çözünürlükte sıkıştırır. Bu sıkıştırma işleminde kullanıcıya farklı seçenekler sunulur; dosya daha hızlı, ama daha az oranda veya daha yavaş, ama daha yüksek oranda sıkıştırılabilir.

Kayıplı modda ise diğer formatlardaki gibi alt bantlara ayırma veya psikoakustik maskeleyme teknikleri kullanılmaz. Bunların yerine hafif *noise* şekillendirmesi ve zaman düzleminde değişkenlerin nicemlenmesi teknikleri kullanılır. Kayıplı modda kullanılacak bit sıklığı kullanıcı tarafından seçilir.

Karma modda ise tek bir işlemle iki dosya birden elde edilir. Kayıplı dosya ve düzeltme dosyasının büyüklükleri aşağı yukarı aynıdır.

Sıkıştırma işlemi sırasında sağ ve sol ses kanalları birleşik stereo işlemesinden geçilir ve bu adım sırasında iki kanal arasındaki bağıntılar dosyadan atılır. Bu işleme sonucunda sağ ve sol kanalları yerine orta ve yan kanallar elde edilir ve bu kanallar kullanıcının seçimine göre kayıpsız veya kayıplı olarak sıkıştırılır.

WavPack kodlaması başka kodlamalara göre oldukça hızlı çalışabildiği için bu format İnternet üzerindeki akıcı (*streaming*) ses dosyalarını kodlamada verimli olarak kullanılabilir. Ayrıca WavPack formatı ID3v1 ve APE gibi etiketleri de desteklemektedir.

iPod ve iriver gibi donanımlar, Rockbox gibi üçüncü partilerin ürettiği yazılımların eklenmesiyle WavPack formatını destekleyebilmektedir.

3.2.3. Monkey’s Audio (APE) Kodlaması

Monkey’s Audio, Matthew T. Ashland tarafından geliştirilmeye başlanmış bir kayıpsız sıkıştırma formatıdır. Monkey’s Audio ses dosyalarını APE uzantısıyla, dosyaların harici bilgilerini ise APL uzantısıyla kaydeder.

Monkey's Audio formatının sıkıştırma oranı, FLAC ve WavPack gibi formatlara göre %3-5 oranında daha yüksektir (Heijden, 2011). Monkey's Audio'nun en büyük dezavantajı ise kodlama ve geri kodlama sırasında simetrik bir algoritma kullanmasıdır; yani geri kodlama sırasında donanımın işlemcisi oldukça yoğun bir şekilde çalışması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı sadece hızlı işlemcisi olan harici donanımlar Monkey's Audio formatını destekleyebilmektedir.

Monkey's Audio sıkıştırma işleminin ilk adımını ses sinyalinin sağ ve sol kanallarını orta ve yan kanallara çevirmek oluşturur. Sağ ve sol kanallar arasında çoğu müzik dosyasında benzerlik olduğu için Monkey's Audio bu benzerlikleri birleştirerek sıkıştırılmış bir orta kanal elde eder. Bunu başarmak için Monkey's Audio bir "tahmin" (*predictor*) algoritması kullanır ve orta ile yan kanallarda tekrar edilen gereksiz bilgileri eler. Bu adımdan sonra Monkey's Audio kodlama işlemi için Rice kodlamasının biraz daha gelişmiş bir hâlinin kullanır ve ses bilgilerini mümkün olan en az bit sayısını kullanarak kaydetmeye çalışır.

Monkey's Audio sıkıştırıcısı ücretsiz olarak indirilebilmektedir, ancak açık kaynaklı bir sıkıştırıcı değildir. Monkey's Audio'nun kaynağındaki telif hakları, FLAC formatının aksine, bu sıkıştırıcının Linux gibi ücretsiz projelerle beraber dağıtılmasını engellemektedir. Monkey's Audio öncelikle Windows sistemlerinde çalışacak şekilde geliştirilmiştir. Harici donanımlar, Rockbox gibi üçüncü parti yazılımlar aracılığıyla Monkey's Audio formatını destekleyebilse de, formatın kullandığı simetrik algoritma yüzünden çoğu donanım sadece en düşük sıkıştırma oranlarında bu formatı sorunsuz geri kodlayacak kapasitededir.

3.2.4. Apple Lossless (ALAC) Kodlaması

Apple Lossless Audio Codec (ALAC), Apple Inc. tarafından geliştirilmiş bir kayıpsız kodlama tekniğidir. Apple Lossless kodlamasıyla sıkıştırılmış ses bilgileri bir MP4 taşıyıcısının içinde, .m4a uzantısıyla kaydedilir; bu uzantı kayıplı AAC sıkıştırmasının kullandığı uzantıyla aynıdır, ancak iki sıkıştırma türü arasında uzantılarının aynı olması dışında bir benzerlik yoktur.

Apple Lossless sıkıştırması, FLAC formatına benzeyen bir lineer tahmin kodlaması ile sıkıştırma işlemini gerçekleştirir. Sıkıştırma oranı diğer kayıpsız sıkıştırma formatlarından çok farklı değildir; müzik içeren ses dosyalarının çoğu Apple

Lossless ile %40 ile %60 arasında sıkıştırılabilir. Apple Lossless sıkıştırması 16 ve 24 bit derinliklerini ve 5.1 gibi çoklu kanal formatları da desteklemektedir.

Apple Lossless'ın diğer kayıpsız sıkıştırma formatlarına göre en büyük avantajı, geri kodlama işlemindeki hızıdır. Bu adımda güçlü bir işlemciye ihtiyaç duymadığı için iPod ve iPhone'lar gibi küçük, harici donanımlar tarafından rahatlıkla kullanılabilir.

Apple firması, Apple Lossless sıkıştırıcısını 2004 yılından beri QuickTime güncellemeleriyle beraber kullanıcılara sunmaktadır. iTunes yazılımı, iPod ve iPhone donanımları Apple Lossless formatını desteklemektedir. Apple Lossless dosyalarına albüm görsellerini de içerebilen etiketler eklenebilmektedir.

Apple Lossless formatının en büyük dezavantajı, Apple firmasının ürettiği yazılımlar ve donanımlar haricinde sınırlı desteğe sahip olmasıdır. Apple firmasının Apple Lossless ile ilgili teknik bilgileri kullanıcılara sunmamış olmasına rağmen, üçüncü partiler ters mühendislik yöntemiyle Apple Lossless kodlayıcısını ve geri kodlayıcısını Libavcodec gibi açık kaynaklı, üçüncü parti *codec* kütüphanelerine entegre etmeyi başarmışlardır.

3.2.5. Windows Media Audio Lossless (WMAL) Kodlaması

Windows Media Audio Lossless, Microsoft tarafından geliştirilmiş ve 2003 yılından beri kullanıcılara sunulan bir kayıpsız sıkıştırma formatıdır.

Windows Media Audio Lossless, diğer kayıpsız sıkıştırma formatlarına göre orta hızda çalışan ve ortalama bir sıkıştırma performansı gösteren bir kodlama tekniğidir. En büyük özelliği Microsoft tarafından Windows Media Audio *codec* paketi içinde sunulmasıdır. Diğer Windows Media Audio ses dosyası formatları gibi, bu format da WMA dosya uzantısını kullanır. WMAL dosyaları altı ayrı ses kanalı içerebilmektedir. WMAL ile kodlanmış ses dosyaları, en yüksek kodlanma kalitesinde 24 bit derinliğine ve 96 kHz örnekleme sıklığına ulaşabilmektedir.

Windows Media Audio Lossless formatının en büyük dezavantajı, Windows temelli bilgisayarlar dışında çoğu donanım ve yazılım tarafından desteklenmemesidir. Bunun sebeplerinden biri, Microsoft'un WMAL kaynak kodunu kullanıcılara açmamasıdır.

3.2.6. OptimFROG Kodlaması

OptimFROG, Florin Ghido tarafından 2006 yılından beri geliştirilen bir kayıpsız sıkıştırma formatıdır. OptimFROG sıkıştırmasının geliştirilme amaçlarından biri, kayıpsız sıkıştırma teknikleri arasından en yüksek sıkıştırma oranını elde etmektir. OptimFROG'un yeni sürümleri kayıpsız sıkıştırma teknikleri arasında en yüksek sıkıştırma oranlarına sahiptir; dosya küçültme oranları %25 ile %70 arasında değişmektedir.

OptimFROG'un Windows, Mac ve Linux için geliştirilmiş farklı sürümleri bulunmaktadır ve birçok farklı üçüncü parti yazılımı tarafından desteklenmektedir. OptimFROG ID3v1 ve APEv2 etiketlerini de kullanabilmektedir. Harici donanımlar henüz OptimFROG formatını desteklememektedir.

OptimFROG'un dezavantajlarından biri açık kaynak kodlu olmamasıdır. Diğer eksiklikleri ise 5.1 gibi çoklu kanal formatlarını henüz desteklememesi ve yüksek sıkıştırma oranından dolayı kodlama ve geri kodlama işlemlerinde diğer kayıpsız sıkıştırma formatlarına göre daha yavaş olmasıdır.

OptimFROG diğer birçok kayıpsız sıkıştırma formatı gibi sağ ve sol kanalları orta ve yan kanallara çevirip, dosya büyüklüğünü küçültmek için sağ ve sol kanallar arasındaki benzerliklerden faydalanmaktadır.

OptimFROG'un diğer bir özelliği ise, OptimFROG DualStream adlı bir yan *codec*'le beraber kullanılabilmesidir. OptimFROG DualStream kayıplı bir sıkıştırma *codec*'idir. OptimFROG DualStream ile bir dosya sıkıştırıldığında, kayıplı dosyanın yanında bir "düzeltme" dosyası da yaratılır. Bu düzeltme dosyasıyla beraber kullanıldığında, OptimFROG DualStream ile sıkıştırılmış kayıplı dosya, kayıpsız OptimFROG sıkıştırmasına dönüştürülebilir. Bu özellik WavPack formatının karma (*hybrid*) sıkıştırma özelliğine benzemektedir.

3.2.7. Shorten (SHN) Kodlaması

Shorten kodlaması Tony Robinson tarafından geliştirilmiştir ve kayıpsız kodlama formatları arasında en eskilerinden biridir. Shorten artık geliştirilmemekte olmasına rağmen, ilk kayıpsız sıkıştırma tekniklerinden biri olduğu için hâlen bazı müzik dinleyicileri tarafından tercih edilmektedir.

Shorten dosyaları SHN uzantısını kullanmaktadır. SoftSound Limited şirketi Shorten formatının kaynak kodunun haklarına sahiptir, ama kaynak kodu ticari olmayan amaçlarda kullanılması şartıyla kullanıcılara sunulmuştur.

Shorten formatı dosyaları oldukça hızlı kodlayabilmektedir, ancak günümüzdeki diğer kayıpsız sıkıştırma formatlarına göre daha düşük sıkıştırma oranlarına sahiptir. Shorten formatı temel olarak Huffman kodlamasını kullanır. Bundan dolayı düşük ses genliği ve düşük frekans aralıklarına sahip ses dosyalarını daha yüksek oranlarda sıkıştırabilmektedir (Robinson, 2011).

