

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

**SURROUND MİKS VE 3D KULAKLIK
TEKNOLOJİLERİNİN ÇAĞDAŞ MÜZİK
PRODÜKSİYON TEKNİKLERİ VE DİNLEME
DENEYİMİ İLE ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ:
“THE FLAMING LIPS - ZAIREEKA”
ALBÜMÜNÜN BELİRTİLEN KRİTERLERDE
YENİDEN TASARLANMASI**

Yüksek Lisans Tezi

BEGÜM TARAKO

İSTANBUL, 2019

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SES TEKNOLOJİLERİ**

**SURROUND MİKS VE 3D KULAKLIK
TEKNOLOJİLERİNİN ÇAĞDAŞ MÜZİK
PRODÜKSİYON TEKNİKLERİ VE DİNLEME
DENEYİMİ İLE ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ:
“THE FLAMING LIPS - ZAIREEKA”
ALBÜMÜNÜN BELİRTİLEN KRİTERLERDE
YENİDEN TASARLANMASI**

Yüksek Lisans Tezi

BEGÜM TARAKO

Tez Danışmanı: DR. ÖĞR. ÜYESİ YAHYA BURAK TAMER

İSTANBUL, 2019

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SES TEKNOLOJİLERİ

Tezin Adı: Surround miks ve 3D kulaklık teknolojilerinin çağdaş prodüksiyon teknikleri ve dinleme deneyimi ile etkileşiminin incelenmesi: “The Flaming Lips-Zaireeka” albümünün belirtilen kriterlerde yeniden tasarlanması.

Öğrencinin Adı Soyadı: Begüm Tarko

Tez Savunma Tarihi: 28 Mayıs 2019

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Dr. Öğr. Üyesi Yücel Batu SALMAN

Enstitü Müdürü

İmza

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Yahya Burak TAMER

Program Koordinatörü

İmza

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Yahya Burak TAMER

Üye

Doç. Dr. Can KARADOĞAN

Üye

Doç. Dr. Cemal Barkın ENGİN

TEŐEKKÜR

Bu çalıőmanın yűrűtűlmesi sırasında hiçbir konuda desteęini esirgemeyen deęerli hocam Dr. Őęr. Őyesi Yahya Burak Tamer'e, yűnlendirmeleri ve savunmamdaki deęerlendirmeleri için deęerli hocalarım Doç. Dr. Barkın Engin, Doç. Dr. Can Karadoęan ile Dr. Őęr. Őyesi Gűkhan Dene'e,

araőtırma ve uygulamalarda ihtiyaç duyduęum ekipman, stűdyo, ve daha űnemlisi moral destekleri için baőtta Yıldıray Gűrgen ve Tolga Őzoęlu olmak űzere, Art of Sound'un kurucusu Ahmet Gűvenman'a, Sennheiser Pro Tűrkiye – Metan Teknik Műmesselik A.Ő. 'ne ve sevgili Baőtar Őnder, Mustafa Sarioęlu ile Őzgűr Atmaca' ya,

ayrıca ses ve műzięin hayatıma iŐlenmesindeki en bűyűk ilham olan rahmetli babam Nafız Gűrhan Tarako ile canım anneme sonsuz teŐekkűrlerimi sunarım.

İstanbul, 2019

Begűm TARAKO

ÖZET

SURROUND MİKS VE 3D KULAKLIK TEKNOLOJİLERİNİN ÇAĞDAŞ MÜZİK PRODÜKSİYON TEKNİKLERİ VE DİNLEME DENEYİMİ İLE ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ: “THE FLAMING LIPS - ZAIREEKA” ALBÜMÜNÜN BELİRTİLEN KRİTERLERDE YENİDEN TASARLANMASI

Begüm TARAKO

Ses Teknolojileri

Tez Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yahya Burak TAMER

Mayıs 2019, 87 sayfa

Surround, Quadraphonic Ambisonic, Dolby Stereo ve Quadhome, Stereo Dolby Surround, Dolby Dijital ve DTS teknolojilerine kadar evrilen, sesi tüm boyutlarıyla deneyimleme arzusu, ses teknolojileriyle birlikte müzik dinleme pratiklerinde de etkisini göstermiştir.

Bu tez, surround ses uygulamalarının müzik prodüksiyonlarında kullanılan mix teknikleriyle, yakın tarihten günümüze gelişmeye devam eden kulaklık teknolojilerini incelemektedir. Geçmiş dönem uygulamalarından örnekler sunarak, deneyimi hedefleyen müzik prodüksiyonlarının, artık birçok parametreyi tek bir enstrümana dönüştüren kulaklık teknolojileri ekseninde alacağı yolu tartışmaktadır.

Araştırmayı desteklemek için The Flaming Lips’in 1997 tarihli deneysel ‘Zaireeka’ albümünün, deneyimi ön plana alan yaklaşımına odaklanmaktadır. Aynı anda dört ayrı ses sisteminde çalınmak için tasarlanan dört kompakt diskten oluşan Zaireeka, binaural mikrofon ve son teknoloji Sennheiser Ambeo VR 3D mikrofon ile, albümde tasarlandığı gibi yeniden kaydedilmiştir. Bu fiziksel deneyim stereo kulaklık için 3D ses ortamına aktarılmıştır.

Yapılan araştırma ile ses mühendisi adaylarına hem 5.1 surround ses sisteminde hem de farklı 3D versiyonlar halinde stereo kulaklık ile dinletilerek deneyimlerini değerlendirmeleri istenmiştir. Bu araştırmalar ve değerlendirmeler ışığında 3D çevreleyen ses uygulamalarının yakın gelecekte müzik prodüksiyonlarında daha sık karşımıza çıkacağı ve dinleyici tarafından daha fazla tercih edilir hale gelebileceğine dair bir sonuca ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Surround, 3D Ses, Kulaklık, Zaireeka

ABSTRACT

A STUDY OF INTERACTION BETWEEN SURROUND MIX AND 3D HEADPHONE TECHNOLOGIES AND CONTEMPORARY MUSIC PRODUCTION TECHNIQUES & LISTENING EXPERIENCE: REDESIGNING “THE FLAMING LIPS – ZAIREEKA” ALBUM BASED ON GIVEN CRITERIA

Begüm TARAKO

Sound Technology

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Yahya Burak TAMER

May 2019, 87 pages

The passion for experiencing sound with all its aspects has evolved from Surround, Quadraphonic Ambisonic and Dolby Stereo to Quadhome, Stereo Dolby Surround, Dolby Digital and DTS technologies, and then its effect has manifested itself on the music listening practices coupled with sound technologies.

This dissertation studies mix techniques of surround sound applications used in the music productions and headphone technologies that have been advancing recently. This study presents examples of past applications to discuss the path to be pursued by the music productions, aiming at the experience, in the direction of headphone technologies now transforming a number of parameters into a single instrument.

To support the research, the study focuses on the approach of featuring experience; an approach embraced by the experimental “Zaireeka” album released by the Flaming Lips in 1997. Zaireeka features a combination of four compact discs designed to be played simultaneously on four separate sound systems, and was re-recorded with binaural and advanced Sennheiser Ambeo VR 3D microphones, as designed in the album, using the state-of-the-art binaural recording technique. This physical experience was transferred to an immersive sound environment for 3D headphones.

In this study, future sound engineers were asked to listen both 5.1 surround sound system and 3D versions of this production with stereo headphones and they were then asked to review their listening experiences. These studies and evaluations provide an insight suggesting that the 3D immersive sound applications will be a more frequent element of music productions in the future and they will be more popular among the listeners.

Keywords: Surround, 3D Sound, Headphone, Zaireeka

İÇİNDEKİLER

TABLolar	vii
ŞEKİLLER	viii
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1 SURROUND SES TEKNİK ÖZELLİKLERİ VE TARİHİ	3
2.1.1 Surround Ses Sistemleri	5
2.2 YAKIN DÖNEM KULAKLIK TEKNOLOJİLERİ	19
2.2.1 Surround Kulaklıklar	21
2.3 SURROUND PRODÜKSİYON TEKNİKLERİ	30
2.4 BINAURAL PRODÜKSİYON TEKNİKLERİ	39
2.4.1 Müzik Üretiminde Binaural Teknikler	40
2.5 ÇEVRELEYEN SES (IMMERSIVE AUDIO)	48
2.6 AMBİSONİK SES	52
2.7 SANAL GERÇEKLİK (VR)	54
2.8 SURROUND MÜZİK PRODÜKSİYONLARI	57
3. VERİ VE YÖNTEM	61
4. BULGULAR	80
5. SONUÇ	85
KAYNAKÇA	88
EKLER	92
Ek A.1 Zaireeka Dinleme Değerlendirme Formu	93
Ek A.1 Kayıt Sırasında Kullanılan Ekipmanların Teknik Özellikleri	95

TABLÖLAR

Tablo 2.1: (1) Çevreleyen Sesin Ana Kategorileri, (2) Ana Kullanım Örneği ve (3) Ortak Aktarım Formatları	49
Tablo 2.2: Çevreleyen Ses Kanalları.....	50
Tablo 2.3: Bazı Çevreleyen Ses Alanı Grupları.....	51
Tablo 2.4: Farklı Formatlarda Surround Müzik Albümleri Örnekleri	60
Tablo 4.1: Zaireeka Dinleme Test Sonuçları	84



ŞEKİLLER

Şekil 1.1: 5.1 Sisteminin Sinemadaki Yerleşim Şekli	2
Şekil 2.1: Farklı Milimetre Boyutlarındaki Filmler	4
Şekil 2.2: Dolby Dijital Surround EX Sisteminin Sinemadaki Yerleşim Şekli	6
Şekil 2.3: Dolby Dijital Ses Sisteminin Sinemadaki Detaylandırılmış İşlem ve Yerleşim Şekli	6
Şekil 2.4: Dolby Stereo Surround Sisteminin Sinemadaki Yerleşim Şekli	7
Şekil 2.5: Dolby Stereo Ses Sisteminin Sinemadaki Detaylandırılmış İşlem ve Yerleşim Şekli	8
Şekil 2.6: 5.1 Ev Sineması Surround Ses Sistemi Yerleşim Şekli	9
Şekil 2.7: Dolby Dijital Ev Sineması Ses Sisteminin Yüksek Çözünürlüklü Televizyon Yayını İçin Detaylandırılmış İşlem ve Yerleşim Şekli	10
Şekil 2.8: 6.1 ve 7.1 Dijital Ev Sineması Surround Ses Sistemi Yerleşim Şekli	11
Şekil 2.9: Dolby Surround Ses Sisteminin Yüksek Çözünürlüklü Televizyon Yayını İçin Detaylandırılmış İşlem ve Yerleşim Şekli	12
Şekil 2.10: Dolby Atmos Hoparlörlerin Sesleri Tavandan Yansıtması	13
Şekil 2.11: Dolby Atmos Özellikli Hoparlörler	13
Şekil 2.12: Dolby Atmos Sinema Sisteminin Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları	14
Şekil 2.13: IOSONO Sisteminin Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları	15
Şekil 2.14: NHK 22.2 Sisteminin Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları	16
Şekil 2.15: NHK 22.2 Sisteminin Alt Orta ve Üst Katmanlarının Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları	17
Şekil 2.16: Auro-3D Sisteminin Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları	18
Şekil 2.17: Kanal Ses Karışımı	22
Şekil 2.18: Kulak Filtreleme: Yöne Bağlı Frekans Değişimi	23
Şekil 2.19: İlk Yansımalar	23
Şekil 2.20: Baş Hareketi	24
Şekil 2.21: Sıradan Kulaklıklarda Düz Stereo Ses	25
Şekil 2.22: Nx ile Kulaklıklarda 3D Stereo Ses	25
Şekil 2.23: Nx ile Kulaklıklarda 3D Surround ses	26

Şekil 2.24: Nuraphone Uygulamasında Kişiselleştirilmiş Farklı Ses Profillerinin Grafik Olarak Gösterimi.....	28
Şekil 2.25: Bas Hoparlör ve Kulak İçi Hoparlör.....	29
Şekil 2.26: Surround Ses Hoparlör Yerleşimi.....	34
Şekil 2.27: Basitleştirilmiş Downmix İşlemi	35
Şekil 2.28: Tipik Bir Upmix Prosedürünün Şematik Gösterimi	36
Şekil 2.29: AMBEO VR Mikrofonun Ses Kayıt İşlem Akışı: A-Formatı, A-B Dönüştürücü, B-Formatı, Kanal Kaydedici	39
Şekil 2.30: Kafa Üzeri/Tepe (90°), Yukarı Seviye (15-30°), ve Kulak Hizası (-15-15°) Ölçüm Seviyeleri Gösterimi.....	42
Şekil 2.31: Yatay (1) Ve Dikey (2) Açıdan Ses Algılama	43
Şekil 2.32: HEAD Akustiğin Yapay Kafa Ölçüm Teknolojisi Gösterimi	44
Şekil 2.33: Dış ve İç Mekanda Yapılan Testlerin Ölçüm Açıları	46
Şekil 2.34: Çevreleyen Ses Teknolojisinin Temsili Sinema Görüntüsü	48
Şekil 2.35: Mono, Stereo, Surround ve Yeni Teknoloji Çevreleyen Ses Sistemlerinin Hoparlör Konumları.....	49
Şekil 2.36: 9.1 OH, 9.1 HT, 11.1 HT, 13.1 HT ve 15.1 HT Sistemlerinin Hoparlör Konumları	51
Şekil 2.37: Waves B360 Ambisonics Encoder: Sağ Tarafda WYZX Kanalları.....	54
Şekil 2.38: Sanal Gerçeklik Uygulaması MelodyVr ile Deneyimlenebilen The Chainsmokers'in Londra Alexandra Sarayı'ndaki Konserinin Ekran Görüntüsü.....	56
Şekil 2.39: 2017'de Kaydedilen Müzik ve VR Endüstrileri İçin Küresel Gelirlerin Karşılaştırılması	57
Şekil 2.40: Quadrafonik 8-Track Kartuş Çalar - Quad8 Quadrafonik Kartuş – Quad Makara Çalar.....	58
Şekil 2.41: Brian Eno- On Land LP Arka Kapağı	59
Şekil 3.1: Zaireeka Albümü	61
Şekil 3.2: Zaireeka 20. Yıl Özel Basım Plak Seti	64
Şekil 3.3: Dünyanın Çeşitli Yerlerinden Zaireeka Dinleme Partisi Afişleri.....	64
Şekil 3.4: ZAIREEKA – Mark Richardson.....	65
Şekil 3.5: Binaural Kayıt Ortamı	67
Şekil 3.6: Kayıt Ortamı	68

Şekil 3.7: Soundman OKM-I Binaural Stereo Mikrofon.....	69
Şekil 3.8: Kulaklık Reprodüksiyonu - BINAURAL (Dinleme Odasından Alınan Binaural Mikrofon Kaydınının Kullanımı	70
Şekil 3.9: Ambeo VR Mikrofonun Kutu İçeriği	71
Şekil 3.10: Ambeo A-B Converter.....	71
Şekil 3.11: Kulaklık Reprodüksiyonu – Sennheiser Ambeo Mikrofon Kaydı ile Çevreleyen Ses Üretimi.....	72
Şekil 3.12: Facebook Audio 360 Spatialiser ve Audio 360 Control.....	73
Şekil 3.13: Tracklerin Projeye Yerleşimi ve Quadraphonic Panlama.....	74
Şekil 3.14: Kulaklık için DTS ile Stereo Downmiks Uygulaması.....	75
Şekil 3.15: Kulaklık Reprodüksiyonu – CD – NX – Quadrafonik (CD Trackleri Kullanılarak NX Yazılımı ile Gerçek Oda Simülasyonu Uygulaması)	77
Şekil 4.1: Test Sırasında Kullanılan 3D Miksin Spektrogram ve Ses Alanı Analizi.....	80
Şekil 4.2: Test Sırasında Kullanılan Binaural Miksin Spektrogram ve Ses Alanı Analizi	81
Şekil 4.3: Test Sırasında Kullanılan DTS Stereo Downmixin Spektrogram ve Ses Alanı Analizi	82
Şekil 4.4: Test Sırasında Kullanılan CD Quadrafonik 5.1 Miksin Spektrogram ve Ses Alanı Analizi	83
Şekil 4.5: Yapılan Test Sonucunda Katılımcıların Verdiği Yanıtlar ve Bu Yanıtlar Sonucunda En Yakın Dinleme Deneyiminin Oranı	84