Shorten formatı ilk adım olarak ses sinyali blokla ayırır. Bu blokların her biri 128 veya 256 örnekten oluşur. Bu bloklar, aralarından birbirini tekrar eden ses bilgileri çıkartılarak tekrar modellenir. Modellenmiş bloklar Huffman kodlaması ile kodlanır ve SHN dosyası oluşturulur. Shorten formatı, daha yeni kayıpsız sıkıştırma tekniklerinin yaptığı gibi ileri seviye sıkıştırma tekniklerini kullanmaz.

Shorten formatının diğer sıkıştırma formatlarına göre bazı dezavantajları vardır. Shorten formatının en büyük eksiği, sıkıştırılmış ses dosyalarının içinde aramaya izin vermemesidir; yani kullanıcılar SHN formatındaki ses dosyalarını başından başlayarak dinlemek zorunluluğundadır. Shorten kodlamasının diğer eksikleri ise 5.1 gibi çoklu kanal formatlarını desteklememesi, yüksek örnekleme oranlarının kullanımına izin vermemesi, İnternet üzerinden dinleme (*streaming*) özelliği olmaması ve müzik dosyaları için etiket kullanmamasıdır.

Tüm bu eksiklere rağmen Shorten formatının hâlen kullanılmasının sebebi, ilk kayıpsız sıkıştırma tekniklerinden biri olması ve özellikle canlı müzik kayıtlarında bir dönem sıklıkla tercih edildiği için birçok müzik dinleyicisinin arşivlerinde bu formatın kayda değer bir yer kaplamasıdır. Müzik dinleyicileri Shorten formatını kullanan müzik arşivlerini hâlâ sakladığı için üçüncü partiler bu formatı geliştiren ek paketler hazırlamışlardır. Bunlar arasında farklı yazılımların Shorten formatını desteklemesini sağlayan ve Shorten ile kodlanmış dosyalara arama özelliği ekleyen paketler bulunmaktadır. Günümüzde Libavcodec temelli *codec* paketleri Shorten formatını destekliyor olsa da, harici donanımların hiçbiri Shorten formatını desteklememektedir.

4. MÜZİK PAYLAŞIMI VE DAĞITIMI İÇİN YENİ YÖNTEMLER

4.1. Akıcı (Streaming) Müzik Dinleme Yöntemleri

Streaming yöntemi, ses veya görüntü gibi çoklu ortam bilgilerinin İnternet gibi bir ortam üzerinden dosya sağlayıcılarından kullanıcılara ulaştırılması ve kullanıcılar tarafından bu ses veya görüntülerin bilgi aktarımı sürerken izlenmesi veya dinlenmesi anlamına gelmektedir. *Streaming* yöntemi ile dosya indiriminin farkı, *streaming* ile iletilen bilgiler kullanıcıların bilgisayarında kaydedilmemesi ve bilgilerin çalımının veya oynatımının anında başlamasıdır. Çalım veya oynatım sırasında kopukluklar olmaması için dosya sağlayıcı ve kullanıcı arasındaki bağlantının yeterince hızlı olması gerekmektedir. Günümüzün İnternet hızları sayesinde *streaming* tekniği oldukça tercih edilen bir müzik dinleme yöntemi hâline gelmiştir. Hatta 2011 yılının *streaming* müzik dinlemenin yılı olacağı öngörülmektedir (Daley, 2011, 50). Ancak bu tekniğin arkasında tek bir firma veya tek bir isim bulunmamaktadır. Onlarca farklı müzik sağlayıcısı *streaming* tekniğini ve varyasyonlarını kullanarak kitlelere müzik eserlerini ulaştırmayı veya satmayı hedeflemektedir. *Streaming* teknolojisinin müzik dünyasında yaygınlaşması, kullanıcıların müzik dosyalarına sahip olmasının öneminin azalması ve bunun yerine kullanıcıların istedikleri anda istedikleri müzik eserini İnternet aracılığıyla dinleyebilmesi anlamına gelmektedir. Müzik dosyalarının indirilmesi yerine *streaming* teknolojisinin tercih edilmesi, müzik dinleme alışkanlıklarını etkileyen diğer tüm teknolojik gelişmeler gibi pürüzlü bir geçiş olacaktır.

Bu geçişin ses kalitesinde yaratacağı etkiler ise hâlen tartışılmaktadır. Müzik teknolojileri girişimcisi Robert Reams'e göre *streaming* teknolojisinden en verimli şekilde faydalanabilmek için müziği kodlama ve işleme tekniklerinin de değişmesi gerekmektedir (Daley, 2011, 52). Reams, MP3 gibi kayıplı sıkıştırma tekniklerindeki ses bozulmalarının ana sebebini müziğin sağ ve sol kanalları arasındaki zamansal ve boyutsal farklılıklar olarak görmektedir; sağ ve sol kanallar arasındaki aynı bilgi arasındaki 1 dB'lik fark bile kayıplı sıkıştırma *codec*'leri tarafından bir hata olarak

görölüp düzeltilmeye çalışılmaktadır. Oysa bu tür farklar sanatçının veya ses mühendisinin eseri oluşturma aşamasında bilinçli olarak yaptığı bir seçim olabilmektedir. Bu yüzden müziğin indirgenme (*mix*) aşamasının sonunda ortaya çıkan eseri *codec*'lerin değiştirmemesi gerekmektedir. Özellikle eski kayıtlarda kullanılan *mastering* masaları sağ ve sol kanalların senkronunu mükemmel bir şekilde sağlayamamış olabilmektedir. Bu durumlarda iki stereo kanal arasındaki bir örneklik gecikme bile (insan kulağı bunu bir hata olarak duymamasına rağmen) bazı *codec*'ler tarafından düzeltilmesi gereken bir hata olarak görülebilmektedir. Bu sebepten dolayı ses bilgilerinin *streaming* işleminden olabildiğince az kayıpla geçmesi için, daha önce bir *codec* tarafından kodlanmamış, temiz ses kayıtlarının kullanılması şarttır.

Kayıpsız sıkıştırma teknikleriyle kodlanmış ses dosyalarının günümüzdeki ses kalitesi çok yüksek olsa bile, *streaming* tekniğiyle müzik eserlerini bu formatta iletme için gerekli bağlantı hızlarına henüz kullanıcıların çoğunluğu tarafından ulaşılmamıştır ve yakın gelecekte ulaşılabileceği tahmin edilmemektedir. Özellikle cep telefonları aracılığıyla İnternete bağlanan ve müzik dinleyen kullanıcıların kayıpsız ses dosyalarının aktarımı için gereken bağlantı hızına sahip olması mümkün değildir. Ses bilgilerinin *streaming* tekniğiyle aktarılması için önce işlenmesi ve sıkıştırılması gerekmektedir. Bu adımda ses kalitesinin bozulmasının sebebi çoğu zaman müzik eserlerinin ortalama ses şiddetlerinin *mastering* aşamasında olabilecek en yüksek seviyeye çekilmesidir. Birçok plak şirketi ve ses mühendisi, kendi sanatçıların eserlerinin olabilecek en yüksek ses seviyesinde duyulmasını istedikleri için müzik dünyasındaki “ses şiddeti savaşı” (*loudness war*) hâlen devam etmektedir. Şirketler arası bu yarışın sonucunda birçok eser yüksek ses seviyeli, ancak düşük dinamik aralıklı kayıtlar olarak piyasaya sürülmektedir. *Mastering* aşamasında ses sinyalleri bu şekilde aşırı bastırılmaya (*over compression*) maruz kaldığında ortaya çoğu zaman kare ses dalgaları çıkmakta ve *clipping* adı verilen, dalgaların uç noktalarının kesilmesinden dolayı ortaya çıkan ses bozuklukları oluşmaktadır. Bu şekilde değişime uğramış ses sinyalleri kayıpsız ses formatlarında dinlendiğinde dinleyiciyi rahatsız etmese bile, çoğu *codec* ve işleme algoritması *clipping* etkisinin oluşturduğu armonikleri ve kare dalgaları kodlamakta zorlanmaktadır. *Streaming* tekniğini kesintisiz bir şekilde kullanabilmek için ses sinyalinin düşük bit sıklıklarında kodlanması gerekeceğinden, kodlama algoritmasının *clipping* içeren ses dalgalarını

işlemeye çalışırken oluşacak ses bozuklukları dinleyicileri rahatsız edecek düzeyde olacaktır. Bu yüzden *streaming* tekniğiyle dinlenen bir eserin dinleyiciye temiz bir şekilde ulaşması için, işlenmemiş ses sinyalinin de olabildiğince temiz olması gerekmektedir.

Streaming tekniğiyle ses dalgalarını şeffaf bir şekilde iletebilmek için kullanılan birden fazla *codec* olsa da, günümüzde en çok tercih edilen *codec*'ler yüksek bit sıklıklarında müzik aktarımı için AAC ve düşük bit sıklıklarında müzik aktarımı için HE-AAC formatlarıdır (Daley, 2011,54). AAC formatı tek bir *streaming* kanalı içinde 96 kHz'e kadar ses bilgilerini barındırabilen 48 ses kanalını ve 120 Hz'e kadar ses bilgilerini barındırabilen 16 düşük frekans kanalını destekleyebilmektedir. *Streaming* kanalının bit sıklığı ne kadar yüksek tutulursa ses kalitesi de o oranda yükselmektedir. HE-AAC (High Efficiency AAC) formatı ise 64 Kbps ve aşağısı gibi düşük bit sıklıklarında ses aktarımı için özel olarak tasarlanmıştır ve özellikle İnternet üzerinden *streaming* tekniğiyle yayın yapan radyo kanalları tarafından tercih edilmektedir. HE-AAC formatı dağılımsal bant çoğaltımı (*spectral band replication*) tekniğiyle üst frekansları yapay bir şekilde yeniden üretmektedir. Bu yüzden yüksek bit sıklıklarında kodlanmış AAC veya MP3 dosyalarının ses kalitesine ulaşamamaktadır, ancak 64 Kbps ve aşağısındaki bit sıklıklarında HE-AAC formatından yüksek verim alınmaktadır. Avrupa Yayın Birliği'nin (*European Broadcasting Union – EBU*) yaptığı duyum testlerine göre, 96 Kbps bit sıklığında iletilen AAC formatındaki müzik eserleri FM radyo kanallarının ses kalitesinden ayırtılamamaktadır. 128 Kbps bit sıklığında ise ses kalitesi müzik CD'lerinin ses kalitesine yaklaşmaktadır.