KISALTMALAR

2D	:	2 Dimensions
3D	:	3 Dimensions
AAC	:	Advanced Audio Coding
AV	:	Audio/Video
BLD	:	Back Left Down
BRU	:	Back Right Up
C-CAM	:	Ceramic-Coated Aluminium Magnesium
CAF	:	Core Audio Format
CD	:	Compact Disc
CD-R	:	Compact Disc-Recordable
CD-RW	:	Compact Disc Re-Writable
D	:	Depth
D/A	:	Digital Analog
DAW	:	Digital Audio Workstation
dB	:	Desibel
DCI	:	Digital Cinema Initiatives
DTT	:	Digital Terrestrial Television
DVD	:	Digital Versatile Disc
DVD-A	:	DVD-Audio
FLU	:	Front Left Up
FRD	:	Front Right Down
H	:	Height
HATS	:	Head & Torso Simulator
HRTF	:	Head Related Transfer Function
Hz	:	Hertz
IEC	:	International Electrotechnical Commission
ILD	:	Interaural Level Difference
ITD	:	Interaural Time Difference
ITU	:	International Telecommunication Union

kHz	:	Kilohertz
LFE	:	Low-Frequency Effects
LP	:	Long Play
mA	:	Miliamper
Mm	:	Milimetre
MMP	:	Metal Matrix Polymer
MPSS	:	Multi-Perspective Surround
N/A	:	Non Available
OCT	:	Optimized Cardioid Triangle
PCM	:	Pulse Code Modulation
RMS	:	Root Mean Square
S/N	:	Signal-to-noise
SD	:	Spectral Distortion
SPL	:	Sound Pressure Level
THX	:	Tomlinson Holman Experiment
TPS	:	Télévision Par Satellite
V	:	Volt
VAH	:	Virtual Artificial Head
VBAP	:	Vector Base Amplitude Panning
VR	:	Virtual Reality
VRMS	:	Volts Root Mean Square
W	:	Watt
W	:	Weight
WNG	:	White Noise Gain

1. GİRİŞ

Akustik kaynakların etrafımızda, sağ veya solumuzda, ön veya arkamızda, yukarıda veya aşağıımızda, hareketli mi yoksa hareketsiz mi olduğunu algılayabiliriz. Hatta bir ses kaynağının mesafesini tahmin edebilir, onun doğası ve büyüklüğü hakkında fikir edinebiliriz.

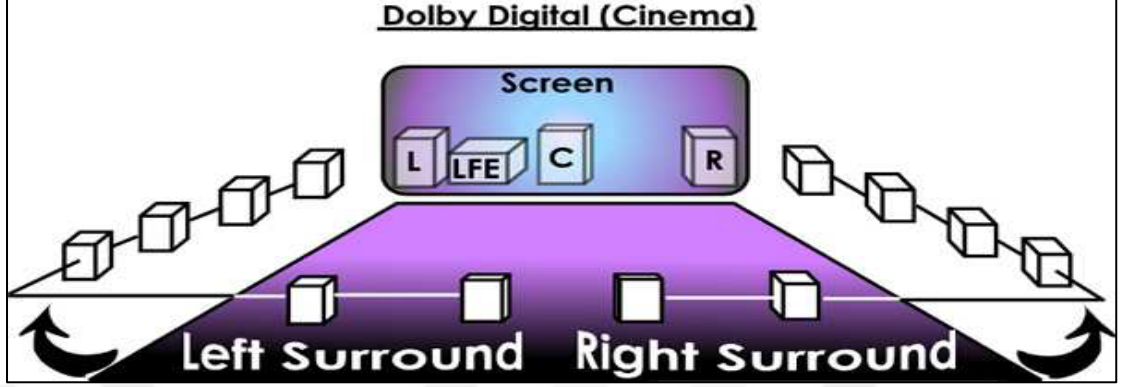
Surround sesin ne olduğunu açıklamadan önce stereo çalışma sisteminden bahsetmek gerekir. Stereo, dinleyicinin soluna ve sağına yaklaşık 60 derecelik bir açıyla monte edilmiş hoparlörlerde, değişen ses miktarlarının sol ve sağ kulağın duyduğu şekilde taklit edilmesiyle oluşur. Ses kaynağının duyulduğu pozisyon, sadece iki hoparlör sinyali arasındaki genlik farkına değil, aynı zamanda ilgili frekanslara da bağlıdır. (Dave Malham, 2010, Surround sound, yesterday, today and tomorrow. Microphone Data Ltd.)

Surround ses, dinleyiciyi çevreleyen hoparlörlerden (surround kanallar) birden fazla ses kanalı kullanarak ses üretiminin kalitesini arttırmak için kullanılan bir tekniktir. İlk uygulaması sinemalarda yapılmıştır. Surround sestem önce, sinema ses sistemleri genellikle sol, orta ve sağda, seyircilerin önünde bulunan hoparlörlerden elde edilen üç "ekran kanalı" sesine sahipti. Surround ses, dinleyicinin 360 derece etrafındaki herhangi bir yatay yönden gelen ses hissini oluşturabilen, dinleyicinin arkasındaki hoparlörlere bir veya daha fazla kanal eklenmesiyle oluşur. Surround ses formatları, ek kanalların sayısı, konumu ve kayıt yöntemlerine göre değişiklik gösterir. En yaygın olan ITU'nun 5.1 standardı toplam 6 hoparlör içerir. 5.1 sistemi, dinleyicinin önündeki Merkez (Center), merkezin her iki tarafında 60 derece açılarda Sol (Left) ve Sağ (Right) ve 100-120 derece açılarda Sol Surround (LS) ve Sağ Surround (RS) ile yansıttığı frekanslar nedeniyle pozisyonu diğer bileşenler kadar kritik olmayan bir sub-bas hoparlöründen (subwoofer) oluşur.

Teknik, ses lokalizasyonundan yararlanarak ses uzaysallaştırma algısını geliştirir. Bu algı, bir dinleyicinin, algılanan bir sesin konumunu veya kökenini yön ve mesafe olarak belirleme yeteneğidir. Bu, bir dizi hoparlöre yönlendirilmiş birden fazla ayrı ses kanalı kullanılarak elde edilir.

Şekil 1.1.'de 5.1. sisteminin sinemadaki yerleşimi gösterilmiştir.

Şekil 1.1: 5.1 Sisteminin Sinemadaki Yerleşim Şekli



Kaynak: Helen Mitchell, 2004

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 SURROUND SES TEKNİK ÖZELLİKLERİ VE TARİHİ

Tüm ses sistemleri, frekans ve dinamik aralık limitlerine sahiptir. Çok kanallı sistemler, bu yeteneklerin mekânsal alana genişletilmesini sağlar. Mekânsal yetenekler görüntüleme ve çevreleme özelliklerinden oluşur ve bu iki özellik, nokta yayını görüntülemeden, tamamen yayılmaya kadar bir boyut yaratarak uzanır.

48 kHz'lik 5.1 kanal, 18 bit doğrusal kodlaması (sinema salonlarında gerekli dinamik aralığa uyması için tavsiye edilen arka plan ölçümleri için istenen maksimum bozulmamış seviyeye göre belirlenmiş kanal başına 105 dB Ses basınç seviyesi) şunu gerektirir:

$$5.005 \text{ kanallar} \times 48 \text{ kHz örnekler} / \text{sn}$$
$$1 \text{ kanal için} \times 18 \text{ bit} / \text{örnek} = 4,324,320 \text{ bit} / \text{sn}.$$

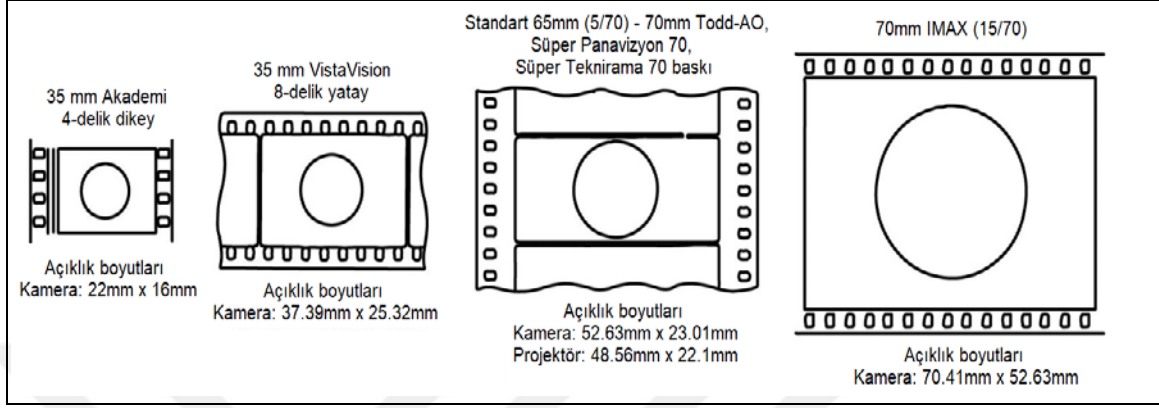
5.005 sayısı 5.1 sistemini basit şekilde temsil etmek için seçilen bir sayıdır. Aslında bu sayı, bir kanalın 0.005'i, 1/200'lük bir örnekleme oranına sahip, yalnızca düşük frekanslı bölümünü temsil eder. Filmdeki alan nedeniyle elde edilebilecek veri hızı için gerekli saniyede 4,3 milyon bitin aksine, Dolby Dijitalde, filmin bir tarafı boyunca 78 x 78 bitlik bir veri bloğu kaydedilir. Kare başına 4 delik ve saniyede 24 kare vardır, bu toplamda saniyede 96 delik demektir. 78 x 78 x 96 çarpımı sonucu sadece ses için gerekli olan yaklaşık 1/7'lik 584,064 bit / sn'lik bir veri kapasitesi ortaya çıkar. Filmlerdeki alan yetersizliğinden dolayı bit kapasitesinin düşürülmesi gerekli hale gelmişti. Bu nedenle sesi frekans bantlarına bölüp ayrı ayrı işleyerek, bantların her birini frekans ve zaman alanlarındaki maskeleyi hesaba katmak için gerekli olan bit sayısı ile kodlayarak bit hızı düşürüldü. (Tomlinson Holman 2008)

Bit hızı azaltma kodlayıcıları hem film üzerinde hem de izleyici ses sistemlerini kullanarak hareketli görüntüler için dijital sesin geliştirilmesini sağladı. Bu sistemlerin gelişim sürecine, aynı kodlama yöntemlerinden faydalanabilecek yüksek çözünürlüklü televizyonlar da eklendi.

Yapımcılar 1910'lar ve 1930'lar arasında çeşitli film boyutlarını standart hale getirdiler ve sonunda dört format belirleyerek: 8 mm, 16 mm, 35 mm genişliğinde ve 70 mm

genişliğinde filmler oluşturuldu. Daha büyük formatlar üstün görüntü kalitesi ve ses kaydetme kapasitesi sunarken, makaraların büyüklüğüne uyması için onlarla çekilen filmlerde kullanılan kameralar da büyütüldü (Carolyn Giardina 2017).

Şekil 2.1: Farklı Milimetre Boyutlarındaki Filmler



Not: Film genişliği ne kadar büyük olursa, film çözünürlüğü o kadar yüksek olur.

Çok kanallı surround ses tarihinin aşamaları özet şeklinde aşağıdaki gibidir:

- i. 1938'de *Fantasia* filminde optik film üzerinde 3 kanal, çoğaltma amacıyla, ön ve çevre hoparlörlere yönlendirildi.
- ii. Cinerama 7 kanalı, CinemaScope 4 kanalı ve Todd-AO 6 kanalı, 1950'lerde kısa aralıklarla tanıtıldı, ancak 1960'larda sinemaya kabul edilmedikçe kullanımı düşüş gösterdi.
- iii. 1960'lı yılların sonlarında birçok gelişmeyle birlikte genlik fazlı (amplitude-phase) matris teknolojisi tanıtıldı.
- iv. 1975–1977'de filmlerde 4 kanal matrisli optik ses kullanıldı.
- v. 1979'da 70 mm'lik baskılar için stereo surround tanıtıldı.
- vi. 1980'li yılların başında Lt/Rt matrisli ses taşıyabilen stereo tanıtıldı.
- vii. Filmde dijital ses tanımlaması 1987 yılında 5+1 kanal sistemi kodlamasıyla yapıldı.
- viii. 1990'ların başında Dijital Televizyon için 5+1 kanalda standardizasyon yapıldı.
- ix. 1990'lı yılların başlarında film sistemleri için tasarlanmış yeni üç dijital sesin tanıtımı yapıldı.

- x. 1990'lı yılların sonunda, montaja hazır 5+1 kanallı dijital ses tanıtıldı.
- xi. 1999'da bir genişlik-faz matrisine sahip 5+1 kanallı sistemin iki ayrı kanalını kullanarak, arka surround bölgeyi matrisli 3 kanaldan ayıran ses sistemi tanıtıldı.
- xii. 1999'da 10+2 kanallı ses tanıtıldı.
- xiii. 2005'te, tüketici kamerasının dahili mikrofonundan 5+1 kanallı ses kaydı yapıldı.
- xiv. 2006'da diğer kanalların yanı sıra çok kanallı doğrusal PCM (darbe kod modülasyonu) içeren Blu-ray ve HD-DVD formatları tanıtıldı.
- xv. 2006'da ise dijital sinema çağı başladı. (Tomlinson Holman 2008)

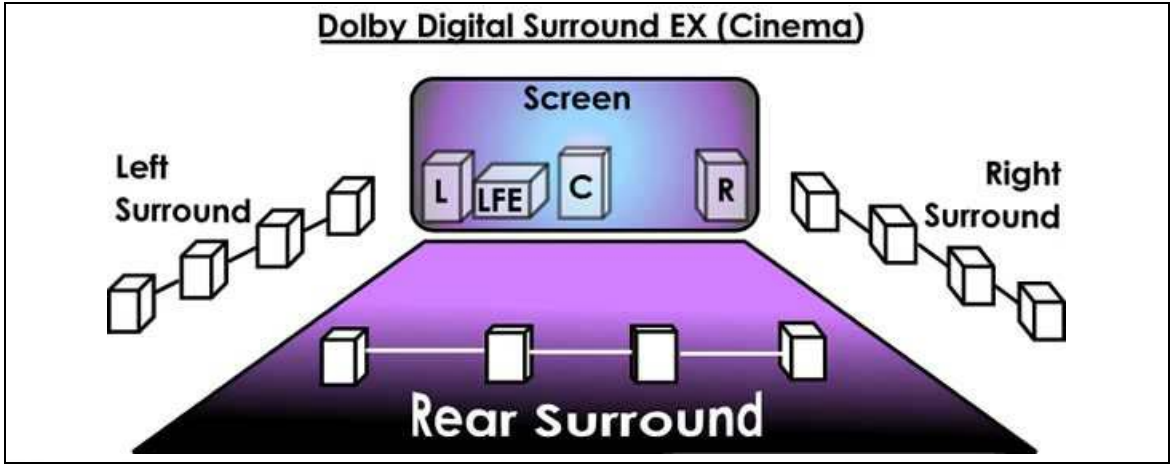
2.1.1 Surround Ses Sistemleri

5.1 sisteminin sinemada kullanılması dijital çağın başlarında 1992 de sinema filmleriyle başladı ve diğer surround ses formatlarına ön ayak oldu. Örnek olarak Dolby Dijital Surround EX verilebilir.

Dolby Dijital Surround EX ev sinema sistemleri, ek bir arka surround hoparlör içerir. Bu dijital surround EX kanalı, sisteme orta arka surround hoparlörü şeklinde eklenir. Bu düzen aynı zamanda endüstride 6.1 olarak da adlandırılır (6 hoparlör ve 1 sub-bas hoparlörü).

Surround "EX" sinyalleri, Dolby Digital 5.1 sinyali içinde matrislenir ve "EX" kodlu içeriğin halihazırdaki Dolby Digital uyumlu ekipmanlarda kayıpsız bir biçimde çalınmasını sağlar. Bununla birlikte, ilave surround kanal bilgisini yeniden yapılandırmak için bir Dolby Digital EX kod çözücüsü, uygun bir amplifikatör ve bir veya iki arka surround hoparlörü kullanımı gerekmektedir. THX (Tomlinson Holman Experiment) Ltd, ayrıca "Surround EX" formatını "THX Ultra2" ile daha ileri bir seviyeye taşımıştır. Bu format, üç ön hoparlör ile dört surround hoparlörü ve yirmi hertz'e yayılan bir menzili olan subwoofer hoparlörü için yapılandırılmıştır (Helen Mitchell 2004).

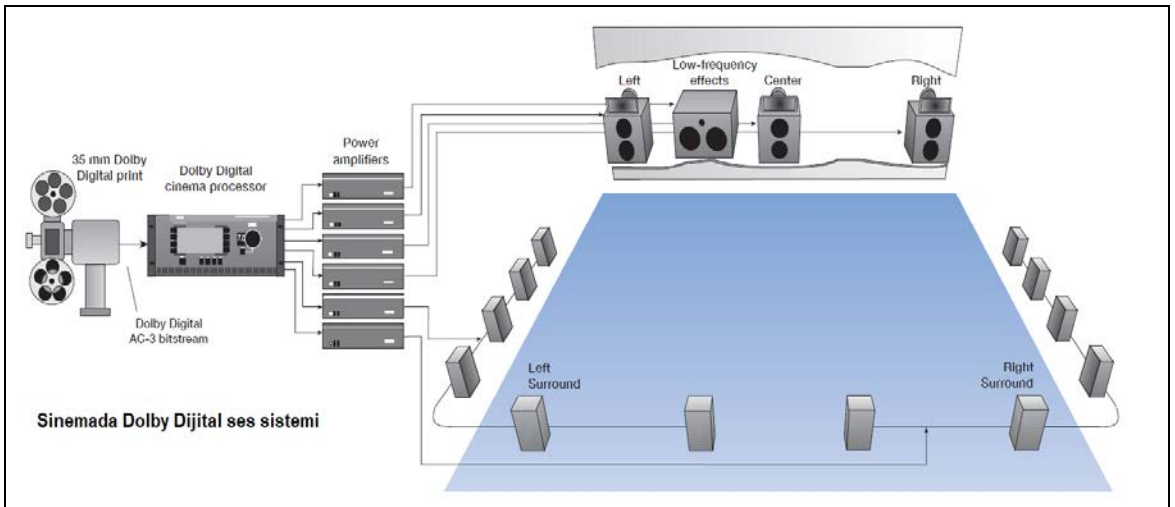
Şekil 2.2: Dolby Dijital Surround EX Sisteminin Sinemadaki Yerleşim Şekli



Kaynak: Helen Mitchell, 2004, University of Hull

Dolby'nin analog film ses formatlarına benzer şekilde, sinemadaki Dolby Dijital, 1995'te lazer disklerle başlayan ve sonrasında DVD, kablolu TV, DBS sistemleri, dijital TV yayıncılığı ve birçok multimedya uygulamalarını izleyen Dolby Dijital, ses tüketici formatlarında bir tramlpen etkisi yaratmıştır. Film sesi, Dolby Dijital için başlangıç noktasıdır ve çok kanallı dijital seslerin kaydedilmesi, miksajı ve dağıtılması konularında paha biçilmez bir deneyim birikimi sağlamıştır.

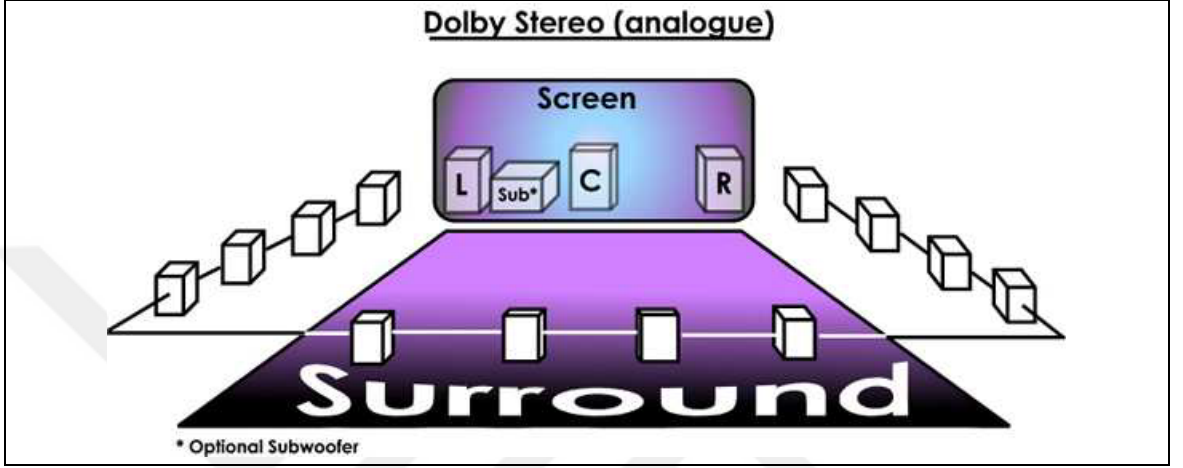
Şekil 2.3: Dolby Dijital Ses Sisteminin Sinemadaki Detaylandırılmış İşlem ve Yerleşim Şekli



Kaynak: Dolby, 2005, General Manager, Audionet

Günümüzde Dolby Stereo logosu, dört ses kanalının iki kanallı optik film müziğine kodlandığı veya matrisleştirildiği dört kanal formatıyla (ön-sol, ön-orta, ön-sağ ve surround) ilişkilendirilir.

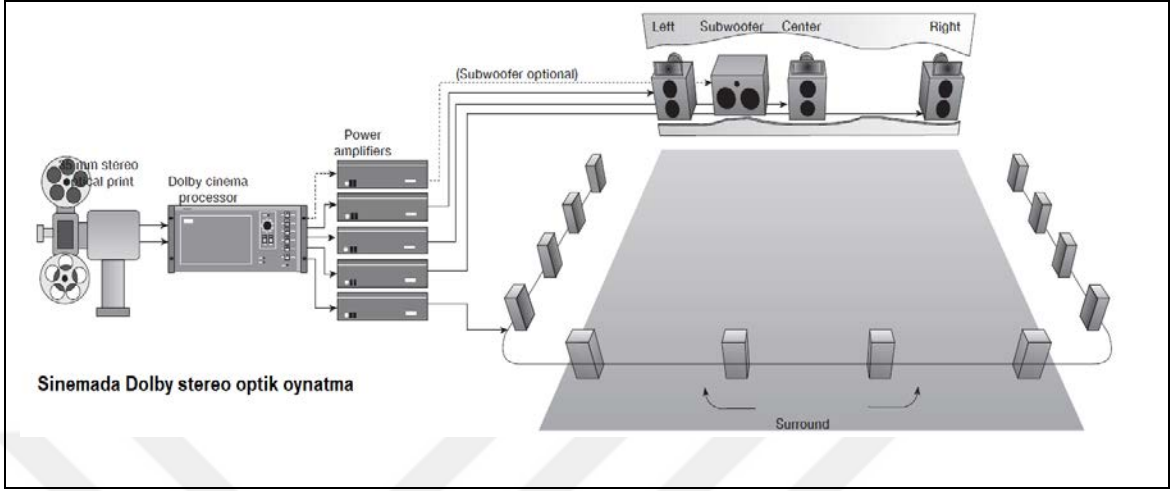
Şekil 2.4: Dolby Stereo Surround Sisteminin Sinemadaki Yerleşim Şekli



Kaynak: Helen Mitchell, 2004, University of Hull

Dolby laboratuvarı 1970'lerin ortasında kullanıcılara yeni bir ses teknolojisi olan Dolby Stereo'yu tanıttı. Bu sistemde manyetik şeritleme yerine, 1930'lerden bu yana filme mono ses aktarmak için kullanılan fotografik veya optik film müziği teknolojisi kullanıldı. Dolby ayrıca, normal baskı yerine iki surround kanal taşıyabilmek için 70 mm baskı sağlayan bir teknik geliştirdi. Bu "stereo surround" 70 mm formatı, üç ön kanalı, iki surround kanalı ve düşük frekanslı efekt kanalıyla bugünün "5.1" kanallı Dolby Dijital surround formatının öncüsü oldu.

Şekil 2.5: Dolby Stereo Ses Sisteminin Sinemadaki Detaylandırılmış İşlem ve Yerleşim Şekli

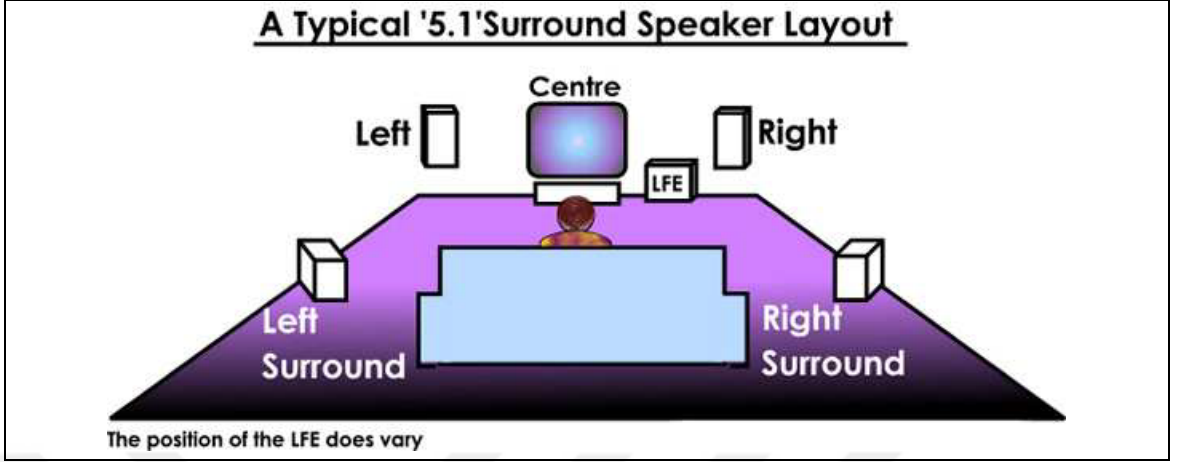


Kaynak: Dolby, 2005, General Manager, Audionet

Mono video kaset ve kayıt cihazları da 1972'de kullanıcılarla buluştu (Hull, 2004). Başlangıçta, kullanıcıların evde olmadıkları zamanlarda sevdikleri televizyon programlarını kaydetmelerinin bir yolu olarak tanıtıldı. Video kasetinin tanıtımı, film endüstrisi ve televizyon arasındaki rekabeti ortadan kaldıran bir faktör oldu.

Stereo video kasetleri 1978'de ve ardından 1980'de daha yüksek kalitede görüntü ve ses kalitesi sunan iki kanallı lazer diskle piyasaya sürülmüştü. Lazer disk, tüketici pazarının görüntüyle dijital sesi bir araya getirdiği ilk görsel-işitsel ortamdı ve bunu iki yıl sonra kompakt disk takip etti. 1986'da stereo televizyon yayıncılığı da benimsendi (Hull, 2004). Stereo film müzikleri olan filmler ev ortamında erişilebilir olduklarında, çok kanallı surround sesin yeniden gözden geçirilmesi giderek daha önemli hale geldi.

Şekil 2.6: 5.1 Ev Sineması Surround Ses Sistemi Yerleşim Şekli

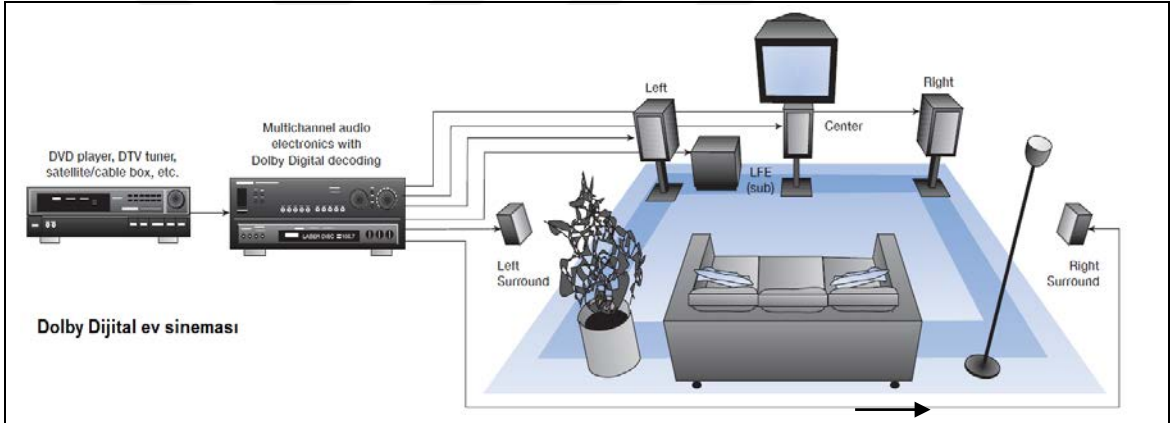
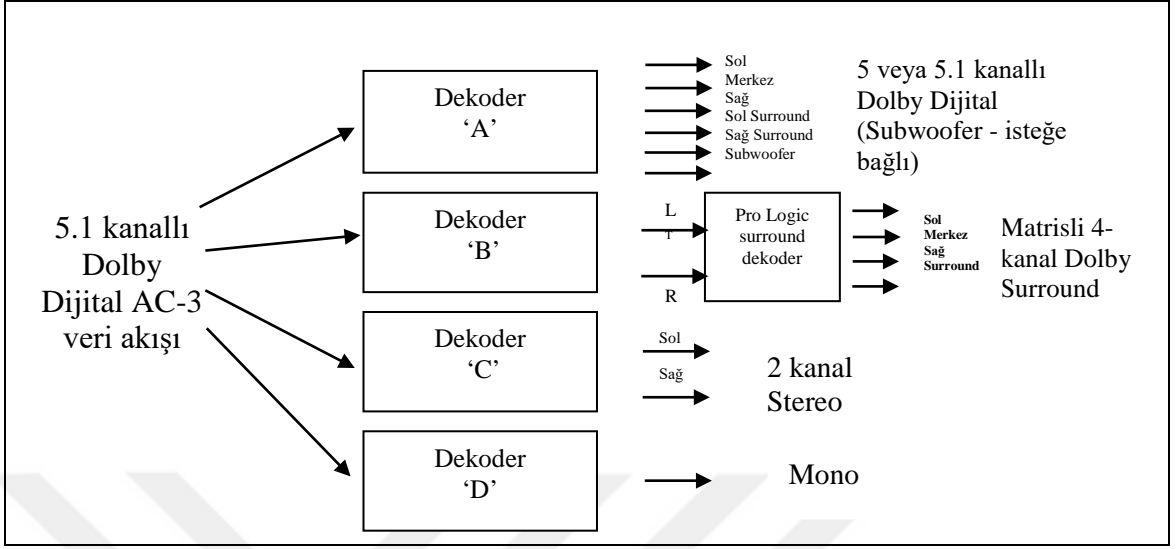


Kaynak: Helen Mitchell, 2004, University of Hull

Tek bant sınırlı surround kanala (genellikle iki hoparlörde çalınır) sahip analog Dolby Surround'un aksine, Dolby Dijital'de, her biri üç ön kanalla aynı kaliteyi sunan iki tamamen bağımsız surround kanal bulunur. Sonuç olarak, genişletilmiş bir derinlik hissi, lokalizasyon ve genel gerçekçilik için gerçek stereo surround efektler elde edilebilir. Her sisteme aynı sınırsız çok kanallı ses içeriği iletilirken, dekoder, kullanıcı tercihine göre optimize edilebilir. Örneğin dekoderler, çok kanallı programlamadan, analog Dolby Surround dekode için (matrix-encoded) iki kanallı bir miksaj, geleneksel bir stereo miks hatta bir mono miks gibi optimum downmixing sağlayabilir. (Hull, 1999)

Böylelikle Dolby Dijital'in daha az kanal içeren programa dönüşüm (downmixing) özelliği her seviyede kurulum için optimum bir dinleme memnuniyeti sağlar.