Müzik dünyası “akıcı” müzik dinleme modeline yaklaşırken, bazı firmalar ve ses mühendisleri müzik dosyalarını *streaming* için “önceden hazırlama” (*preconditioning*) adı verilen bir adıma tâbi tutmayı önermektedir. Bu adımda ses dosyaları *streaming* için kodlanmadan önce sinyalleri standartlaştıran ve *codec* için hazırlayan bir dizi işlemde geçecektir. Bu noktada tavsiye edilen işlemler, ses sinyalinin seviyesi düşükse seviyenin yükseltilmesi, sinyalin seviyesi fazla yüksekse en yüksek noktası *clipping* sınırına göre -3 dB'e indirilmesi ve yüksek frekans filtresinden geçirilmesidir. Örneğin 96 Kbps bit sıklığında iletilecek bir ses dosyasında 16 kHz'in üzerindeki frekanslar bulunmayacağı için, ses dosyası *streaming* için işlenmeden önce bu frekansların filtrelenmesi tavsiye edilmektedir.

Yayınlarını hem FM radyo, hem de *streaming* tekniğiyle dinleyicilerine sunan radyo kanallarının ilk düşüncesi, *streaming* ile ilettikleri ses sinyallerinin FM radyo yayınları gibi aşırı bastırılmasına gerek olmayacağı olmuştur. Böylece *streaming* tekniği ile sundukları müziğin FM radyo yayınına göre daha geniş bir dinamik aralığa sahip olacağı ve eserlerin orijinal kayıtlarına daha sadık kalınabileceği düşünülmüştür. Ancak çoğu kanal, *streaming* müzik dinleyicilerinin FM radyodan alışık oldukları ses seviyesini beklediğini fark etmiştir. Çoğu dinleyici radyo yayınlarını sessiz olmayan ortamlarda dinlediği için *streaming* radyo yayınlarının ses seviyelerini yetersiz bulmuştur. Bu sebeple radyo kanalları *streaming* yayınlarını da FM radyo yayınlarına yaptıkları gibi aşırı bastırma işleminden geçirip ses seviyesini yükseltmek zorunda kalmıştır, ancak bunun sonucunda yayınlanan müziğin dinamik aralığı ve bazı durumlarda ses kalitesi düşürülmek zorunda kalmıştır.

4.1.1. Myspace

2003 yılında kurulan Myspace, en eski paylaşım sitelerinden ve sosyal ağlardan biri olmuştur. Myspace, eUniverse firması tarafından ilk tasarlandığında bir dosya saklama ve paylaşım sitesi olarak düşünülmüştür, ancak 2004 yılında aynı zamanda bir sosyal ağa dönüştürülmesine karar verilmiştir.

Myspace üyeleri sadece müzisyenlerden oluşmamaktadır; isteyen tüm kullanıcılar siteye üye olduktan sonra kendi Myspace sayfalarını açabilmektedir. Ancak Myspace'i diğer sosyal ağ sitelerinden ayıran özelliği müzik profilleri olmuştur. Büyük şirketlere bağlı olan müzisyenler de, kendi evlerinde kayıt yapan amatör müzisyenler de aynı şekilde Myspace üzerinde kendi sayfalarını oluşturup istedikleri eserleri siteye yükleyebilmektedir. Yüklenen şarkılar tüm Myspace ziyaretçileri tarafından *streaming* tekniğiyle dinlenebilmektedir.

Myspace MP3 formatındaki müzik dosyalarının yüklenmesine izin vermektedir ve *streaming* işleminden önce dosyaları kendi *codec*'i ile işleyerek 96 Kbps bit sıklığında çalmaktadır. Bu sebepten dolayı bazı müzisyenler ve dinleyiciler Myspace'in ses kalitesini yeterli bulmamaktadır. Buna rağmen Myspace türünün ilk örneği olduğu için 2006 yılında 100 milyondan fazla kullanıcısı olmuştur (Barnett, 2011).

Myspace hem dinleyicilerin yeni müzisyenleri keşfedebileceği, hem tanınmamış müzisyenlerin eserlerini paylaşabileceği, hem de ünlü müzisyenlerin kendi reklamlarını yapabileceği ve eserlerini satabileceği bir müzik ağı hâline gelmiştir. Plak şirketleri yüz binlerce sanatçıyı Myspace üzerinden keşfetmiştir.

Myspace üyelerinden ücret alınmadığı için site üzerinde kullanıcıya özel reklamlar yayınlanmaktadır. 2008 yılına kadar hızla büyümeye devam eden Myspace, 2008 sonrasında aktif üye sayısında düşüşe geçmiştir. Bunun sebebi başta Facebook olmak üzere başka sosyal ağların kullanıcılara daha temiz ve kullanımı kolay bir tecrübe sunması olmuştur. Myspace ekibi sitelerini Youtube, Twitter, Facebook gibi diğer sosyal ağ siteleriyle beraber çalışabilir hâle getirirse de, Myspace 2010 yılı içerisinde on milyon üye kaybetmiştir (Barnett, 2011).

4.1.2. Last.fm

Last.fm günümüzde *streaming* teknolojisini kullanan en yaygın sitelerden biridir. 2002 yılında İngiltere’de kurulan Last.fm’in 40 milyondan fazla aktif kullanıcısı olduğu tahmin edilmektedir. Last.fm’in müzik kütüphanesinde kullanıcıların *streaming* teknolojisiyle dinleyebileceği 7 milyondan fazla müzik eseri bulunmaktadır. Last.fm aynı zamanda kullanıcıların sanatçılar hakkında bilgi alabileceği ve yorum yapabileceği bir sosyal ağ görevi de üstlenmektedir. Last.fm’in en büyük özelliği ise, kullanıcıların kendi bilgisayarlarında veya Last.fm radyosu aracılığıyla dinlediği sanatçıların ve eserlerin listesini kaydedip, kullanıcıların dinleme zevklerine göre kullanıcılara yeni sanatçılar tavsiye etmesidir. Bu da Last.fm aracılığıyla müzik dinlemeyi tek taraflı bir işlem değil, interaktif bir süreç hâline getirmektedir.

Last.fm sitesi sadece müzik dinleyicileri arasında değil, müzisyenler arasında da çok kullanılmaya başlamıştır. Bir şirketle anlaşması olmayan müzisyenler bile Last.fm üzerinde kendi sayfalarını yaratıp istedikleri müzik eserlerini siteye yükleyebilmektedir. İsteyen dinleyiciler bu eserleri dinleyebilmekte, hatta bu eserler kullanıcıların kişiye özel Last.fm radyolarında çalabilmektedir. Böylece yeni sanatçılar ve eserleri dünya çapındaki farklı dinleyiciler tarafından keşfedilebilmektedir.

Last.fm 2007 yılında Warner Music ve Sony BMG plak şirketleriyle anlaşmıştır. Bu anlaşma karşılığında bu plak şirketlerinin kataloglarındaki tüm eserler Last.fm üzerinden dinlenilmeye sunulmuştur. Ancak 2008 yılında Warner Music bu anlaşmayı iptal etmiş ve sanatçıların eserlerinin Last.fm sitesinden kaldırılmasını istemiştir.

2009 yılına kadar ücretsiz hizmet veren Last.fm, 24 Mart 2009 tarihinde Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere ve Almanya dışındaki ülkeler için ücretli bir sisteme geçmiştir. Bu sisteme göre bu ülkelerin dışında yaşayan kullanıcıların Last.fm radyosunu dinleyebilmek için €3.00 aylık ücret ödemeleri gerekmektedir. Bu gelişme birçok ülkede Last.fm kullanımının azalmasına sebep olmuştur.

Last.fm *streaming* tekniği için yüklenen müzik eserlerini 128 Kbps bit sıklığında, LAME *codec*'ini kullanarak MP3 formatında kodlamaktadır. Bazı dinleyiciler bu kodlamayı *streaming* tekniği için yeterli bulurken, birçok dinleyici ise Last.fm'in kuruluşundan beri ses kalitesini arttırmamasından şikâyet etmektedir.

4.1.3. Spotify

İsveç temelli müzik sitesi Spotify, günümüzde en hızlı gelişen *streaming* müzik sunucularından biridir. 2008 yılında kurulan Spotify henüz İsveç, Finlandiya, Fransa, Hollanda, Norveç, İspanya ve İngiltere'ye hizmet vermektedir, ancak sitenin hizmetlerinin Avrupa'nın geri kalanına ve Amerika'ya yayılması için çalışmalar sürmektedir. Spotify'nın on milyondan fazla kullanıcısı olduğu tahmin edilmektedir. Spotify müzik kütüphanesi Sony BMG, EMI, Warner Music ve Universal gibi büyük plak şirketleri ile bağımsız şirketlerin kataloglarından beslenmektedir.

Spotify kullanıcıları siteye iki şekilde üye olabilmektedir. Ücretsiz üyeliği tercih edenler eserlerin arasında görsel ve duysal reklamlarla karşılaşmaktadır. Ücretli üyeliği tercih edenler ise reklamlarla karşılaşmamaktadır, daha yüksek bit sıklığında *streaming* müzik kanallarına erişebilmektedir ve istedikleri eserleri İnternet bağlantısı olmadan dinleyebilme hakkına sahiptirler. Mart 2011'de Spotify Avrupa çapında bir milyondan fazla ücretli üyeliğe sahip olan kullanıcısı olduğunu beyan etmiştir.

Spotify 14 Nisan 2011 tarihinde yaptığı açıklamayla ücretsiz üyeliğe sahip olan dinleyicilere bazı sınırlamalar getirileceğini belirtmiştir. Bu sınırlamalar arasında

üyelerin Spotify'nın *streaming* tekniği ile ayda en fazla on saat müzik dinleyebilecekleri ve bir eserin beş kereden fazla dinlenemeyeceği bulunmaktadır. Ücretli üyeliğe sahip olan dinleyiciler bu değişimden etkilenmeyecektir.

Spotify'da günümüzde 13 milyondan fazla eser bulunmaktadır ve müzik kütüphanesine her gün yaklaşık on bin eser eklenmektedir. Spotify ayrıca Last.fm ile beraber kullanılabilir; böylece Last.fm kullanıcıların müzik zevkine göre sanatçı tavsiyelerinde bulunurken kullanıcıların Spotify üzerinde dinlediği eserleri de göz önünde bulundurabilmektedir.

Kullanıcılar istedikleri eserleri Spotify üzerinden satın alma hakkına da sahiptir. Kullanıcılar kredi kartı ile satın aldıkları eserleri MP3, Ogg Vorbis veya AAC formatında bilgisayarlarına indirebilmektedir.

Spotify'nın *streaming* tekniği için kullandığı format Ogg Vorbis kodlamasıdır. Ücretsiz üyeliğe sahip olan kullanıcılar eserleri 160 Kbps bit sıklığında kodlanmış bir şekilde dinlerken, ücretli üyeliğe sahip olan kullanıcılar tercih ettikleri takdirde eserleri 320 Kbps bit sıklığında dinleyebilmektedir. Spotify İnternet üzerinden *streaming* teknolojisiyle müzik dinleme hizmeti sunan siteler arasında en yüksek bit sıklığı ile kodlamaya sahiptir.