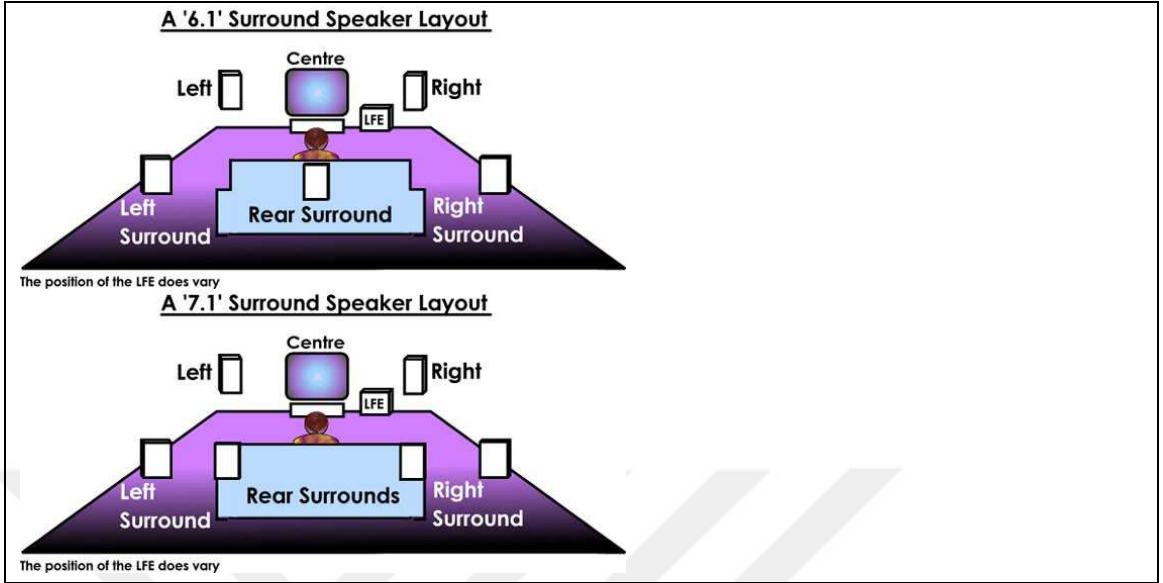
Şekil 2.7: Dolby Dijital Ev Sineması Ses Sisteminin Yüksek Çözünürlüklü Televizyon Yayını İçin Detaylandırılmış İşlem Ve Yerleşim Şekli



Kaynak: Dolby, 2005, General Manager, Audionet

Ev sineması deneyiminin başarısı birkaç faktöre bağlıdır. Bunlar; ekipmanın kalitesi, doğru kurulumu ve yapılandırması, ev ortamının etkili surround ses sunumu için uygunluğudur. Bugün hala ev sinema sistemlerinin ses kalitesi gerçek sinema sesiyle karşılaştırılmaz (Mitchell, 2004).

Şekil 2.8: 6.1 ve 7.1 Dijital Ev Sineması Surround Ses Sistemi Yerleşim Şekli

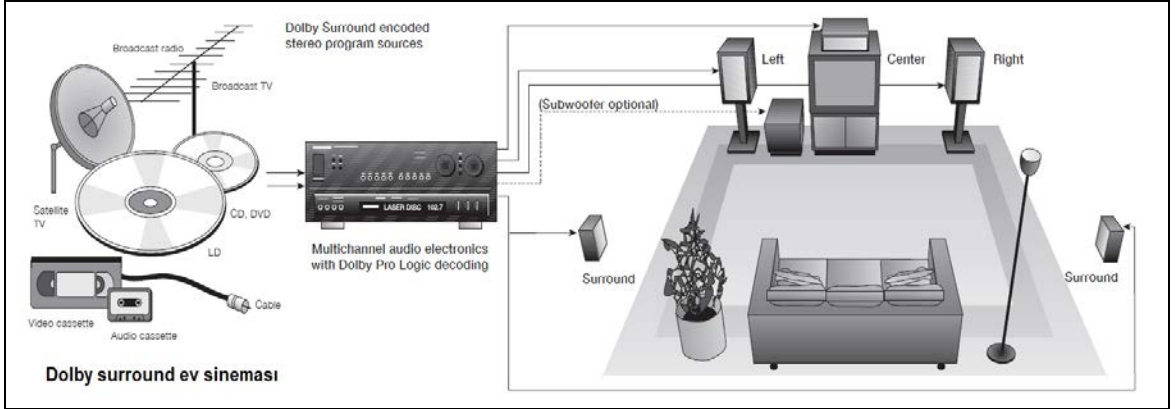


Kaynak: Helen Mitchell, 2004, University of Hull

Günümüzde tercih edilen 5.1 surround sisteminden sonra 6.1 ve 7.1 sistemleri de yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

Dolby Dijital "High Definition Television" (Yüksek Çözünürlüklü Televizyon) için dijital ses standardı haline geldi. Örneğin Fransa, İngiltere, Almanya, İsveç, İtalya, Avusturya ve Polonya Yeni Dijital Karasal Televizyon (DTT) ağı ve TPS ağı uydu servisi üzerinden Dolby Dijital 5.1 şeklinde yayınlar yapılmaktadır. (Dolby, 2005, General Manager, Audionet).

Şekil 2.9: Dolby Surround Ses Sisteminin Yüksek Çözünürlüklü Televizyon Yayını İçin Detaylandırılmış İşlem ve Yerleşim Şekli



Kaynak: Dolby, 2005, General Manager, Audionet

Dolby Atmos:

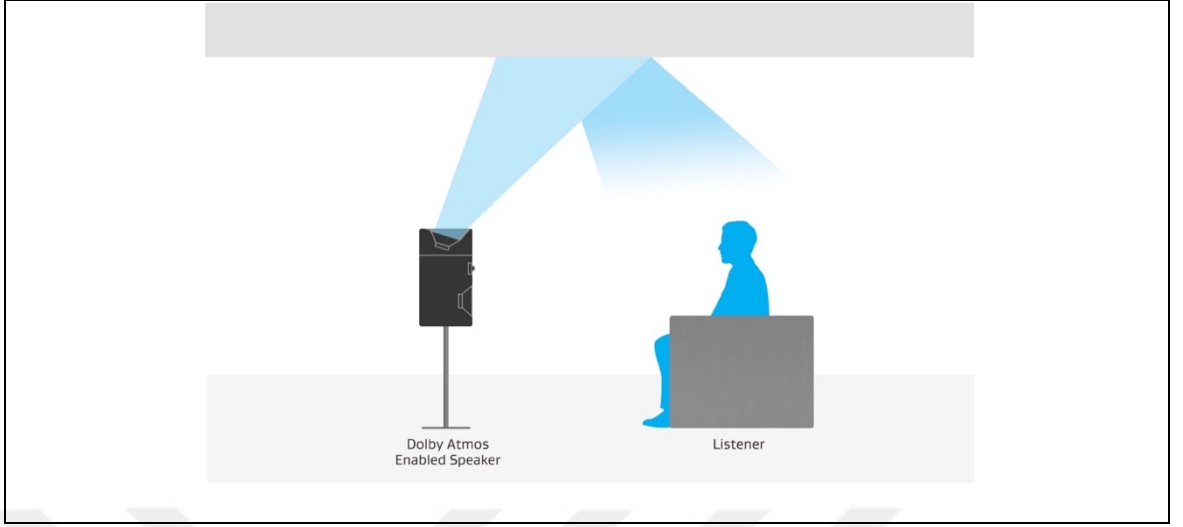
Geleneksel surround ses sistemlerinin ötesinde 3D bir deneyimi kullanıcılara sinema, ev sinema sistemleri, bilgisayar hatta cep telefonlarında bile sunabilen Dolby Atmos 2012 yılında geliştirilmiştir. Dolby Atmos, çoklu hoparlör kurulumu ile oluşturulan surround ses sistemlerinde hoparlörlere gönderilen çoklu kanal verilerine ek olarak 3D alanda sanal konumlarla eşleşen uzamsal veriler de gönderir.

Bu uzamsal veriler, özel olarak ayarlanmış hoparlör sistemlerini barındıran Dolby Atmos alıcısına iletilir. Bu özel alıcı çalınan sesi uyumlu hoparlörler vasıtasıyla ev veya sinema salonlarının akustiğine göre kalibre eder, bu sayede daha gerçekçi bir surround ses deneyimi yaratır.

Bireysel ses elemanlarını oditoryum içinde hemen hemen her yere dağıtabilmek için, film müziğine kodlanmış meta verileri kullanarak, aynı anda 118 ayrı ses objesini 64 taneye kadar ayrı hoparlöre yönlendirir.

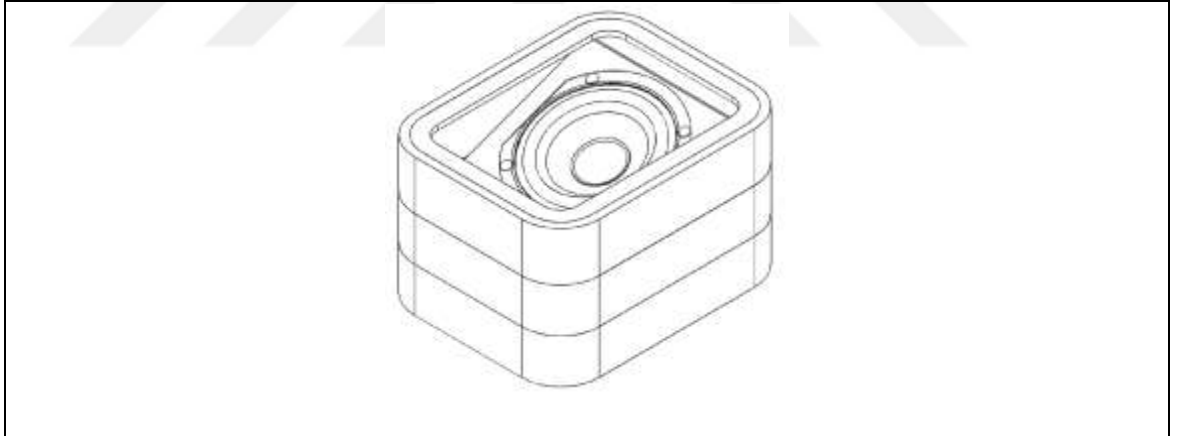
Böylelikle Atmos sesi yalnızca 'X' ve 'Y' eksenlerinde surround olarak değil, aynı zamanda 3D yani 'Z' ekseninde de sağlar.

Şekil 2.10: Dolby Atmos Hoparlörlerin Sesleri Tavandan Yansıtması



Dolby Atmos hoparlörleri sesleri tavandan yansıtarak olağanüstü derecede gerçekçi bir dinleme deneyimi sağlar.

Şekil 2.11: Dolby Atmos Özellikli Hoparlörler

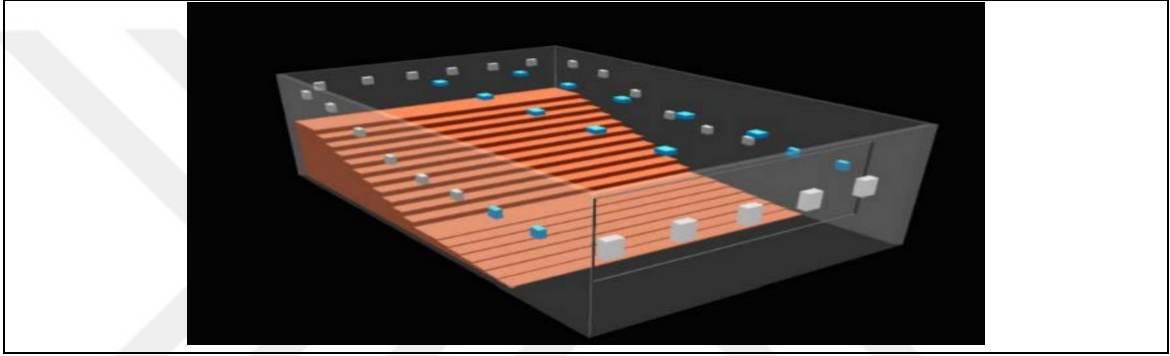


Dolby Atmos özellikli hoparlörler, pek çok oda tipinde inanılmaz derecede hassas bir Dolby Atmos deneyimi yaratabilir. En iyi deneyim alçıpan, sıva, beton veya ahşap gibi akustik olarak yansıtıcı malzemelerden yapılmış düz tavanlardan (kubbeli veya açılı değil) elde edilir. Dolby bu teknolojiyi, 8 ila 9 feet (2,4 ila 2,7 metre) tavan yüksekliğine sahip odalar için tasarlamış olsa da testler, 4,3 metre yükseklikteki odalarda da Dolby Atmos deneyiminin kayıpsız yaşanabildiğini göstermektedir. (Dolby 2014)

İlk nesil sinema donanımı "Dolby Atmos Cinema Processor", 128 ayrı ayrı ses objesi ve 64 adede kadar benzersiz hoparlör beslemesini destekler. (Hidalgo 2012). "Dolby's Atmos technology gives new meaning to surround sound, death from above". Engadget.)

Teknoloji başlangıçta ticari sinema uygulamaları için yaratılmış ve daha sonra ev sinemasına uyarlanmıştır. (Bolton 2012). "New Dolby Technology to Make Horror Movies Scarier". New York Times.) ("Dolby 2012.)

Şekil 2.12: Dolby Atmos Sinema Sisteminin Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları



Kaynak: Brian Vessa, Sony Pictures Entertainment, SMPTE Education Webcast Series 2018

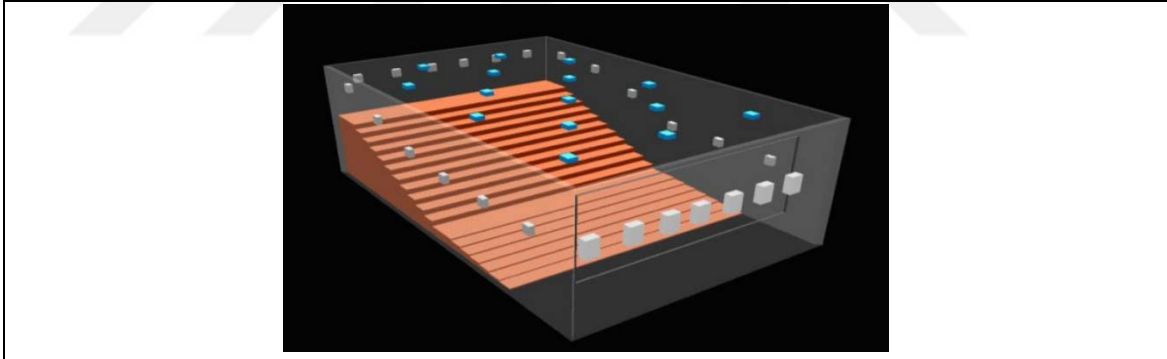
IOSONO:

Ses reproduksiyonunda, her zaman daha mantıklı ve daha etkileyici bir ses reproduksiyonu yaratma hedefi olmuştur. Sesin Mono'dan Stereo'ya Stereo'dan Surround'a geliştirilmesinde, çok kanallı ses formatları için birçok farklı hoparlör düzeni önerilmiştir; 5.1, 7.1, 9.1, 11.1 veya 22.2 sadece birkaç örnektir. Hoparlörlerin sayısı sürekli artarken, çok kanallı formatların sınırlamaları değişmemiştir. Surround reproduksiyon, dinleyicileri, hoparlörler arasında sesi en iyi performans ile algılayabilecekleri noktada konumlandırma temeline dayanır. Ancak bu "sweet spot" olarak adlandırılan küçük alanın dışına taşınmak, illüzyonun çökmesine neden olur. Prodüksiyon tarafında diğer bir sorunda, içeriğin belirli format için üretilirken, çoğaltma sırasında doğru olmayan kurulumlara uyarlanmasıdır. Dahası, mekân işletmecileri her yeni gelişme için yeni bir sistem kurmalıdır. IOSONO'nun teknolojisi ile çok kanallı formatların sınırlamaları ortadan kalkar ve dinleyiciler inanılmaz canlı, net ve kaliteli bir ses deneyimler. (Melchior vd, 2011)

IOSONO teknolojisinin ses üretimi yaklaşımı, hoparlörleri denklemden etkili bir şekilde çıkarır; sesleri sadece dinleyicinin etrafına değil, odanın içine, dışına ve üstüne yönlendirerek akustik nesnelere üç boyutlu alana tam olarak yerleştirir. IOSONO CORE ses işlemcisi, her tür surround ses formatının veya çoğaltma sisteminin üretimi ve kontrolü için nesne tabanlı ses üreten kapsamlı bir cihazdır. Kurulumda, oda hoparlör pozisyonları, izleyici alanı ve gerekirse ekran boyutu için ölçümler yapılır. Bu bilgiden bir harita oluşturulur ve işlemciye yüklenir. Her bir hoparlör kanalının frekans tepkisi, sesin nereden geldiğine bakılmaksızın ton dengesinin korunabilmesi için tam olarak optimize edilir. (Mauer and Melchior 2011)

IOSONO görüntü oluşturma algoritması, her bir nesnenin konumunu hareketini ve tarif edilen hoparlör konumları ile dinleme alanı ilişkisini dinamik olarak değerlendirir. Üretim sırasında, IOSONO CORE, ortama (oda şekli, hoparlörlerin sayısı ve konumu, ekran boyutu vb.) veya uygulamaya (standart stereo, 5.1, binaural vb.) uygun sunum için nesnelere (sesler ve uzamsal veriler) gerektirdiği şekilde işler (Melchior vd, 2012).