Spotify yazılımı Microsoft Windows ve Mac OS X işletim sistemleri üzerinde çalışmaktadır. Ayrıca Spotify'nın iPhone ve Android gibi harici donanımlar aracılığıyla da kullanılabilmesini sağlayan resmî eklenti paketleri bulunmaktadır.

4.1.4. Pandora

Pandora henüz sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşayan dinleyicilerin kullanabildiği, 2007 yılından beri hizmet sunan bir İnternet radyosudur. Kullanıcılar Pandora üzerinden *streaming* tekniği ile müzik dinlerlerken istedikleri eserleri veya albümleri İnternet üzerinden satın alabilirler veya dinledikleri eserlere göre Pandora'nın onlara yeni bir sanatçı tavsiye etmesini isteyebilirler. Tavsiye edilen sanatçılar ve eserler dört yüzden fazla müzikal özellik göz önünde bulundurarak seçilmektedir. Bu özellikler arasında eserin tonalitesi, vokal armonilerinin kullanımı, ritimlerdeki senkoplar ve çalgıcıların virtüözlüğü gibi kıstaslar bulunmaktadır.

Pandora kullanıcıları reklamlar içeren ücretsiz üyeliği veya reklam bulundurmeyan ücretli üyeliği tercih edebilmektedir. Ücretsiz üyeliği tercih eden kullanıcıların

Pandora üzerinden ayda 40 saat müzik dinleyebilme hakkı bulunmaktadır. Dinleyiciler bu sınıra ulaştıktan sonra \$0.99 ödeyerek o ay için sınırsız müzik dinlemeye devam edebilmektedir.

Pandora'nın müzik kütüphanesinde bir milyondan fazla eser bulunmaktadır ve 48 milyondan fazla kullanıcısı olduğu tahmin edilmektedir. Dinleyiciler kişiye özel oluşturulmuş Pandora radyosunu dinlerken o anda alan eseri beğenip beğenmediklerini işaretleyebilmektedir. Böylece Pandora beğenilen eserleri ve benzerlerini o kullanıcı için daha çok alacaktır ve beğenilmeyen eserin alımını durduracak ve bir daha almayacaktır.

Dinleyiciler Pandora üzerinden istedikleri eseri istedikleri anda dinleme şansına sahip değildirler. Pandora kişiye özel bir radyo hizmeti sunmayı hedeflediği için, kullanıcının tercih ettiği ve tercihlerine yakın müzik tarzları alınmaktadır. Bu sistem bazı kullanıcılar için kısıtlayıcı olsa da, kullanıcıların daha önce dinlemediği eserleri ve sanatçıları keşfetme şansları artmaktadır.

Pandora 2008 yılına kadar *streaming* tekniği için 128 Kbps bit sıklığında MP3 kodlamasını kullanmıştır. 2008'den sonra İnternet radyoları için daha verimli olduğu düşünülen HE-AAC kodlaması kullanılmaya başlamıştır. Pandora iPhone, iPad, Android ve BlackBerry gibi harici donanımlar aracılığıyla da kullanılabilir.

Pandora Avrupa ülkelerine de hizmet verebilmek için 2008 yılından beri plak şirketleriyle görüşme halindedir. Avrupa'da İnternet üzerinden hizmet sunan ücretli siteler hâlen yeterince ilgi görmediği ve Avrupa'da plak şirketlerine ödenmesi gereken telif hakları Amerika'ya göre daha yüksek olduğu için bu görüşmeler henüz bir sonuca bağlanamamıştır.

4.1.5. Grooveshark

Grooveshark 2007 yılından beri geliştirilen, uluslar arası hizmet veren bir müzik arama motoru ve *streaming* sitesidir. Kullanıcılar hiçbir ücret ödemeden ye olabilmekte, istedikleri eserleri siteye yükleyebilmekte ve *streaming* tekniğiyle dinleyebilmektedir. Grooveshark'ın beş milyondan fazla kullanıcısı olduğu ve Grooveshark üzerinden ayda elli milyondan fazla eserin dinlendiği tahmin edilmektedir.

Grooveshark, Pandora'ya benzer bir sistemle kişiye özel radyo kanalları oluşturabilmektedir. Kullanıcılar dinledikleri eserleri beğendiklerini veya beğenmediklerini belirttikçe Grooveshark kullanıcıların zevkine hitap edecek sanatçıları ve eserleri tavsiye etmektedir. Bu özelliğin yanı sıra, Pandora'nın tersine Grooveshark'ta kullanıcılar kendilerinin veya başka kullanıcıların daha önce yüklediği eserler arasından istediklerini dinleyebilmektedir. Grooveshark'a ücretsiz üye olunabilmektedir.

Grooveshark'a yüklenen eserler 192 Kbps bit sıklığında ve MP3 formatında kodlanmaktadır. Bu da Grooveshark'ı popüler *streaming* siteleri arasında Spotify ile birlikte en yüksek ses kalitesinde sitelerden biri yapmaktadır.

Diğer birçok müzik ve video paylaşım sitesine olduğu gibi Grooveshark'a da birden fazla kere telif hakkı ihlali davası açılmıştır. Grooveshark'a 2009'un Mayıs ayında dava açan plak şirketi EMI, aynı yılın Ekim ayında davadan vazgeçip Grooveshark ile anlaşmayı tercih etmiştir. Bu anlaşmaya göre EMI şirketine telif hakları ödendiği sürece şirketin katalogundaki sanatçıların eserleri Grooveshark üzerinden sunulmaktadır. Grooveshark birçok plak şirketiyle bu tür anlaşmalar yapmaya devam etmiştir. Ancak Universal Music gibi henüz anlaşma yapmadığı bazı büyük plak şirketlerinin Grooveshark'a karşı açtığı davalar hâlen sürmektedir.

4.2. Çoklu Ortam Paylaşım Siteleri ve Sosyal Ağlar

Günümüzde hızla yaygınlaşan müzik paylaşım yöntemlerinden biri, aslında müzik paylaşımı için tasarlanmamış siteleri kullanmaktır. Youtube, Dailymotion, Vimeo gibi popüler video paylaşım sitelerinin kullanıcıları bu siteleri müzik paylaşımı ve müzik dinleme amaçlı olarak kullanmaya başlamıştır. Görüntü kanalının önemli olmadığı bir videoya bir müzik eserinin eklenmesiyle bu siteler çoğu zaman telif haklarını ihlâl eden müzik kütüphanelerine dönüştürülmüştür. Bu uygulamanın yaygınlaşmasında Facebook gibi sosyal ağlarda bu sitelere yüklenmiş olan videoların paylaşılabilmesi de büyük etken olmuştur. Böylece kullanıcılar bu sitelerin herhangi birinde istedikleri müzik eserini içeren ve çoğu zaman görüntü kanalı sadece eserin isminden oluşan videoları oynatarak müzik dinleyebilmektedir.

Bu yöntemin birçok kullanıcı tarafından tercih edilmesinin sebebi ancak günümüz müzik dinleyicilerinin kolay olanı tercih etmesine bağlanabilir. Kullanıcılar sosyal ağlar ve video paylaşım sitelerinde zaten vakit geçirdiklerinden, müzik dinlemek için ayrı bir site veya yöntem kullanmaktansa o anda bulundukları site üzerinde bir düğmeye basmayı tercih etmektedirler. Bu tekniğin müzik paylaşımındaki sağladığı kolaylık ve hız yadsınamazsa da, bu şekilde müzik dinlemenin dezavantajları da büyüktür.

Bu gibi sitelerde müzik eserlerini içeren videoları kullanıcılar yüklediği için çoğu zaman telif hakları ihlâl edilmektedir ve şirketlerin bu ihlâlleri denetlemesinin bir yolu henüz bulunamamıştır. Siteleri kapatmak söz konusu olmadığı için bazı şirketler kendi kataloglarındaki sanatçıların eserlerini izinsiz barındıran videoları sildirme yöntemini tercih etmiştir, ancak bu da geçici bir çözüm olmuştur, çünkü silinen her videonun yerini aynı müzik eserini içeren birkaç yeni video almaktadır.

Telif hakları ihlâlleriyle beraber video paylaşım sitelerinin müzik dinleme kültürüne olan en büyük zararı, bu sitelerin dinleyicileri düşük ses kalitelerine alıştırması olmuştur. Müzik dinleme amacıyla tasarlanmamış olan bu sitelerde videoların ses kanalları kodlanırken çoğu zaman kodlama ve *streaming* hızını ses kalitesinin önünde tutan *codec*'ler kullanılmaktadır. Youtube'a yüklenen videolar kodlanırken videonun görüntü kalitesi ses kalitesini de belirlemektedir. Kullanıcılar yükledikleri videonun ses kanalının hangi özelliklerde kodlanacağını seçememektedir. Youtube çoğu videonun ses kanalını 96 Kbps veya daha düşük bir bit sıklığında kodlamaktadır ve tüm ses kanallarını aşırı sıkıştırma işlemine tâbi tutmaktadır. Sonuçta elde edilen ses kanalı çoğu zaman detayları kaybolmuş, *distortion* içeren ve bas veya tiz frekansları filtrelenmiş bir sinyalden oluşmaktadır. Dailymotion ve Vimeo gibi siteler ortalama olarak Youtube'dan daha yüksek bit sıklıklarını kullansa bile bu siteler de çoğu zaman videoların ses sinyallerini değiştirmekte ve bozmaktadır. Bu yüzden bu sitelere yüklenen müzik eserleri sosyal ağlar aracılığıyla paylaşıldığında yüz binlerce kullanıcı eserlerin otantik hâllerini değil, çoğu zaman kalitesiz reproduksiyonlarını dinlemektedir.

Öte yanda müzik paylaşımı amacıyla tasarlanmış ve yasal olarak işleyen çoklu ortam paylaşım siteleri de bulunmaktadır. Sutros, ccMixter, Jamendo gibi siteler müzisyenlerin eserlerini kendi sitelerine yüklemelerini teşvik etmektedir ve bu eserler siteye yüklendiklerinde yeniden kodlanmamaktadır. Eğer bir müzisyen bir

eserini 192 Kbps bit sıklığında ve MP3 formatında yüklerse eser siteye bu şekilde kaydedilecek ve dinleyiciler o eseri bu kodlamayla dinleyebilecektir. Böylece eserin kodlamasını müzisyenler belirleyebilmektedir. Bu sitelere yüklenen eserler Creative Commons (CC) lisansına sahip olmaktadır. Bunun anlamı, eserin telif haklarının müzisyende kalması ve eser sahibinin kim olduğu belirtildiği sürece eserin telif hakları yasalarını ihlâl etmeden ücretsiz bir şekilde indirilebilmesi, dinlenebilmesi ve paylaşılabilmesidir. Bir şirketle anlaşması olmayan birçok müzisyen eserlerinin yasal bir şekilde daha geniş kitlelerce dinlenebilmesi için Creative Commons lisansını kullanmayı tercih etmektedir. Bu sitelere yüklenen eserler de sosyal ağlarda paylaşılabilmektedir, ancak bu tip siteler henüz video paylaşım sitelerinin kullanım yaygınlığına ulaşamamıştır.