Şekil 2.13: IOSONO Sisteminin Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları



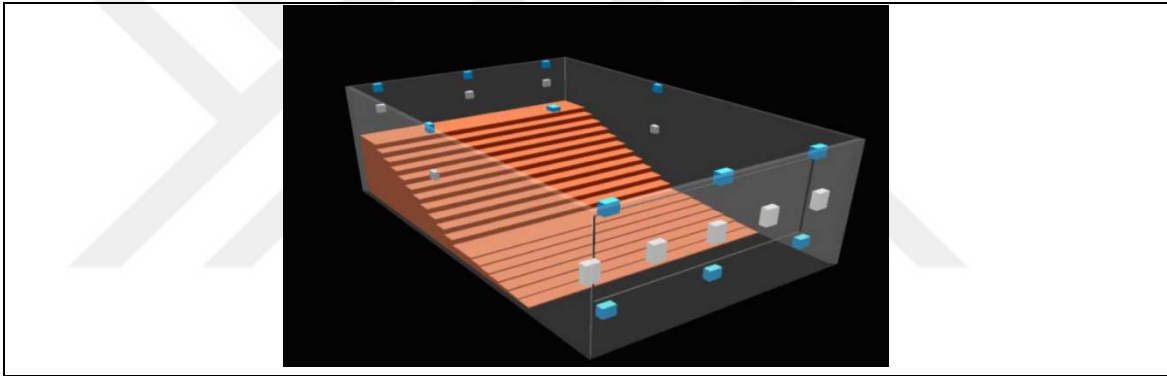
Kaynak: Brian Vessa, Sony Pictures Entertainment, SMPTE Education Webcast Series 2018

IOSONO ses sistemi ile yaratılan ses derinlik seviyesi, nesnelere odanın içinde veya dışında serbestçe hareket etmesi için otomatikleştirilebilmesi nedeniyle olağanüstüdür. Örneğin, yaklaşmakta olan bir fırtına, uzaktan yaklaşırken algılanabilir ya da yağmur damlalarının sesleri damlalar dinleyicilerin kafasına düşüyormuş gibi yerleştirilebilir. IOSONO 3D sesin yaratılmasının arkasındaki teknoloji, Dalga Alan Sentezi ilkelerine ve Fraunhofer'in ilgili araştırmasına dayanmaktadır.

NHK 22.2:

NHK Bilim ve Teknik Araştırma Laboratuvarlarında, sadece gerçekçilik değil, aynı zamanda yeni nesil bir yayın ortamı olarak hizmet etmek için canlı doğal ve doğruluk duygusu sağlayabilen, ultra yüksek tanımlı bir video sistemi için araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sürdürülürken, prototip olarak 4.000 taramalı çizgi görüntü yakalama ve görüntüleme sistemi (Süper Hi-Vision) ve 3 boyutlu ses üreten 22.2 çok kanallı bir ses sistemi geliştirilmiştir. 22.2 çok kanallı ses sisteminin ana özelliği, hoparlörlerin yalnızca kulak yüksekliğinde değil, aynı zamanda izleyicinin üstünde ve altında konumlandırılmasıdır. Bu konumlamayla sesin önden arkadan soldan ve sağdan geldiği konvansiyonel sinema ses sistemlerinin ötesinde, 22.2 çok kanallı sistemdeki ses dinleyiciye yukarıdan ve aşağıdan da iletilebilmektedir. (Broadcast Technology 2006).

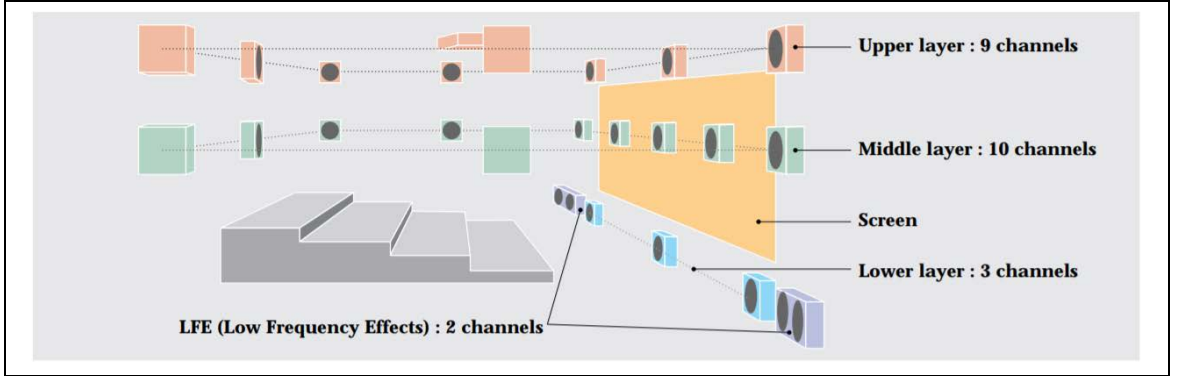
Şekil 2.14: NHK 22.2 Sisteminin Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları



Kaynak: Brian Vessa, Sony Pictures Entertainment, SMPTE Education Webcast Series 2018

Bu kurulumda, hoparlörler üç kattan oluşan yükseklik katmanlarına yerleştirilmiştir. Yaklaşık kulak seviyesindeki orta katmana ek olarak, bir üst katman ve birde alt katman bulunmaktadır.

Şekil 2.15: NHK 22.2 Sisteminin Alt Orta ve Üst Katmanlarının Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları

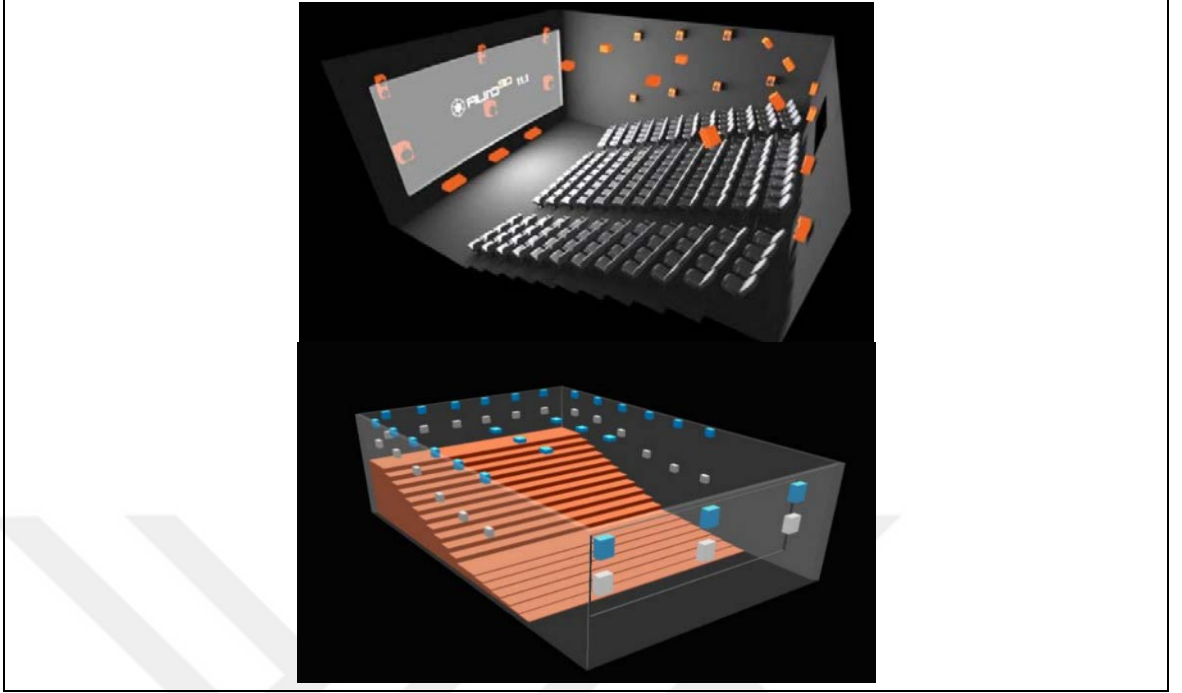


Yansıtılan ve yankılanan sesi üst katman hoparlörlerinden çoğaltmak suretiyle, sesin yaklaşım yönünü dağıtmak ve böylece geniş bir görüntüleme aralığında gerçekçiliği korumak mümkündür. Ayrıca, birden fazla hoparlörü izleyicinin üzerine yerleştirilerek yukarıdan yaklaşan sesi yeniden üretmek de mümkündür. Örneğin, izleyiciyi yukarıdan aşağıya doğru çeken ve yaklaşmakta olan sesin geldiği yönden dikey bir hareket hissi yaratarak orta ve alt katman hoparlörleriyle birlikte bir ses sahnesi oluşturmak mümkün olabilir. Sistemin orta katman kanalları, birincil ses kaynaklarını üretir. 5.1, 6.1 ve 7.1 gibi mevcut çok kanallı ses formatlarının hepsi orta kanalında birincil kanallarına sahiptir. Bu ortak özellik, 22.2 çok kanallı ses formatının, mevcut çok kanallı ses formatları için üretilen ses içeriğine de uyumlu olduğu anlamına gelir (Khamasaki and Hiyama 2006).

Auro 3D:

Auro-3D, Belçika merkezli Auro Technologies şirketi tarafından geliştirilen bir 3D ses formatıdır. 5.1 veya 7.1 ses biçiminde kullanılan tek yatay katman üzerine inşa edilen üç ses katmanı, çevre, yükseklik ve tavan üstü boyunca tasarlanmıştır. Auro-3D, geleneksel 2D surround ses sisteminin ötesinde izleyicinin etrafına bir yükseklik katmanı ekleyerek mekansal bir ses alanı yaratır. Bu ilave katman hem yerleştirilmiş sesleri hem de alt surround katmanında bulunan sesleri tamamlayan yükseklik yansımalarını ortaya çıkarır. Kayıt sırasında yakalanan yükseklik bilgisi standart bir 5.1 surround PCM taşıyıcısına miksenir ve oynatma sırasında Auro-3D kod çözücü orijinal olarak kaydedilen yükseklik kanallarını bu akıştan alarak üretir.

Şekil 2.16: Auro-3D Sisteminin Görselleştirilmiş Hoparlör Pozisyonları



Kaynak: Brian Vessa, Sony Pictures Entertainment, SMPTE Education Webcast Series 2018

Auro-3D teknolojisi, Auro-3D Engine ve Creative Tool Suite'den oluşur. İşlemci, eski içeriği Auro-3D formatına dönüştürmek için Auro-Codec ve Auro-Matic upmixing algoritmasını kullanır. Creative Tool Suite, çevreleyen 3D ses içeriği oluşturmak için kullanılabilir bir dizi eklentidir. Auro-3D, mevcut tüm prodüksiyon prosesleri ve sinema sistemleriyle tam uyumludur. Ayrıca tam DCI uyumluluğu gibi bir dizi uyumluluk özelliği de sunmaktadır. (Barco and NevaFilm 2011)

IMAX:

İlk olarak 1971 yılında sinema salonlarında yer almaya başlayan IMAX bir surround ses sistemini tanımlamanın ötesinde dijital re-mastering, projeksiyon, salon geometrisi, kamera gibi öğeleri de barındırır. Özellikle tüm ürün grubu ile hazırlanan özel IMAX filmlerinin yanı sıra normal yapımlar da Dijital Remastering teknolojisini kullanarak, orijinal filmin sesinin post prodüksiyonu aşamasında tam dinamik aralığı yeniden yaratacak şekilde miksenir ve IMAX salonlarındaki ses sistemi için optimize edilebilir (<https://www.imax.com.au/news/2013/02/what-makes-imax-so-special/> Julie Brown).

IMAX, salonlarında 7 tanesi yer düzeyinde ve 5 tanesi tepede olmak üzere 12 ses kanalından oluşan özel bir ses formatı bulunur. Atmos veya (teorik olarak) DTS-X' in

aksine, IMAX formatı tamamen kanal tabanlıdır ve 3D ses nesnelere kullanmaz (<https://www.highdefdigest.com/blog/imax-enhanced-dts-audio-format-debut/>).

2.2 YAKIN DÖNEM KULAKLIK TEKNOLOJİLERİ

Salon sistemlerindeki yenilikler ve ev sinema deneyiminin boyutları ses teknolojilerinin gelişimiyle paralel olarak şekillenmiştir. Günümüzde üreticiler, kulaklık kullanımının artışı ile birlikte surround ses deneyimini, taşınabilir halde sunmaktadır.

Burada kulaklıkların gelişiminden kısaca bahsetmek gerekir.

- i. 1880' lerde telefon operatörleri tarafından kullanılan modern kulaklığın öncüleri, sadece tek bir kulaklığa sahip ve ses iletimi için bir ağızlık ile birlikte şakağa bağlanarak kullanılan oldukça ağır sistemlerdi.
- ii. İlk set kulaklıklar 1910 yılında denizci Nathaniel Baldwin tarafından geliştirildi ve Amerika Deniz Kuvvetlerine bir radyo ekipmanı olarak satıldı. Bu haliyle uzun yıllar sadece donanma telefon ve radyo operatörleri tarafından kullanıldı. (Headphonesty.com, 2016)
- iii. Bir sonraki başarılı kulaklık seti 1937 de Beyerdynamic tarafından üretildi. DT-48' ler kullanılan en yaygın kulaklık türü haline geldi. (sutori.com)
- iv. 1958 yılında mühendis John C. Koss kişisel dinleme için kullanılacak ilk stereo kulaklığı geliştirdi. Özellikle müzik dinleme deneyimini daha heyecanlı hale getirmeyi hedefledi. (koss.com)
- v. Sennheiser'in ilk kulaklıkları ise 1966'da tanıtılan HD 110'du. Bunlar klasik tasarımlı üzerinde ses bobiniyle plastik bir diyafram kullanılan kapalı kulaklıklardı. Bu tasarım manyetik kapsüllerin yapısında bulunan bir dizi rezonans ve harmonik bozulma problemini çözmüştü. 20 Hz – 20 kHz frekans tepkisine sahiplerdi ve hem tüketici hem de profesyonel kullanım için popülerdi.
- vi. Ardından bir Sennheiser mühendisi, kulaklıkların arkasının açık bırakıldığında daha doğal bir ses iletildiğini keşfetti. Diktafonla ses kaydı yapabilmek için çubuk tipinde bir mikrofon geliştiriyordu ve test ederken ikisini alıp kulaklarına tuttu. Normal kulaklıklardan çok daha iyi ses çıkardıklarını farketti. Atölyede, onları sabitlemek için bir kafa bandı yaptı ve rahat etmek için bir köpük

parçasıyla kulaklarından uzaklaştırdı. Ses, o zamanlar mevcut olan kapalı modellerden çok daha doğal ve net bir şekilde kulağa iletiliyordu.

Arkası kapalı kulaklıklardan iyi ses almak için kulaklık tasarımının rolü fazlasıyla önemliydi. İyi bir ses elde etmek için kafaya sıkıca tutturulması gerekiyordu ve bu durum genellikle ağır ve rahatsız edici kulaklıklarla sonuçlandı. “Açık Aire” ilkesi, kulaklıkların artık daha hafif bir kulak basıncıyla konforlu hale getirilebileceği ve iyi bir dinleme deneyimi sunacağı anlamına geliyordu.

- i. Bu yenilikten sonra 1968 yılında Sennheiser ilk açık kulaklığı olan HD 414’ü piyasaya sürerek tasarımı beklenenden daha yüksek bir talebe ulaştırdı. (Willett 2008)
- ii. 1979 yılında taşınabilir kulaklıklar Sony tarafından piyasaya sürülerek günümüzün modern kulaklıklarına öncü oldu (sutori.com). Sony’ nin Walkman ürünüyle birlikte sunduğu açık kulaklığı MDR-3L2, portatif kulaklık dönemine geçişi sağladı.
- iii. 1989 yılında BOSE firması havacılık endüstrisi için ilk aktif noise canceling özellikli kulaklığı tasarladı ve piyasaya sürdü. Gürültü önleyici kulaklıklar aktif gürültü kontrol sistemini kullanarak istenmeyen ortam seslerini azaltır.

Bu fikrin temelleri İngiliz matematikçi ve mühendis Thomson’ın 1878 yılında ortaya koyduğu sesi ses ile engellemenin mümkün olduğunu gösteren çalışmalarına kadar dayanır.

(<https://www.engineersgarage.com/invention-stories/noise-cancelling-headphones>)

1990’larda taşınabilir müzik dinleme araçlarının kullanımındaki artış sonucu kulaklıklar daha küçük tasarımları olan kulak içi kulaklıklara kadar gelişmiştir. 2000’lerin başlarında Apple’ın Ipod’u tüketiciye sunmasıyla bu kez yeni dijital müzik portatif hale gelmiş, bu sayede kulak içi kulaklıklar çok fazla sayıda dinleyici tarafından tercih edilmeye başlanmıştır.

<https://www.ssense.com/en-us/editorial/culture/a-history-of-headphone-design>

2.2.1 Surround Kulaklıklar

Stereofonik ve surround popüler müzik çoğunlukla hoparlörler için üretilse de son yıllarda gittikçe daha fazla dinleyici kulaklık kullanmaktadır. Kulaklık kullanımının yaygınlaşması nedeniyle alan algısı konusunda kulaklık ile hoparlör deneyimleri arasındaki fark daha da belirgin hale gelmiştir. Her ne kadar çeşitli algoritmalar bu uyumsuzluğa çözüm olarak tanıtılsa da kulaklıkla yapılan dinleme testleri, bu işlemlerin bir müzik parçasının orijinal (işlenmemiş) versiyonuyla karşılaştırıldığında dinleyiciler tarafından tercih edilmeyen sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Buradaki temel meselenin, geleneksel stereofonik müzik dinlerken hoparlör ve kulaklık kullanımı arasındaki farklı mekânsal canlandırmaların tüketici algısı üzerindeki etkisi ile ilgili olduğu söylenebilir.

(Manor, vd, 2012)

Stereo kulaklıklardan üretilen ses, dışsal ve uzak bir kaynaktan değil, kulakların yakınından geldiğinden, alışıldığından farklı bir kalitede olabilir. Örneğin surround sesin en yaygın kullanım alanlarından ev sinema sistemi kullanıcılarının pek çoğu için ekrandaki görüntü ile kulaklarına gelen ses arasında hafif bir fark vardır. Bu, surround kulaklıkların düzeltmeye çalıştığı temel sorunlardan biridir. Gerçek surround ses kulaklıkları, farklı açılarda yayın yapan birden fazla hoparlöre sahipken sanal surround ses, çok yönlü kanalın etkisini simüle etmek için karmaşık ses işleme süreçleri kullanan iki hoparlöre sahiptir.

Gerçek surround ses kulaklıkları, surround ses hoparlörleriyle aynı temel felsefeyi takip eder. Her kulaklık kabına yerleştirilmiş farklı ses kanallarını işleyen birkaç ayrı hoparlör kullanılır. İlk modeller 4 kanalla sınırlıyken, şimdi tüm modern modeller 5.1 ya da 7.1 surround ses sunar. Bu kulaklıklar, doğal olmayan, ayrılmış ses sorununa etkili bir çözüm getirmiştir.

Sanal surround ses, yapay etkilerle gerçek etkiyi yaratmak üzere çalışır. Sanal surround kulaklıklar standart kulaklıklarda olduğu gibi, her bir kulak için bir tane olmak üzere iki ayrı hoparlöre sahiptir. Bu tarz modeller normal stereo veya surround ses sinyallerini surround sese çevirmek için dahili veya harici işlemciler kullanır. Bu işlemciler, sinyalleri ayrı ve daha küçük bölümlere ayırmak için tasarlanmış algoritmalara sahiptir. Ses kulağa iki hoparlörden gelmesine rağmen, teorik olarak birçok kaynaktan yayılıyor gibi hissedilir. Bir çok şirketin sanal surround sesi elde etmek için kendi yöntemleri ve algoritmaları vardır. Temel düzeyde bu kulaklıkların başardığı şey, kulaklık

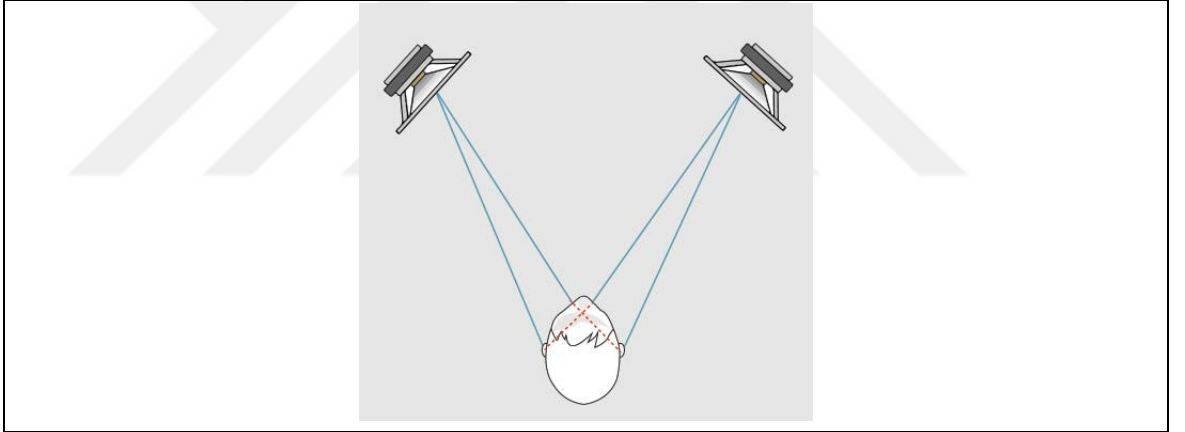
hoparlöründen çıkan sesi doğrudan kulak kanalına taşımak yerine, kulağın dış kenarlarına çarpan ve sesin farklı yönlerden geldiği algısını yaratacak şekilde yönlendirmektir. Gerçek surround ses gibi, sesin doğrudan izleyicinin kafasında üretildiği hissinden kaçınılarak çoklu açılardan geliyormuş gibi duyurulmasını sağlamaktadır (Schedeen 2010).

Temelde kulaklık üzerinden ses algısı normal dinlemeden farklı bir deneyimdir. Örnek olarak stereo kulaklık dinlemesiyle hoparlör dinlemesini karşılaştırırsak, birkaç önemli farktan bahsedebiliriz:

I. Kanal Crosstalk

Sol ve sağ hoparlör konfigürasyonunu dinlediğimizde, sol hoparlörden gelen sinyal hem sol hem de sağ kulağa gelir ve sağ hoparlörden gelen girişle toplanır. Kulaklıklarda aynı içeriği dinlediğimizde, sol kulak yalnızca sol kanalı sağ kulak yalnızca sağ kanalı duyar.

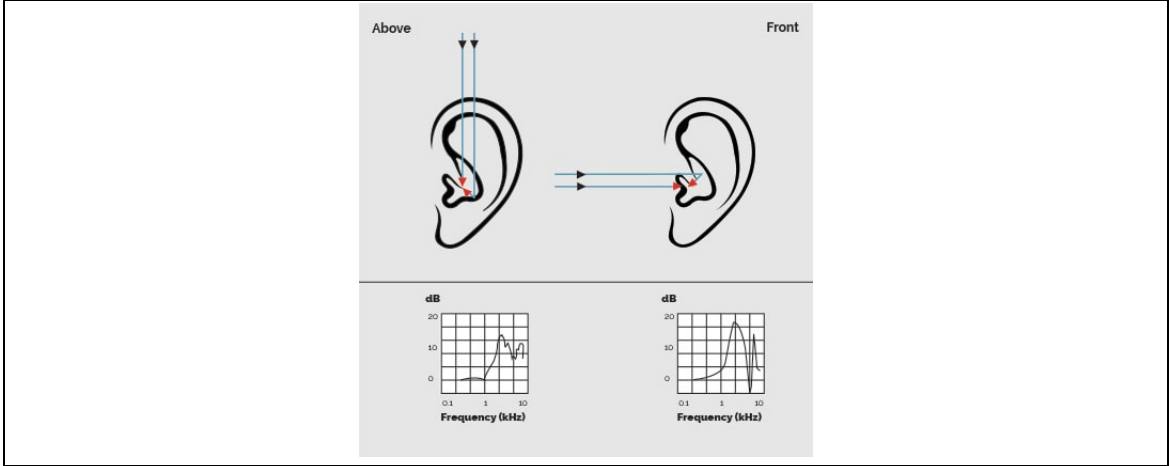
Şekil 2.17: Kanal Ses Karışımı



II. Baş ve Kulak Filtreleme ve Gecikmeler

Havada yayılıp kulak zarı içine gelmeden önce, ses dalgası başımızın ve kulaklarımızın büyüklüğü ve şekli nedeniyle filtreleme ve gecikme etkisine maruz kalır. Ses dalgası kulaklara farklı zamanlarda ve farklı frekans şekilleriyle gelir. Gecikmeler ve filtreler sesin geldiği açıya bağlıdır. Kulaklıktan dinlerken, bu filtreleme ve geciktirme efekti atlanır ve sinyal doğrudan kulak zarıyla (kulaklık tipine bağlı olarak) etkileşir.

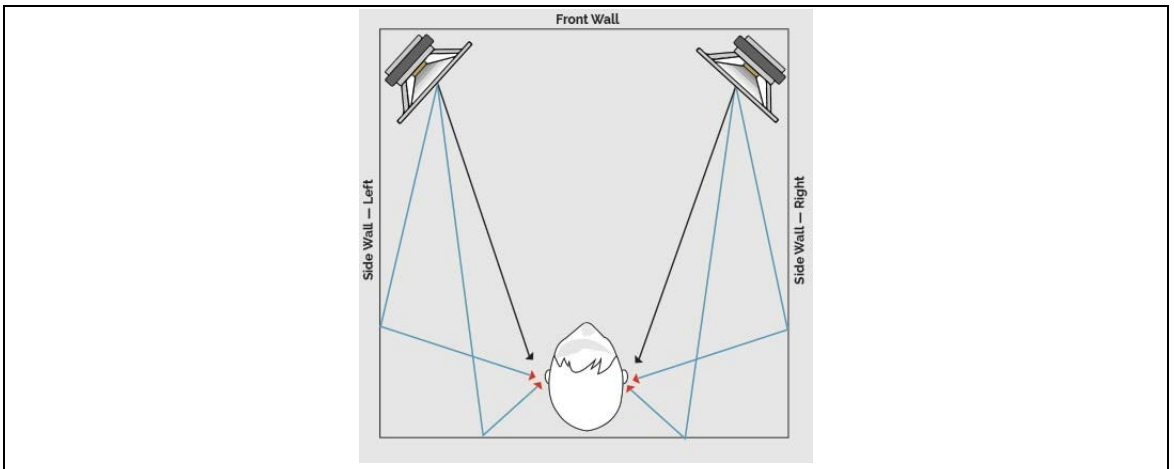
Şekil 2.18: Kulak Filtreleme: Yöne Bağlı Frekans Değişimi



III. İlk Yansımalar

Gerçek dünyada ve en kuru stüdyoda bile, hoparlörlerden gelen doğrudan ses kulaklara gelen tek ses değildir. Ses dalgası, duvarlardan ve diğer fiziksel nesnelere yansırarak, çok sayıda yönden gelen yüksek derecede ilişkili sinyaller oluşturarak odayla etkileşime girer. Bunlara ilk yansımalar denir. Aynı zamanda sinyaller geldikleri yöne göre filtreleme ve gecikme yaşarlar. Beynimiz, kaynağın mesafesini dinleme alanının boyutlarını ve akustik özelliklerini tahmin etmek için doğrudan kaynağa göre bu ilk yansımaların kazanımlarını, varış zamanlarını ve yönlerini kullanır. Geleneksel kulaklıklarda ise bu süreçlerin hiçbiri gerçekleşmez; yalnızca kuru sinyal kulağa iletilir ve fiziksel bir çevre ile nasıl etkileşime girdiğine dair bir gösterge içermez.

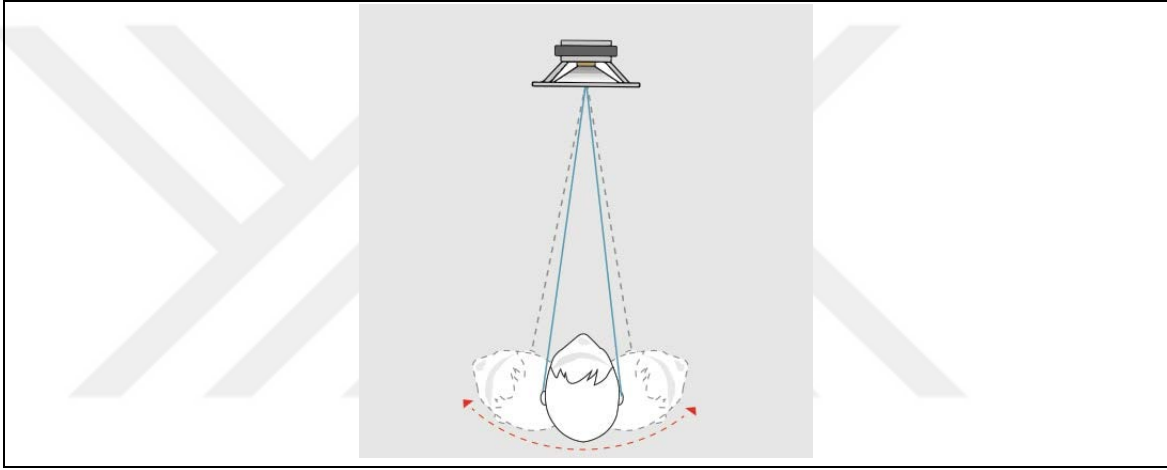
Şekil 2.19: İlk Yansımalar



IV. Baş Hareketi

Yukarıda tarif edilen olayların tümü, sesin yönüne bağlı olduğundan, başımızın en küçük dürtüsü bile, dış dünya kafayla birlikte hareket etmediğinden, ses sahnesinin zıt yönde kaymasına neden olur. Değişime karşı son derece hassas olan beynimiz, sesin önceden nerede olduğunu ve şimdi nerede olduğunu hatırlar, bunu kendisinin (kaynağın değil) taşındığı bilgisi ile birleştirir ve statik bilgiyi dışsal harici kaynağı bulmak için kullanır. Kulaklıklarla dinlediğimizde ise ses sahnesi sürekli olarak kafa ile hareket eder ve beynin ses kaynaklarının yeri ile ilgili tuttuğu herhangi bir varsayım ile eşleşmez.