4.3. Müzisyenlerin Eserlerini Dinleyicilere İnternet Üzerinden Sunması

Bu tezde bahsedilen gelişmeler sonucunda müzisyenleri, dinleyicileri ve müzik endüstrisinin diğer parçalarını birbirlerinden ayıran koyu çizgiler son on yılda bulanıklaşmış ve yer yer kaybolmuştur. Yeni sıkıştırma teknikleri sonucu müzik dosyalarının İnternet ortamında kolayca dağıtılabilmesi ve buna izin veren ve destekleyen sitelerin yaygınlaşması sonucu, müzisyenler ve dinleyicilerin arasında 20. yüzyılın ortalarında oluşan mesafe tekrar kapanmaya başlamıştır.

Müzisyenler artık istedikleri takdirde müzik endüstrisine ve plak şirketlerine ihtiyaç duymadan dinleyicilere ulaşabilmektedirler. Daha çok kişiye daha kısa yoldan ulaşabilmek müzisyenlerin yaptığı işlerin manevi getirisini arttırsa da, bazı durumlarda maddi getirilerini azaltmıştır. Dinleyiciler ise bu değişimlerden en kazançlı çıkan kesim olarak gözükmektedirler. Bir müzikseverin her zamankinden daha fazla sanatçıya istediği anda ulaşabilmesi, tanımadığı milyonlarca müzisyene erişebilmesi, herhangi bir sanatçı hakkında kolaylıkla bilgi sahibi olabilmesi ve bir sanatçının tüm yaptıklarından haberdar olması artık doğal karşılanmaktadır. Günümüz müzik dünyasındaki en büyük farklılık ise bir anlayış değişikliğidir; elli yıl önce müzik, ulaşılması imkânsız müzisyen figürlerinin belirli aralıklarla dinleyicilere sunduğu ve dinleyicinin bir ücret karşılığı ulaşabileceği hediyeler olarak görülmekteydi. Bugün ise müzik, birçok dinleyici tarafından bir hak olarak görülmektedir. Ortalama bir müzik dinleyicisi artık evinden bile çıkmadan ve çoğu

zaman bir ücret ödemeden istediği müziği dinleyebilmektedir ve bunu normal karşılamaktadır.

Bu yeni müzik anlayışı ve müzisyen ile dinleyicilerin arasındaki mesafenin kapanması, müzik dünyasını yeni bir devrim sürecine sokmuştur. Birçok müzisyen bu durumda yapılabilecek en mantıklı hareketin müzisyen ile dinleyiciler arasında aracı görevi gören plak şirketlerini devreden çıkarmak olduğuna karar vermiştir. Bu şekilde müzisyenler müzik endüstrisiyle yaptıkları ve maddi ve manevi olarak kârlı çıkamadıkları anlaşmalara saplanmaktansa, oyunu kendi kurallarına göre oynamayı hedeflemişlerdir.

İngiliz grubu *Radiohead* popüler müzik dünyasında bir ilki gerçekleştirerek *In Rainbows* isimli albümünü 2007 yılında kendi İnternet sitelerinden MP3 formatında dinleyicilere sunmuştur ve albümü indiren dinleyicilerden “içlerinden geldiği miktarda” ödeme yapmaları istenmiştir. Tercih eden dinleyicilerin hiçbir ödeme yapmadan da albümü indirmelerine izin verilmiştir. Böylece müzisyenler albümün üretimini, çoğaltımını ve dağıtımını hiçbir plak şirketiyle anlaşma yapmadan kendileri üstlenmiş olmuştur.

Ancak bu girişim bazı kişiler tarafından birkaç nedenden ötürü yetersiz bulunmuştur. Dinleyicilere müziğin yalnızca MP3 formatında sunulması ses kalitesinden ödün verilmesi zorunda olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca birkaç ay sonra aynı albüm CD formatında müzik dükkânlarında satılmaya başladığında bu kampanya durdurulmuştur ve grubun vokalisti Thom Yorke bu girişimin sadece bir kerelik yapılmış bir deney olduğunu açıklamıştır. Bir deney olarak da kalsa *In Rainbows* albümünün İnternet üzerinden satışı bir ilk olarak müzik tarihine geçmiştir ve müzisyenleri dinleyicilere biraz daha yaklaştırmıştır. *Radiohead* grubunun basın danışmanının yaptığı açıklamaya göre albümü indirenlerin yaklaşık üçte biri bir ödeme yapmamayı seçmiştir ve ödeme yapan dinleyicilerin albüm için ödemeyi tercih ettikleri ortalama miktar £4 olmuştur (Sherwin, 2007).

Günümüzde öncü girişimlerde bulunan müzisyenlerin en önemlilerinden biri, yirmi yıldır *Nine Inch Nails* adı altında elektronik ve endüstriyel müzik yapan Trent Reznor olmuştur. Reznor yaptığı müzik dolayısıyla zaten teknolojiyle iç içe olduğunu ve kendisi ile dinleyicileri arasında müzik endüstrisinin oluşturduğu duvarlardan kurtulmak istediğini sıklıkla belirtmektedir ve son yıllarda müziğini

paylaşmak adına farklı yöntemler denemiştir. Bağlı olduğu tüm müzik şirketleriyle 2007 yılında ilişkisini kesen Trent Reznor, 2008 yılında dört saate yakın müzik barındıran *Ghosts I-IV* adlı albümünü kendi İnternet sitesinden dinleyicilere sunmuştur. Dört bölümden oluşan albümün ilk bölümü ücretsiz olarak indirilebilirken, tüm albümü indirmek için \$5 istenmektedir. Albüm MP3, FLAC veya WAV formatlarında indirilebildiği için tüm dinleyiciler albümü tercih ettikleri format ve kalitede dinleyebilme şansına sahip olmuşlardır. Ayrıca tercih edenler için albüm aynı zamanda İnternet sitesi üzerinden CD ve plak formatlarında da satışa sunulmuştur.

Bunlardan daha önemlisi, Trent Reznor bu albümünü Creative Commons (CC) lisansı ile piyasaya sürmüştür. Bunun anlamı, eser sahibinin kim olduğu belirtildiği sürece eserin telif hakları yasalarını ihlâl etmeden paylaşılabilmesidir. Reznor, eserini Creative Commons lisansı ile piyasaya sürerek müziği paylaşmanın müzik severlerin doğal hakkı olduğu fikrini desteklemiştir.

Reznor bir sonraki albümü *The Slip*'i ise tamamen ücretsiz olarak dinleyicilerine İnternet sitesi üzerinden sunmuştur ve bu albümü dinleyicilerine hediye ettiğini belirtmiştir. Reznor'ın 2008 yılında aldığı en büyük karar ise son albümlerindeki parçalarında kullandığı tüm seslerin ve eserlerin kanallarının çiğ halleriyle indirilebilmesine izin vermek olmuştur. Reznor'ın eserlerini işlenmemiş ses dosyaları olarak indiren dinleyiciler ve müzisyenler bu dosyaları kendi evlerindeki müzik programlarında açarak o eserlerin nasıl oluştuğunu inceleyebilmişlerdir ve böylece stüdyoda gerçekleşen sihri dinleyicilerden gizleyen perde kalkmıştır. Dinleyiciler bunu bir adım öteye taşıyarak Reznor'ın eserlerindeki seslerle oynayarak, işleyerek ve yerlerini değiştirerek kendi zevklerine göre bu eserleri yeniden yaratmışlardır ve kendi üretimlerini Reznor'ın sitesine yükleyerek Reznor ve diğer dinleyicilerle paylaşmışlardır. Böylece eserlerin “bitmiş” hâllerini müzisyenler değil, dinleyiciler belirleyebilmiştir.

5. SES KODLAMALARI DUYUM TESTİ

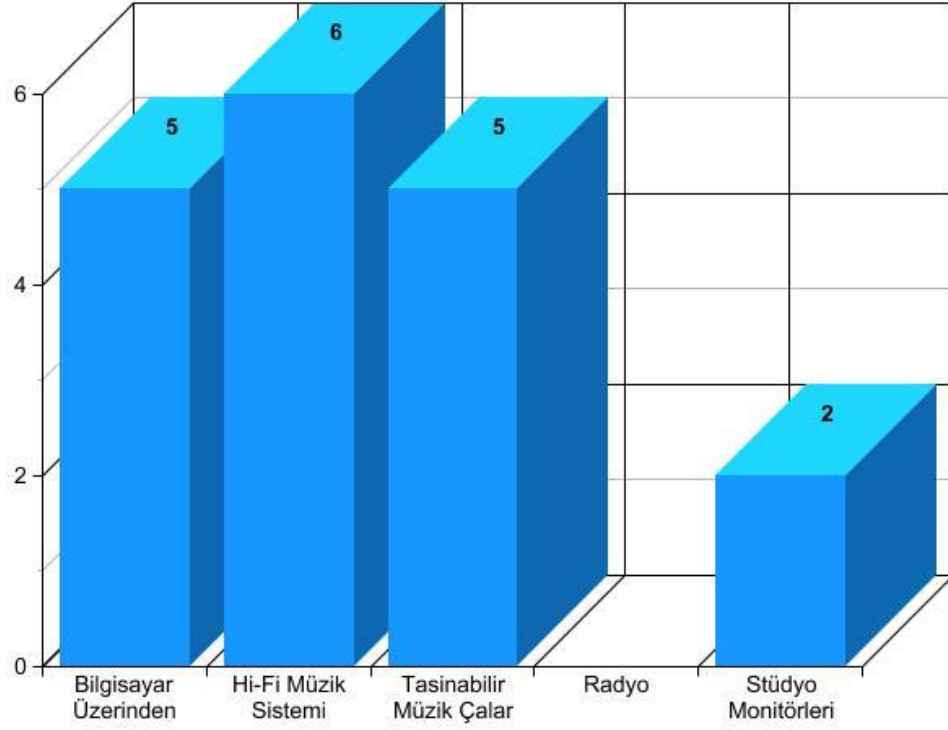
Bu bölümde dinleyicilerin ve müzisyenlerin farklı ses kodlama formatlarına verdikleri tepkileri incelemek amacıyla yapılmış kör duyum testlerinin sonuçları incelenecektir. Testler 2011 yılı Nisan ve Mayıs ayları süresince, kontrollü bir stüdyoda gerçekleşmiştir. Test katılımcılarına müzisyen mi, yoksa sadece dinleyici mi oldukları ve en çok hangi ortam üzerinden müzik dinledikleri sorulmuştur. Teste 22 dinleyici, 18 müzisyen katılmıştır. Katılımcılara duyum testleri ayrı ayrı uygulanmıştır. Katılımcılara öncelikle Michael Jackson'ın *Billie Jean* adlı eseri Red Book audio CD formatında dinletilmiştir ve dinledikleri eserin audio CD formatında olduğu ve bu kaydı referans olarak almaları söylenmiştir. Bundan sonra aynı eser karışık sırayla MP3, Ogg Vorbis, FLAC, Red Book audio CD, Myspace ve Youtube kodlamalarıyla dinletilmiş, dinledikleri kayıtların hangi formatta kodlanmış olduğu söylenmemiş ve her kodlamanın ses kalitesine 0-5 arasında bir puan vermeleri istenmiştir. İsteyen katılımcılara kodlamalar tekrar dinletilmiştir.

Duyum testleri yalıtımlı bir stüdyo ortamında, AKG K271 stüdyo referans kulaklıklarıyla yapılmıştır. İsteyen dinleyiciler kodlamaları ayrıca Alesis M1 Active Mk II stüdyo referans monitörleriyle de dinlemiştir. Formatların kodlama özellikleri günümüzde en çok kullanılan özelliklere göre seçilmiştir; MP3 ve Ogg Vorbis formatları için 128 Kbps bit sıklığı, FLAC ve Red Book audio CD için 16 bit derinliği ve 44.100 Hz örnekleme sıklığı, Myspace ve Youtube kodlamaları için ise sitelerin standart seviyedeki kodlamaları tercih edilmiştir.

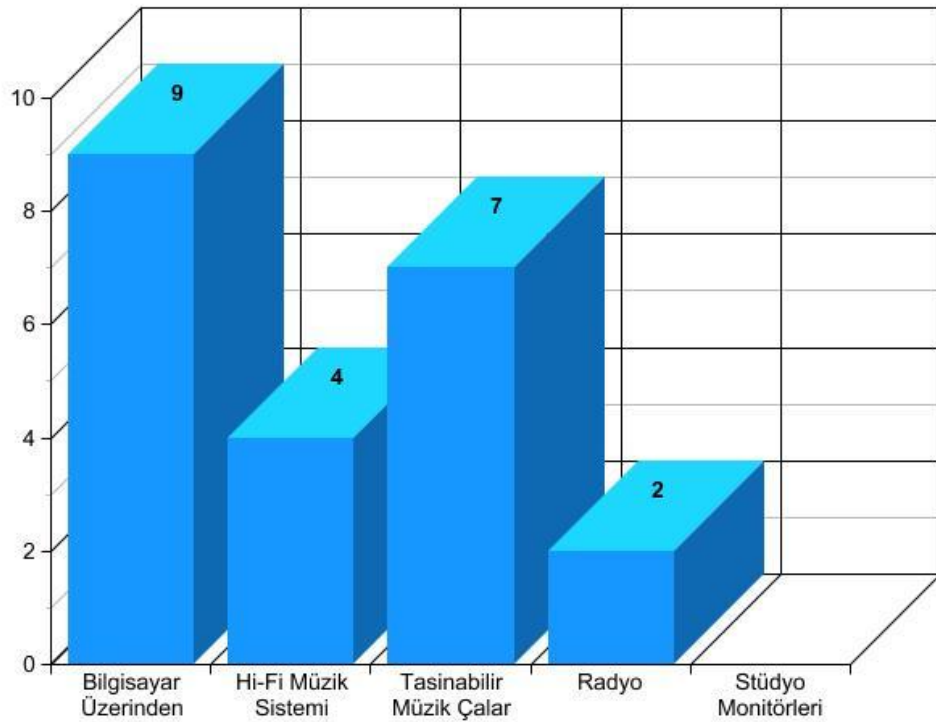
Tablo 6'da görüldüğü gibi, müzisyenler müzik dinlemek için en çok Hi-Fi müzik sistemlerini, bilgisayara bağlı hoparlörleri ve taşınabilir müzik çaraları tercih etmektedir. Müzik dinleyicilerine göre müzisyenlerin Hi-Fi müzik sistemlerini daha çok kullanması, müzisyenlerin müzik dinleme tecrübesi sırasında ses kalitesine daha çok önem vermesine bağlanabilir. Tablo 7'de ise müzik dinleyicilerinin günümüzde en çok bilgisayar ortamında müzik dinlemeyi tercih ettiği görülmektedir. En yüksek

ses kalitesini sunan Hi-Fi müzik sistemleri ve stüdyo monitörleri ise müzisyenler için olduğu kadar önem arz etmemektedir.

Tablo 6: Müzisyenlerin Müzik Dinleme Alışkanlıkları

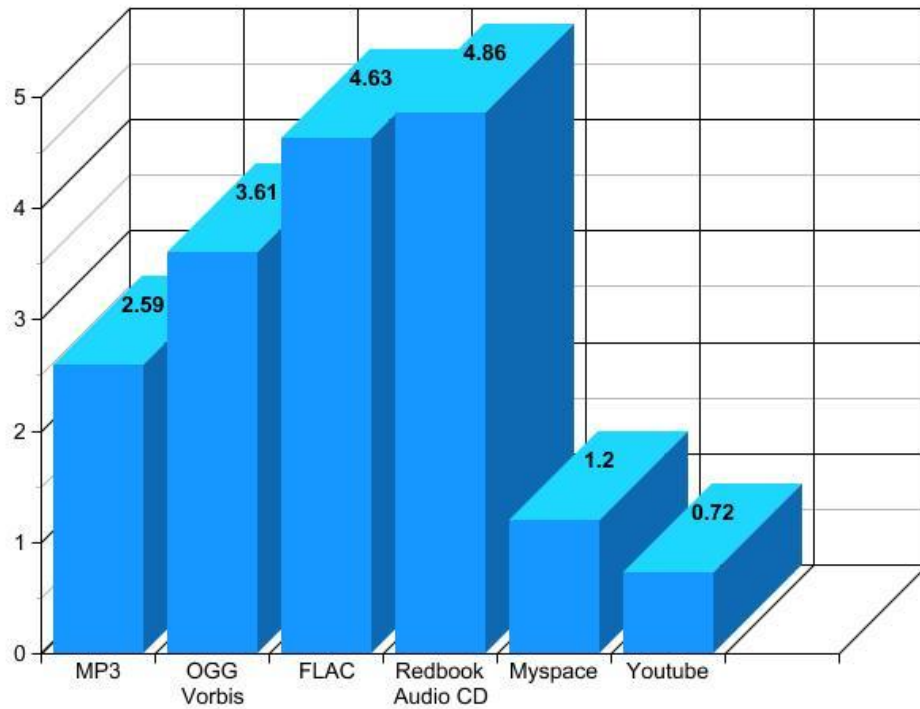


Tablo 7: Dinleyicilerin Müzik Dinleme Alışkanlıkları



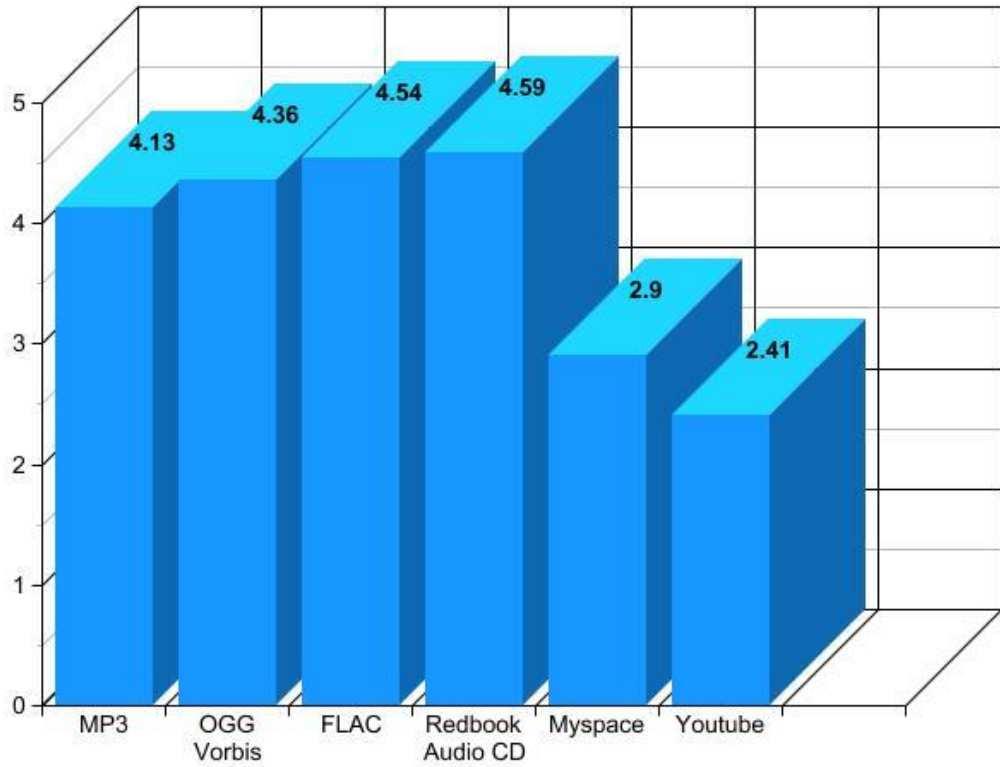
Tablo 8 ve Tablo 9’da ise müzisyenlerin ve dinleyicilerin kör duyum testlerinde farklı kodlamalara 5 üzerinden verdikleri puanların ortalamaları görülmektedir. Müzisyenlerin ses kalitesi konusunda daha seçici oldukları, farklı kodlamalara verdikleri puanların arasındaki farklardan anlaşılabilmektedir. Red Book audio CD ve kayıpsız bir kodlama tekniği olan FLAC formatının, birbirine çok yakın puanlar alarak müzisyenlere en yüksek ses kalitesini sundukları görülmektedir. Aradaki puan farkının küçüklüğünden yola çıkarak için FLAC sıkıştırması ile audio CD formatı arasında duyulabilir bir ses kalitesi farkı olmadığı söylenebilir. Kayıplı ses sıkıştırma formatları olan MP3 ve Ogg Vorbis kodlamaları ise FLAC ve audio CD formatlarından daha düşük puan almışlardır. Özellikle 128 Kbps bit sıklığında kodlanmış ve hâlen çok yaygın olarak kullanılan MP3 formatının ses kalitesindeki bozulmanın, ses kalitesine dikkat eden birçok müzisyen tarafından duyulabilir bir fark yarattığı gözlemlenmektedir. Günümüzde en yaygın olarak kullanan ve *streaming* tekniği kullanan siteler olan Myspace ve Youtube’un ise eserin ses kalitesini müzisyenler için tartışılmaz bir şekilde bozduğu görülmektedir.