Şekil 2.20: Baş Hareketi

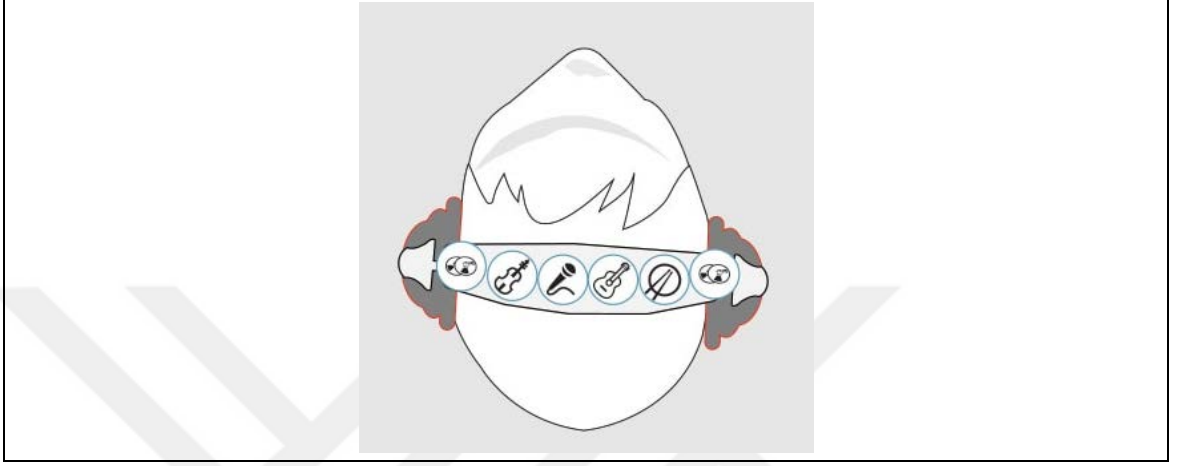


Prodüksiyon sürecinde ses mühendisleri ve teknisyenler arasında da yaygın bir kulaklık kullanımı söz konusudur ve bahsi geçen sorunların aşımı bu alan için çok daha fazla önem taşımaktadır. Özellikle kulaklıkla gerçekleştirilen stereo veya surround miks oturumlarında gerçek duyuma yaklaşabilmek için bazı yazılım eklentileri kullanılabilir. Örneğin Waves Nx teknolojisi, harici kaynaklardan gelen seslerin dinlenmesi ile kulaklık dinlemesi arasındaki boşluğu sanal olarak kapatmak için geliştirilmiştir. Nx algoritması, beyni hem stereo hem de surround için, sesin uzaydaki sanal hoparlör konumlarından geldiğine ikna etmek için yukarıda açıklanan tüm eksik ipuçlarını sinyale yerleştirir.

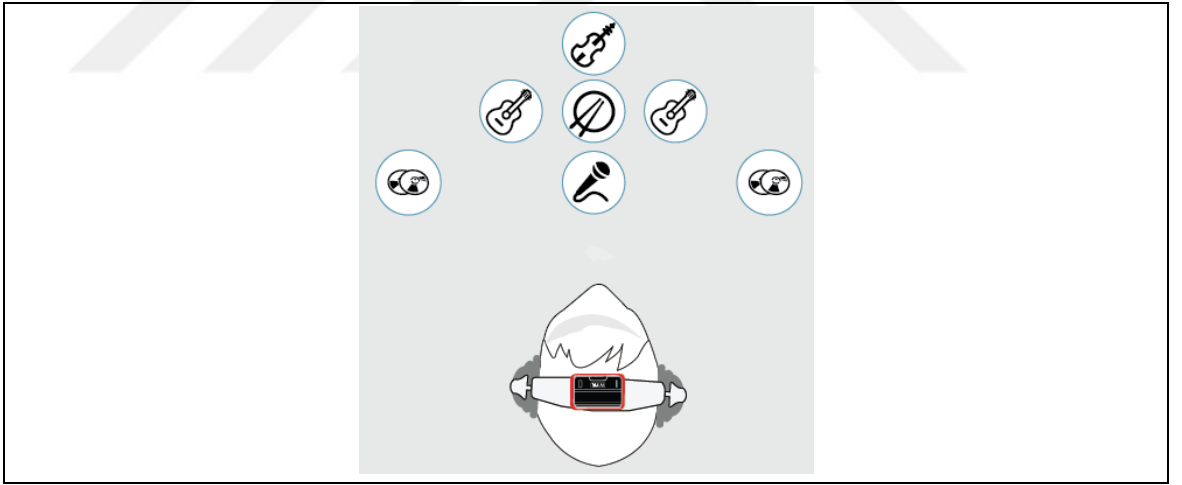
Nx, tüm bunları, yalnızca uzamsal 3D ses görüntüsünü yeniden oluşturmak için gerekli olan kritik ve küresel ipuçlarını ekleyerek sesi değiştirmeden veya renklendirmeden yapar. Filtreler ve ambiyans, frekans değişikliğini en aza indirmek için transparan akustikte bir miks odası oluşturmak üzere optimize edilmiştir, öyle ki tüm değişiklikler

eşitleme yerine uzayla ilişkili olarak algılanır. Sesi kullanıcının kafa hareketlerine göre ayarlayarak, 3D algı, frekans tepkisinde ciddi değişiklikler olmadan yaratılır (Waves 2016).

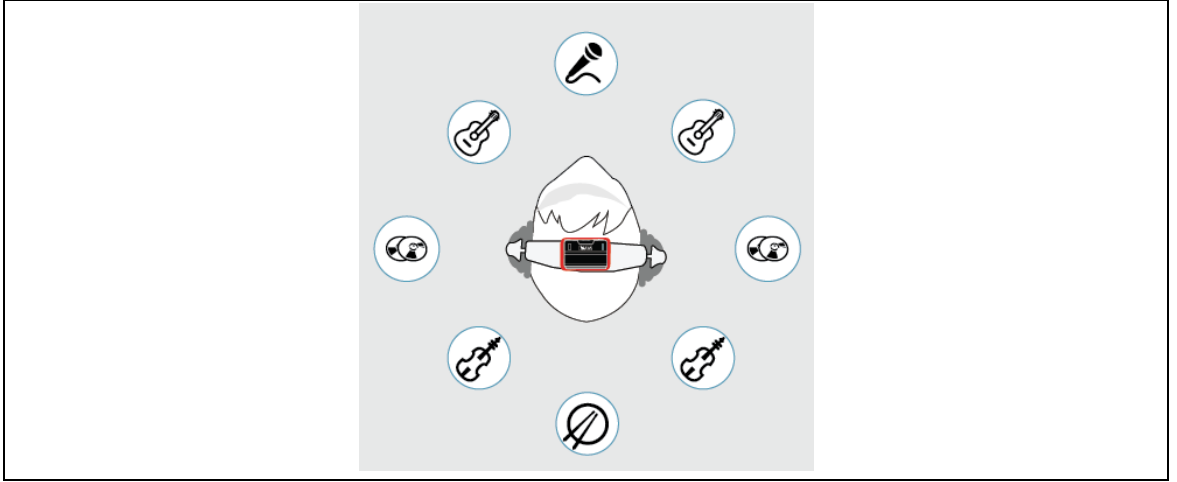
Şekil 2.21: Sıradan Kulaklıklarda Düz Stereo Ses



Şekil 2.22: Nx ile Kulaklıklarda 3D Stereo Ses



Şekil 2.23: Nx ile Kulaklıklarda 3D surround ses



Surround kulaklıklara örnek olarak daha önce bahsi geçen gerçek surround kulaklığı Mentor ve binaural kayıdı yaygınlaştırma potansiyeli nedeniyle, oldukça yenilikçi sayılabilecek binaural kayıt yapabilen Sennheiser Ambeo verilebilir.

Mentor Surround Sound kulaklıkları PC'ler, Mac'ler, DVD oynatıcılar, oyun konsolları ve dijital TV'lerle çalışan patentli bir sistem kullanır. Kulaklıklar her bir kulağı altı bağımsız alan ile çevreler, her bir sesin belirli bir yönden geldiği hissini yaratır ve bu fiziksel tasarım, Mentor kulaklıkları yalnızca yazılım kullanarak Surround Ses deneyimini oluşturan diğer kulaklıklardan ayırır.

Mentor kulaklıklar, sağ ön ve sol ön ses kanallarından gelen ses sinyallerini birleştirerek ve kulak sinyallerini orta seviyeye çekerek dinleyicinin kulaklarını koruyan 'Safebass Teknolojisi' adını verdiği bir sistem de kullanır. Kulaklıklar sırasıyla 32, 16 ve 8 ohm ön, merkez ve surround empedans sağlar. Frekans tepkisi 20 Hz ile 20 kHz ve hassasiyetleri 103dB'dir.

Sennheiser'in, Apogee firması ile ortaklaşa geliştirdiği AMBEO Akıllı Kulaklıktaki teknoloji yüksek kaliteli binaural ses kaydı yapmak isteyen mühendisler ve video üreticileri için pratik bir çözüm sağlamaktadır. AMBEO Akıllı Kulaklık konsepti, dışa mikrofonu entegre eden ve akıllı telefonlarla video çekimi sırasında tam performans binaural kayıt alan mikrofon yerleşimine sahip gelişmiş bir kulaklık setidir. Bir uygulama ile sadece ses kaydı da alabilen kulaklık 24-bit, 96 kHz AV ve CAF formatına sahiptir. Video çekimi sırasında ise 128k AAC ile sınırlıdır. (Tavaglione 2017)

Bu örneklere ek olarak Dolby Atmos'un uyarlanabilir doğası da stereo kulaklıkla surround dinleme deneyimini desteklemektedir. Uygulaması şu anda nadir olmasına rağmen, Dolby bunun teknoloji geliştirme süreçlerinin temel odaklarından biri olduğunu belirtmektedir. Hem Atmos hem de sanal surround sesin avantajlarından faydalanan destekli mobil cihazlarda, öncelikle müzik, video ve oyun içeriği için iyileştirmeler yapılması beklenmektedir.

Atmos uygulamasının temel ögesi içerik tarafından sağlanması gereken destektir. Biçim, içeriğin özel olarak hazırlanmasını gerektirir, bu nedenle tam anlamıyla evrensel olmaktan uzaktır. Buna rağmen 2012'den beri pek çok sinema filminin Atmos formatını desteklemesinin yanı sıra Ultra HD Blu-ray, Hulu Plus, VUDU ve Netflix gibi yayın hizmetleri de bazı içerikleri için Atmos uyumluluğu sunmaktadır.

Aynı şekilde fiziksel kurulum ve kulaklık ile bilgisayar oyunları için de pek çok farklı üretici stüdyosu Atmos uyumlu oyun üretimine geçmiş durumdadır.

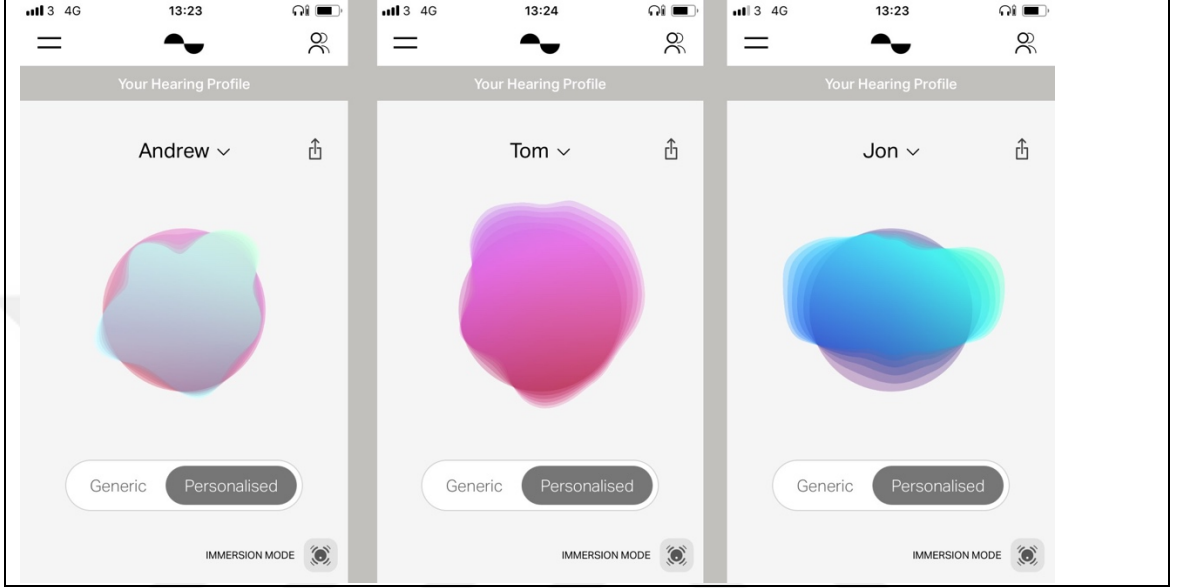
Oyun endüstrisinde, Atmos'un kabulü hala nispeten nadirdir. Sadece Overwatch ve Star Wars Battlefront gibi sınırlı sayıda örnek yerleşik olarak Atmos deneyimi özelliği sunmaktadır. Atmos, "Dolby Access" uygulamasıyla hem filmler hem de oyunlar için geliştirmeler sunan Xbox One üzerinden de kullanılabilir, ancak Xbox One'daki uygulama şimdilik sanal olarak sağlanmaktadır.

Günümüz eğlence sektörünün bir numaralı hedefi halindeki akıllı telefonlarda ise çoklu hoparlör sistemi bulunmadığı için kulaklık üzerinden içerik oynatırken kullanılan yazılım tabanlı bir çözüm sunulmaktadır. Dolby Atmos desteği bulunan içeriklerde stereo kulaklık ile 3D Dolby Atmos surround deneyimine ulaşmak mümkündür. Şu an sınırlı modelleri kapsayan özelliğin git gide yaygınlaşması beklenmektedir. Mobil cihazlar için Sanal Gerçeklik teknolojileri giderek daha popüler hale gelmekte ve bu deneyimlerde Dolby Atmos'un rolü önem taşımaktadır ([www.androidauthority.com-Dolby Atmos Explained 2018](http://www.androidauthority.com-Dolby-Atmos-Explained-2018)) (www.windowcentral.com/dolby-atmos).

Bu tek kişilik deneyimi daha da kişiselleştirmek için adım atan teknoloji geliştiricilerinden Nura ise, Nuraphone isimli modeli ile dinleyicilere iletilen sesin ve kullanılan bileşenlerin kalitesinden daha çok önem taşıyan bir noktaya dikkat çekmiştir. Nuraphone, aynı zamanda bir işitme testi yöntemi olan otoakustik emisyonları kullanarak dinleyicinin kişisel işitme bilgilerini analiz ederek otomatik olarak adapte olur. Arayüz olarak kullanılan uygulama ile ses kaynağındaki frekanslar kullanıcının

kişisel duyumuna göre kalibre edilerek kulak kanalına ulaştırılır (<https://www.nuraphone.com/pages/how-it-works>).

Şekil 2.24: Nuraphone Uygulamasında Kişiselleştirilmiş Farklı Ses Profillerinin Grafik Olarak Gösterimi



Bu detaylı frekans kalibrasyonu sonrası yaratılan gerçeklik ve detay algısına ek olarak kulaklığın ortasında bulunan kulak içi hoparlör dışında kulak çevresine ekstra bas frekans gönderen bir ek hoparlör kullanarak “Immersion Mode” adı verilen bir çeşit dokunsal bas efekti yaratır (<https://www.sciencefocus.com/future-technology/nuraphones-headphones-reinvented/>).