Tablo 8: Müzisyenlerin Farklı Kodlamalara Verdikleri Puanlar



Tablo 9’da müzisyen olmayan dinleyicilerin kayıplı ve kayıpsız ses sıkıştırma formatları arasında daha az seçici oldukları görülmektedir. Dinleyiciler için FLAC ve Red Book audio CD formatları arasında duyulabilir bir ses kalitesi farkı olmadığı söylenebilir. Kayıplı bir ses formatı olan Ogg Vorbis de çoğu dinleyici için kayıpsız ses formatları kadar tatmin edici derecede sonuç vermiştir. 128 Kbps bit sıklığındaki MP3 kodlamasının ise Ogg Vorbis, FLAC ve audio CD formatlarının gerisinde kaldığı görülsse bile, aradaki fark birçok dinleyici için çok büyük olmamıştır. Ses kalitesi konusunda büyük seçicilik göstermeyen dinleyiciler için bile Myspace ve Youtube gibi sitelerin kullandıkları ses kodlamaları diğer dijital ses formatlarına göre yetersiz kalmıştır. Buna rağmen bu siteler hâlen birçok dinleyicinin günlük hayatta müzik dinlemek için en çok tercih ettiği İnternet siteleridir.

Tablo 9: Dinleyicilerin Farklı Kodlamalara Verdikleri Puanlar



6. SONUÇ

Teknoloji, uzun zamandır müziği tecrübe etme alışkanlıklarını belirleyen önemli bir unsur olmuştur. Son yirmi yıldaki teknolojik gelişmeler ise müzik dinleme ve paylaşma kültürünü baştan yaratmaktadır. Müziğin İnternet üzerinden kolaylıkla yayılabilmesini sağlayan teknolojiler sayesinde, farklı coğrafyalardaki bireyler, evlerinden bile çıkmalarına gerek olmadan müziğin çoğaltım, dağıtım ve tüketim adımlarında aktif rol sahibi olmuşlardır. Bu yenilikler sonucunda müzik endüstrisi, müziğin dağıtım ve dinlenme süreçlerindeki kontrolünü kaybetmiştir.

Müzik endüstrisinde yer alan şirketlerin artık dinleyicilerin tercihlerini ve alışkanlıklarını yönetemiyor olduğu, Myspace örneğinde görülebilmektedir. Myspace, henüz arkasında büyük şirketlerin desteği yokken altın çağını yaşamıştır; Myspace'in sunduğu *streaming* teknolojisinin kolaylığı, yeniliği ve isteyen herkesin site dâhilinde bir müzisyen sayfası oluşturarak eserlerini paylaşabiliyor olması müzikseverleri cezbetmiştir ve Myspace sitesi kulaktan kulağa yayılma yoluyla geniş kitleler tarafından kullanılmaya başlamıştır. Sonraki yıllarda Myspace sitesi büyük müzik şirketleriyle anlaşmalar yapmasına ve bu şirketlerin reklam gücünden faydalanmasına rağmen kullanıcı sayısında bir düşüşe geçmiştir, çünkü kullanıcılar bu süre içinde yeni geliştirilmiş olan ve kullanıcılara daha fazla kolaylık sağlayan sosyal paylaşım sitelerine yönelmiştir. Bu örnek, müzik endüstrisinin zorlamalarının ve şirketlerin yönlendirmelerinin eski dönemlerde olduğu kadar güçlü sonuçlar veremediğini göstermektedir. İnternet çağında müzik dinleyicilerinin ve müzisyenlerin bireysel tercihleri ve seçimleri her zamankinden daha çok önem kazanmıştır.

Günümüzde müzik dinleme kültürünü bireylerin tercihleri yönlendirdiği için, yakın ve uzak gelecekte müzik endüstrisinin ve müzik dinleme alışkanlıklarımızın geçireceği değişimleri tahmin etmek zorlaşmıştır. Teknoloji, bu süreci etkileyen faktörlerden yalnızca birisidir. Müzisyenler, dinleyiciler ve şirketler arasındaki

sosyal ve kültürel etkileşimler bu değişimlerin ne yönde olacağı konusunda en az teknolojik gelişmeler kadar belirleyici olacaktır.

Bu süreci ve İnternet üzerinde oluşması beklenen yeni kültürü şekillendiren en büyük etken dinleyicilerin istekleri olduğu için, üzerinde durulması gereken diğer bir nokta ise kişiye göre “ayarlanabilirlik” (*configurability*) fikridir. Dinleyiciler, müziğe hangi yolla ulaşabileceklerini ve hangi formatta dinleyebileceklerini seçebilmenin yanı sıra, eserlerin kendilerini bile istedikleri şekillerde değiştirebilecekleri bir döneme girmişlerdir. Trent Reznor’ın yaptığı gibi bazı müzisyenlerin eserlerinin ses kanallarını İnternet üzerinden dinleyicilere sunmaları ve dinleyicilerin o eserler üzerinde istedikleri şekilde oynayarak kendi zevkleri ve tercihleri doğrultusunda dinleyebilmeleri, bu evrimin en büyük örneğidir. Hem müziğin, hem de müzisyenlerin yeni müzik kodlama ve paylaşım teknikleri ve İnternet aracılığıyla kolayca ulaşılabilir olması, müzisyen ve dinleyici arasında geçtiğimiz yüzyılda oluşan mesafeyi ortadan kaldırmaktadır. Bu aynı zamanda müzisyen figürlerini saran mistisizmin de zamanla azalacağı ve belki de yok olacağı anlamına gelmektedir. Müzik üretiminin günümüzde stüdyolara bağlı kalmaması ve müzik programlarının kolay kullanılabilir hâle gelmesi ise birçok dinleyiciyi müzisyenlerin seviyesine yaklaştırmıştır.

MP3 formatının ve Napster’ın yaygınlaşmasıyla başlayan bu süreç, birçok kişinin müziğin dinleyicilere ulaşımının ve paylaşımının nasıl olması gerektiğini sorgulamasına sebep olmuştur. Hatta bazı dinleyiciler istedikleri anda istedikleri müzik eserine ulaşabilmeyi “hakları” olarak görmeye başlamıştır. Zamanla bu düşünceye katılan müzisyenler ve kendi haklarını korumaya çalışan müzisyenler arasında da bir kutuplaşma oluşmuştur. Hem müzisyenler, hem dinleyiciler arasında birçok farklı düşünce oluştuğu ve müzik endüstrisinin bu düşünceler üstünde bir kontrol sağlaması olanaksızlaştığı için tüm kesimleri birleştirici yeni ve ortak bir kültür henüz doğamamıştır. Ancak kesin olan şudur ki, insanların çoğunluğu her zaman kendileri için kolay olana yönelmektedir. Dijital müzik kodlamalarının ve paylaşımının, müziğin fiziksel formatlarda çoğaltımı ve dağıtımına göre kolaylığı tartışılmaz bir gerçektir. Dolayısıyla audio CD’lerden sonra aynı popülerliğe ulaşacak yeni bir fiziksel formatın ortaya çıkmasını beklemek mantıksızdır. Kasetlerin plakların yerini ve CD’lerin kasetlerin yerini aldığı gibi, dijital kodlamalar da CD’lerin yerini almakta ve müzik dağıtımında fiziksel formatların dönemini

kapatmaktadır. Sorulması gereken sorular, dijital formatlar ve müzik paylaşım yöntemleri arasında hangisinin veya hangilerinin ne çıkacağı ve hem müzisyenleri, hem dinleyicileri memnun edebilecek bir müzik paylaşım kültürünün İnternet üzerinde oluşup oluşamayacağıdır.

Farklı dijital ses formatları arasındaki popülerlik yarışı hâlen sürmektedir. Kullanıcıların bilgisayarlarına kaydedebildikleri formatlar arasında MP3 kodlaması en yaygın format olarak kullanılmaya devam etmektedir. Ancak birçok kişi MP3 formatının, alternatiflerine göre yetersiz ve verimsiz bir format olduğunun farkına varmaktadır. Kayıplı sıkıştırma teknikleri arasında Ogg Vorbis ve AAC gibi formatlarda kodlanmış dosyaların, MP3 tekniğiyle kodlanmış dosyalara göre daha yüksek ses kalitesi sunduğu, orijinal esere daha sadık olduğu ve daha az yer kapladığı görülmektedir. Ancak MP3 formatı yaygınlaşan ilk ses sıkıştırma tekniği olduğu ve neredeyse tüm yazılımlar ve donanımlar tarafından desteklendiği için başka bir formatın onun yerini alması sağlanamamıştır. Bunda dinleyicilerin kendileri için kolay olanı tercih etmesinin etkisi büyüktür; yeni bir formatı kullanmaya başlamak için kullanıcıların da geçiş aşamasında emek göstermesi gerekeceğinden, bu yeni format daha yüksek ses kalitesi sunsa bile dinleyiciler alışmış oldukları müzik dinleme yöntemlerinden vazgememektedirler.

Bu durum kayıpsız ses sıkıştırma formatlarının henüz yeterli yaygınlığa ulaşamamasında da önemli bir etkindir. FLAC gibi kayıpsız ses sıkıştırma formatlarının MP3 gibi kayıplı ses sıkıştırma tekniklerine göre çok daha yüksek ses kalitesi sunduğu ve bu formatlarda kodlanmış dosyalarda orijinal esere tamamen sadık kalındığı tartışılmaz bir gerçektir. Bu formatların kayıplı ses sıkıştırma tekniklerine göre tek dezavantajı, ürettikleri dosyaların büyüklüğüdür. Ancak sabit disk kapasitelerinin terabyte'lar ile ölçülmeye başladığı günümüzde dosyaların kapladığı bellek alanı bir sorun olmaktan çıkmıştır. Bu yüzden yüksek ses kalitesi ile müzik dinleyebilmek için ses dosyalarına biraz daha fazla bellek ayırmak çok küçük bir fedakrlık olarak görülmelidir ve müzik arşivlerini dijital ortamda oluşturan müzikseverlerin bu konuda seçici davranarak kayıpsız sıkıştırma tekniklerine yönelmeleri gerekmektedir.

Günümüzde yükselişte olan en yeni müzik dinleme yolu ise *streaming* teknolojisiiyle müzik sunan siteleri kullanmak olmuştur. Bu yöntemin müzik dinleyicileri için sunduğu kolaylıklar ortadadır; dinleyiciler istedikleri eseri, istedikleri anda İnternet

aracılığıyla bilgisayarları veya cep telefonları üzerinden dinleyebilmektedir. Ancak bu yöntemin şu andaki hâliyle yaygınlaşmasının dezavantajları da küçümsenemez; *streaming* ile dinlenen eserler çoğu zaman diğer dijital ses formatlarına göre daha düşük ses kalitesine sahiptir ve yeni bir eseri dinleyen birçok müziksever aslında o eserin orijinalini değil, düşük kalitede bir reproduksiyonunu dinlediğinin farkında bile değildir. Ayrıca bu siteler çoğu zaman dinleyicilerin eserleri kaydetmesine ve saklamasına izin vermediği için, *streaming* teknolojisi müzik arşivleme kültürünü ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir. Ancak eğer gelecekte insanların herhangi bir ortamda, her daim hızlı ve kesintisiz İnternet bağlantısına ulaşabileceği bir altyapı oluşturulursa, bu durumda müzik eserlerini kişisel bilgisayarlarda depolamak gereksiz bir uğraş hâline gelebilir. Böyle bir gelecekte *streaming* teknolojisi tartışılmaz olarak standart müzik dinleme formatı olacaktır.

Müzik şirketlerinin, ses mühendislerinin, yazılımcıların ve müzisyenlerin bu geleceğe hazırlık yapması gerekmektedir. Bu alanda gerçekleştirilebilecek en büyük gelişme, *streaming* teknolojisinden yararlanan ve yüksek ses kalitesine sahip yeni bir format üretmek ve bu formatı kullanacak, İnternet üzerinden çalışan, sanatçıların ve şirketlerin haklarına sahip çıkan ve kullanılması kolay bir müzik dağıtım sistemi geliştirmek olacaktır.

Tüm müzik dinleyicileri için geçerli olan ve bu tezde savunulan ana fikir, müzik dinleme kültürünün, müziğin sanatsal değerini ve müzisyenlerin vizyonlarını ve haklarını koruyacak şekilde evrim geçirebilmesi için, bireylerin yeni gelişmeler hakkında bilgi sahibi olmaları, önlerindeki seçenekleri tanımaları ve bilinçli seçimler yapmaları gerekliliğidir. Dinleyicilerin üzerine düşen görev, müzik dinleme alışkanlıklarını her zaman en kolay gelen seçenek üzerine kurmamak olmalıdır. Müzik dinlerken duyum kalitesini ve sanatçının o eserin ne şekilde dinlenmesini isteyeceğini akıllarından çıkarmayan müzikseverler, müzik dinlemenin İnternet çağının öncesinde de olduğu gibi bir “tecrübe” olduğunu tekrar hatırlayacaklardır.

SÖZLÜK

Analog sinyal:	Sürekli bir zaman ölçeğinde temsil edilebilen, çoğunlukla elektriksel bir sinyal.
Binary:	<i>bkz: ikilik sistem</i>
Bit:	Bilişimde kullanılan en küçük bilgi birimi.
Bit depth:	<i>bkz: bit derinliği</i>
Bit derinliği:	Dijital ses dosyalarını oluşturmak için alınan örnekleri kaydetmekte kullanılan dijital kelimelerin bit sayısı.
Bit rate:	<i>bkz: bit sıklığı</i>
Bit sıklığı:	Veri aktarımında saniyede iletilen bit değeri.
Clipping:	Ses dalgasının en üst ve en alt kısımlarının kesilmesi.
Codec:	Verileri kodlamaya ve çözmeye yarayan yazılım.
Compression:	Ses sinyalinin genliği yüksek bölümlerini bastırarak dinamik aralığını azaltma işlemi.
Çerçeve:	Bir dosya içindeki sabit büyüklükteki blokların her biri.
Dijital sinyal:	Sürekli bir zaman ölçeğinde temsil edilemeyen, sayısal değerlerden oluşan sinyal.
EP:	Extended Play. 25 dakikanın altında müzik barındırabilen plak türü.
Frame:	<i>bkz: çerçeve</i>
Gürültü:	Bir sinyale sonradan eklenmiş olan, genellikle elektriksel veya termal kaynaklı, istenmeyen sesler.
Hi-Fi:	High Fidelity. Yüksek kalitede müzik dinleme amacıyla tasarlanmış ses sistemleri.

İkilik sistem:	Değerlerin 0 ve 1 rakamlarının birleşimleriyle ifade edildiği, iki tabanındaki matematiksel sistem.
Huffman kodlaması:	Veri sıkıştırılması için kullanılan, verideki tüm değerler için tekrar kullanılabilir bir kod yaratma üzerine kurulu bir kodlama algoritması.
Libavcodec:	Görsel ve ses dosyaları için açık kaynaklı, ücretsiz bir <i>codec</i> kütüphanesi.
LP:	Long Play. 45 dakikanın altında müzik barındırabilen plak türü.
Mastering:	Albüm kayıtlarında, kayıt ve miksaj aşamalarından sonraki ses işleme süreci.
Noise:	<i>bkz: gürültü</i>
Over compression:	<i>Compression</i> işleminin aşırıya kaçması sonucu ses sinyalinde oluşan bozulma.
Örnekleme:	Ses dalgasından belirli aralıklarla örnekler alınıp, bu örneklerle değerler atanarak ses dalgasının dijital veriye çevrilmesi.
Örnekleme sıklığı:	Ses dalgasından bir saniyede alınan örnek sayısı.
Sample rate:	<i>bkz: örnekleme sıklığı</i>
Sampling:	<i>bkz: örnekleme</i>
Streaming:	Ses veya görsel verilerinin aktarım sırasında çalması veya oynatılması üzerine kurulu iletim tekniği.
Surround system:	Ses sinyalinin ikiden fazla kanala ayrılarak, dinleyiciyi çevreleyen en az dört hoparlör ile dinlenmesi üzerine kurulu sistem.

KAYNAKÇA

- Alderman, John. 2001. **Sonic Boom: Napster, MP3, and the New Pioneers of Music**. Cambridge: Perseus Publishing Books.
- Amorim, Roberto. [15.4.2011]. Results of Multiformat at 128 Kbps Public Listening Test.
http://listeningtests.t35.com/html/Multiformat_128Kbps_public_listening_test_results.htm
- Barlow, John P. 2000. Napster.com and the death of the music industry. **New York Times**. 12 Mayıs.
- Barnett, Emma. 2011. Myspace loses 10 million users in a month. **The Telegraph**. 24 Mart.
- Beer, David. 2008. The Iconic Interface and the Veneer of Simplicity: MP3 Players and the Reconfiguration of Music Collecting and Reproduction Practises in the Digital Age. **Information, Communication & Society**. c. 11 s. 1 : 71-88.
- Benjamin, Walter. 1969. **Illuminations**. New York: Schocken Books.
- Burkart, Patrick. 2008. Trends in Digital Music Archiving. **The Information Society**. c. 24 s. 4 : 246-250.
- Cravotta, Nicholas. 2000. The Internet-audio Revolution. **EDN**. c. 3 s. 2 : 43-54.
- Daley, Dan. 2011. Sound in the Cloud: Streaming Music Presents New Challenges to Audio Quality. **Streaming Media Magazine**. c.5 s.2 : 50-58
- Dipert, Brian. 2003. Auditioning High-Resolution Surround-Sound Compression. **EDN**. c. 48 s. 15 : 89-90.
- Frith, Simon. 2000. Music Industry Research: Where Now? Where Next? Notes From Britain. **Popular Music**. c. 19 s. 3: 387-388.

Heijden, Hans. [11.4.2011] Performance Comparison of Lossless Audio Compressors.

<http://members.home.nl/w.speek/comparison.htm>

Hsieh, Chi-Jen. 2002. **From the MP3 Revolution to Pay-To-Play: The Political Economy of Digital Music.** Yüksek Lisans Tezi. The Pennsylvania State University.

Jacaba, Joebert S. 2001. **Audio Compression Using Modified Discrete Cosine Transform: The MP3 Standard.** Doktora Tezi. University of the Philippines.

Kohlrausch, Armin. 2007. The Perceptual Basis for Audio Compression. **Physics Today.** c. 60 s. 6: 80-81.

Latonero, Mark. 2003. **Music in the age of the Internet: Social and cultural implications of emerging communications technology.** Doktora Tezi. University of Southern California.

Liu, Chi-Min, Wen-Whei Chang. 1999. **Audio Coding Standards.** Doktora Tezi. National Chiao Tung University.

McCourt, Tom. 2005. Collecting Music in the Digital Realm. **Popular Music & Society.** c. 28 s. 2: 249-252.

Montnémary, Erik, Johannes Sandvall. 2004. **Ogg/Vorbis in embedded systems.** Yüksek Lisans Tezi. Lunds University.

Morton, Neil, Xenophon Koufteros. 2008. Intention to Commit Online Music Piracy and its Antecedents: An Empirical Investigation. **Structural Equation Modeling.** c. 15 s. 3: 491-512.

Noll, Peter. 2001. MPEG Digital Audio Coding. **IEEE Signal Processing Magazine.** c. 18 s. 4 : 59-81.

Raissi, Rassol. [3.4.2011]. The Theory Behind MP3.

http://www.mp3-tech.org/programmer/docs/mp3_theory.pdf

- Robinson, Tony. [15.4.2011]. Shorten: Fast Compression for Waveform Files.
<http://www.etree.org/shnutils/shorten/support/doc/shorten.txt>
- Salomon, David. 1997. **Data Compression: The Complete Reference**. 1. bs.
 London: Springer Publishing.
- Sayood, Khalid. 2003. **Lossless Compression Handbook**. 1. bs. Burlington:
 Academic Press.
- Shea, William F. 2009. **The role and function of technology in American popular music: 1945-1964**. Doktora Tezi. University of Michigan.
- Sherwin, Adam. 2007. How much is Radiohead's online album worth? **The Times**.
 11 Ekim.
- Sherwood, Jonathan. [21.2.2011]. Music File Compressed 1000 Times Smaller than MP3.
<http://www.rochester.edu/news/show.php?id=3136>
- Smyth, Stephen M. F. 1991. **High Fidelity Music Coding**. Doktora Tezi. Queen's University of Belfast.
- Spanias, Andreas, Ted Painter, Venkatraman Atti. 2007. **Audio Signal Processing and Coding**. 1. bs. New Jersey: Wiley-Interscience Publishing.
- Sterne, Jonathan. 2006. The Death and Life of Digital Audio. **Interdisciplinary Science Reviews**. c. 31 s. 4: 338-348.
- Tsutsui, Kyoya, Hiroshi Suzuki, Osamu Shimoyoshi, Mito Sonohara, Kenzo Akagiri, Robert Heddle. 1992. **ATRAC: Adaptive Transform Acoustic Coding for Minidisc**. Tokyo: Sony Corporate Research.
- Vogel, Harold. 2001. **Entertainment Industry Economics: A Guide for Financial Analysis**. 5. bs. New York : Cambridge University Press.
- Yokotani, Yoshikazu. 2004. **Integer Transforms for Lossy/Lossless Audio Coding**. Doktora Tezi. University of Texas.

Zhao, Kan. 2007. **Lossless Audio Data Compression**. Yüksek Lisans Tezi. Arcadia University.

Zhou, Zhihan. 2008. **The Use of Speech Recognition Accuracy as an Objective Measurement for the Evaluation of Three Codecs and Their Effects on Audio Information Loss**. Yüksek Lisans Tezi. Albert Nerken School of Engineering.

Zimmerman, Diane L. 2007. Living Without Copyright in a Digital World. **Albany Law Review**. c. 70 s. 4: 1375-1397.

ÖZGEÇMİŞ

Ali Barutçuoğlu 1984 yılında İstanbul’da doğdu ve lise eğitimini İstanbul Amerikan Robert Koleji’nde gördü. Üniversite eğitimini Amerika Birleşik Devletleri’nde Colby College ve İngiltere’de Southampton Üniversitesi’nde aldı. 2007 yılından beri Yıldız Teknik Üniversitesi’nde öğretim görevlisi olarak ders vermektedir.