Şekil 2.25: Bas Hoparlör ve Kulak İçi Hoparlör



Müziğin dokunsal iletimi ile ilgili çalışmaların temeli 1935 yılına dayanmaktadır. Mucit Edgar Hand, kullanıcının kafasına bağlanan bir kafa bandı ile donatılmış özel bir telefon için patent alarak, arayanın sesini kemikten titreşim yoluyla iletebilmeyi başarmıştır (<https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/audio-music/bone-conducting-headphones2>).

İnsan kulağı havada dolaşan ses dalgalarını yakalayıp, onları yükselterek ve beynin anlayabileceği sinyallere dönüştürerek çalışır. Ancak kemik iletimi yöntemi, ses dalgalarını doğanın hava iletim sistemini kullanmadan, çene veya kafatası kemikleri yoluyla doğrudan iletir.

Bu prensibi temel alan “Bone Conduction” kulaklıklar da 2000'li yılların başlarında tüketici pazarına girdi. Kulaklıkla müzik dinlemenin işitme ve kulak içi sağlığında yaratabileceği düşünülen endişelere çözüm olarak sunulurken bu kez kemik üzerinde yarattığı titreşim etkisi nedeniyle benzer bir endişeye maruz kalan “Bone Conduction” kulaklıklar, 2004 yılında Amerika Odyoloji Vakfı tarafından "çok güvenli" ilan edilmiştir (<https://www.wired.com/2004/09/high-tech-hearing-bypasses-ears/?currentPage=all>).

Çalışmalar nispeten yeni olduğu için, bilim adamları hala bu kulaklıklarla ne kadar iyi duyabileceğimizi, belirli sesleri diğerlerinden ne kadar daha iyi sunabildiklerini ve üç boyutlu ses yanılması ne kadar iyi üretebileceklerini belirlemek için araştırmalarına devam etmektedir.

Georgia Teknoloji enstitüsündeki bilim adamları kemik iletimli sesin üç boyutlu kalitesini daha da iyileştirme yolları üzerinde çalışmaktadır (Patrick J. Kiger "How Bone-conducting Headphones Work" 30 April 2012.HowStuffWorks.com).

Günümüzde Google Glass cihazı, kullanıcının kulağının arkasından kemiğe temas eden bir dönüştürücü aracılığıyla kullanıcıya bilgi aktarımı için kemik iletimi teknolojisini kullanmaktadır (Charles Arthur (2 July 2013). "Google Glass – hands-on review).

Mart 2019'da Londra'daki Ulusal Denizcilik Müzesi'nde, İngiliz besteci Hollie Harding, bir müzikal performansın parçası olarak Aftershockz marka kulaklıklar kullanarak Kemik İletimli Kulaklıkların canlı bir performansta deneyimlenmesine öncülük etmiştir. Teknolojinin kullanımı, izleyicinin kulaklıklar üzerinde önceden kaydedilmiş bir müzik parçasını dinlemesine izin verirken, canlı bir orkestra aynı anda, ayrı, ancak ilişkili bir müzik parçası çalmıştır. Bu çok katmanlı etki, elektronik ve dijital olarak düzenlenmiş seslerin ilk defa yüksek sesli hoparlör kullanmadan canlı müzikle birlikte duyulabildiğini ve ses kaynağının dinleyiciye yakın, uzak veya tüm çevresinde var olabildiğini göstermiştir (https://en.wikipedia.org/wiki/Bone_conduction).

2.3 SURROUND PRODÜKSİYON TEKNİKLERİ

Surround prodüksiyon teknikleri tarih içerisinde sinema formatlarına uyum sağlayacak şekilde gelişmiştir. Müzik prodüksiyonlarının tüketici önceliği, görünüşte rahat ve kolay erişilebilir müzik ortamlarına odaklanmış olduğu için, gün geçtikçe daha popüler hale gelen yüksek kaliteli müziğin aksine, surround sesin bir format olarak popüler bir dinleme tercihi haline gelmediğinden bahsetmek mümkündür.

Görüntü için çok kanallı ses miksi yapılırken, ses işlemi ekrandaki eylemi takip eder. Amaç, sesi gördüğümüzle eşleştirmektir. Bu nedenle, bir konser videosunda, ekranda bir müzisyenin öne çıkan bir özelliği varsa, eğilim bu enstrümanın seviyesini yükseltmektir.

Aslında uyulması gereken görsel ipuçları olmadığında, müzik için surround ses miksi çok daha özgür bir deneyim olabilir.

Son yıllarda, müzikal içerik mikslarında arka hoparlörlerin kullanımı, enstrüman yerleştirme ve panlamada daha fazla esneklik, oda ilişkili efektlerle ortam alanları yaratmanın önemi konusunda artan farkındalık gelişmekle birlikte, müzikal olarak uygun alanlarda LFE kanalı kullanımı gibi daha yaratıcı yaklaşımlara doğru da bir

eğilim olduğu görülmektedir (Recommendations For Surround Sound Production 2004).

Surround ses elde etmenin iki temel yolu vardır: ayrık ve matrisli.

Ayrık surround seste, her biri benzersiz ses bilgisi içeren ve her biri belirli bir hoparlöre (veya hoparlör grubuna) ayrılmış birkaç ayrı kanal vardır. Örneğin, ayrı bir 5.1 sistemi altı kanal içerir: bunlar beş ana hoparlörün her biri için bir tane ve altıncı olarak ta subwoofer kanalıdır.

Buna karşılık, matrisli bir sistem ekstra kanal ses bilgisini bir stereo sinyale kodlar ve daha sonra bu kanalları kod çözme işlemiyle ayırır. Matrislenmiş çevre bilgisi içeren bir stereo sinyal, geleneksel iki kanallı stereo ekipmanlar yoluyla çalınabilirken bir dekodere yönlendirildiğinde, sol ve sağ kanallar arasındaki genlik ve faz farkları ile orijinal merkez ve çevre kanal bilgisini yeniden oluşturabilir.

Matrisli sistemlerin iki kısıtlaması vardır. Bunlardan ilki, kanallar arasında daha sınırlı bir ayrıma sahip olduğu için daha düşük bir lokalizasyon seviyesine sahip olması, diğeri ise stereo sinyalin içindeki karmaşık faz korelasyonları nedeniyle ortaya çıkan kontrol edilemez merkez kaymalarıdır. Bu sınırlamalardan arındırılmış olduğundan, ayrık surround ses, çok kanallı ses iletimi için daha sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (http://www2.grammy.com/pdfs/recording_academy/producers_and_engineers/5_1_rec.pdf).

Bir sesin uzayda olası her konumu için, mümkün olan her yön için ve dinleyiciden uzakta olabilecek her bir mesafe için, sesi mevcut kanallara kaydederken özel bir yol atanır. Farklı ses konumları, çeşitli kanallarda farklı bağıl fazlara ve genliğe sahip depolanmış sese karşılık gelir. Sesi yeniden üretmek için önce dinleyicinin etrafındaki hoparlörlerin yerleşimine karar verilir ve sonra kaydedilen ses kanallarının hangi aşamalarla ve genliklerle hoparlöre gönderileceği seçilir. Ses kanallarını hoparlör besleme sinyallerine dönüştüren düzeneğe "dekoder" adı verilir ve orijinal ses alanının etkisine en iyi öznel yaklaşımı sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Müzik için surround sesin nasıl miksleneceği ile ilgili iki farklı bakış açısı vardır.

Bunlardan ilki olan izleyici yönteminde, bir kulüp veya konser salonunda oturan dinleyici baz alınmaktadır. Müzik deneyiminin izleyici perspektifini dikkate alarak "salonun en iyi koltukları" olarak adlandırılabilen bir alanda yeniden oluşturmak anlamına gelir.

İkincisinde ise müzik enstrümanları odanın her yerine beş ana hoparlör üzerinden yayılır. Teknik dinleyiciyi grubun ortasına yerleştirir ve onu sesle sarmalar. Bu yöntem genellikle alıştığımız stereo sistemden çok daha büyük duyulan sesler üreterek daha dramatik bir ses sahnesi oluşturur. Bununla birlikte bu yöntem ile elde edilen sonuç dinleyici alışkanlıklarına uygun bir ses ortamı olmayabilir. (Owsinski 2006, s. 116-122) Surround ses kayıt tekniklerinde mikrofon yerleştirme dengeli ve gerçekçi bir mekansal deneyim sağlamak için çok önemlidir. Neredeyse literatürde anlatılan tüm mikrofon teknikleri, seyirci perspektifinden canlı bir performans kaydetmek için tasarlanmıştır. (Bruce and Bartlett 1999).

Kullanımda, çoğu mevcut stereo kayıt tekniklerini temel alan veya onların genişletilmesiyle oluşturulmuş bir dizi surround kayıt tekniği bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemlerle sınırlayıcı faktör, ses kaynaklarının panlanacağı konum dikkate alınarak kaydın gerçekleştiği alana mikrofonların nasıl yerleştirilmesi gerektiğine karar verilmesidir. Elbette, farklı surround hoparlörlere gönderilen kanallar ve seviyeleri miks sırasında değiştirilebilir ve manipüle edilebilir, ancak bu tarz uygulamalarla gerçekçi bir ses alanı yaratma amacını taşıyan surround mikste istenmeyen seviyede yapaylıkların ortaya çıkma ihtimali de artmaktadır (<http://www.mix-engineer.com/audio-philosophy/surround-sound-mixing/>).

Bu temel bilgilendirme haricinde surround prodüksiyon uygulamalarında dikkate alınması gereken diğer hususlar özetle şu şekildedir;

a) Merkez Kanal

Modern surround ses sistemleri, stereo mikslerde oluşturulan phantom merkez görüntüsünü güçlendirmek için bir merkez kanal hoparlörü kullanır. Merkez kanalı, kesin olmayan yönlülük sorununu azaltarak, vokallerin daha iyi duyulmasına ve daha büyük bir ses alanı yaratılmasına yardımcı olur.

Merkez kanal ayrıca davul ve bas gitar gibi enstrümanlar için özel bir kanal sağlar. Bir phantom merkez kullanımı ile fiziksel bir merkez kanal kullanımı arasında önemli dinamik farklar vardır. Miks sırasında yalnızca merkez kanala yerleştirilen enstrümanlar genellikle stereo bir phantom merkeze yerleştirilmelerinden daha düşük bir ses seviyesinde kalabilmektedir. Mikse LFE kanalı eklenerek merkez kanalındaki enstrümanları düşük frekanslı içeriklerle desteklemek mümkündür

(<https://www.soundonsound.com/techniques/surround-sound-explained-part-1>
Published August 2001. By Hugh Robjohns)

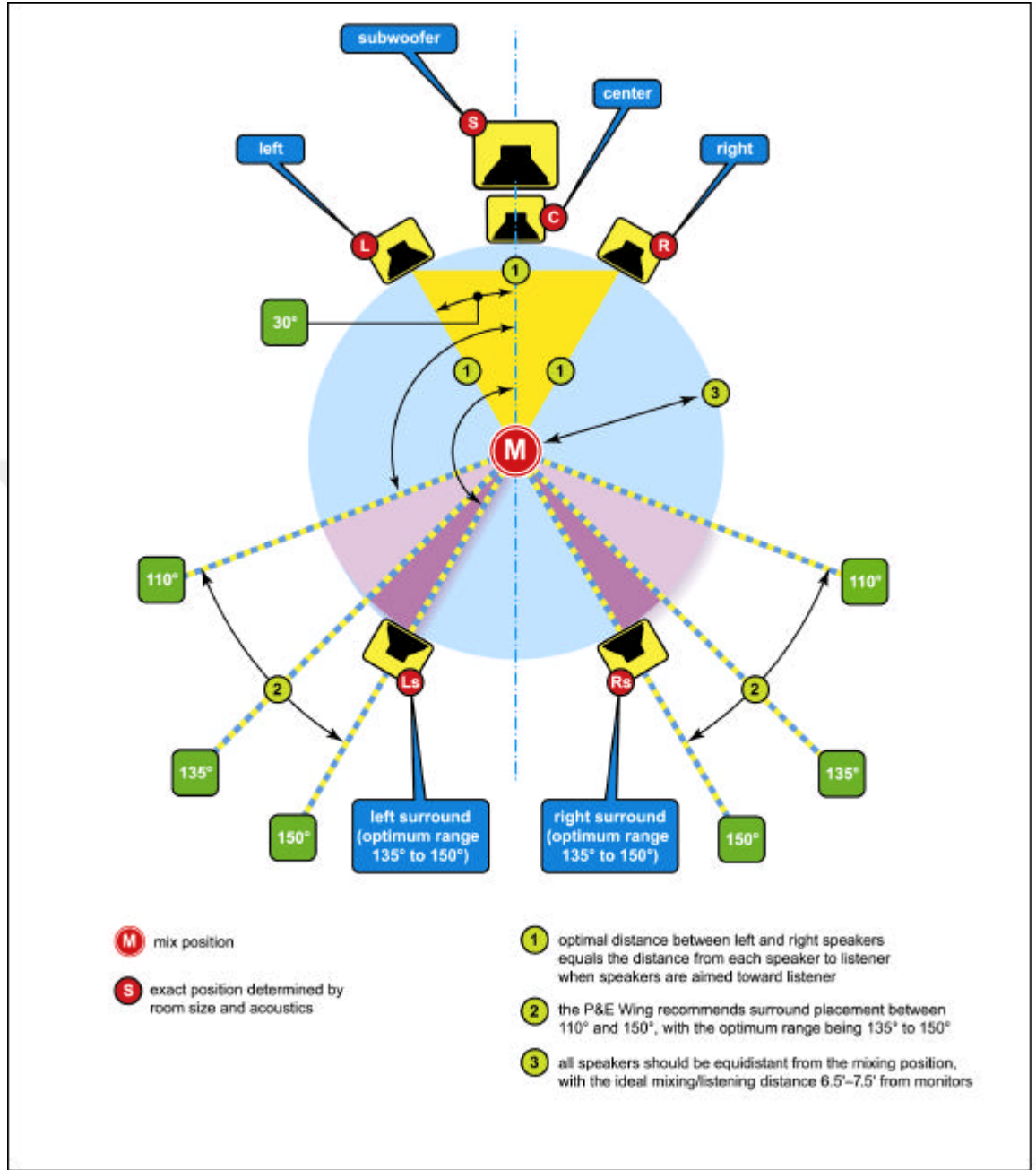
LFE kanalı bazen "boom" kanalı olarak anılır, genellikle film uygulamalarında dramatik efekt eklemek, volkanik patlamaların gürültüsünü, bombardıman uçaklarını ve patlayan bombaların seslerini yansıtmak için kullanılır.

b) Monitor

Monitör kurulumu tüm müzik prodüksiyon çalışmalarının en önemli süreçlerindedir. Bu sürecin büyük kısmı kullanılan hoparlörlerin kalitesi ve kullanılan amplifikasyona bağlı olmakla birlikte surround ses dünyasında, hoparlör konumlandırma tüm diğer değişkenlerle eşit derecede kritik bir unsurdur. Hoparlörleri sadece birkaç santim uzağa hareket ettirmek veya birkaç derece farklı yöne çevirmek, frekans tepkisinde, filtrelerde / yerleştirme özelliklerinde önemli derecede yanıltıcı değişikliklere neden olabilir.

Bununla birlikte, profesyonel miks ortamında etkin olan bazı fiziksel koşullar (oda büyüklüğü veya boyutu gibi) vardır ve kullanıcının hoparlörlerini nasıl yerleştirdiğini kontrol etmenin kesin bir yolu yoktur. Bu nedenle, surround ses üretimi için hoparlörleri konumlandırmanın “doğru” bir yolu yoktur. Bunun yerine, uygulama bazlı her bir yaklaşım için farklı kurulumlar önerilmektedir.

Şekil 2.26: Surround Ses Hoparlör Yerleşimi



Miks ortamındaki hoparlörler ve mühendis arasındaki ilişki, parçanın mix perspektifini tanımlar ve dinleyiciye yakın bir bakış açısı yaratılmasına yardımcı olur. Oda ambiyansı ve arka surround hoparlörlere yerleştirilen enstrümental etkiler, dinleyicinin kendisini konserdeki kitleden veya filmin içinden biri olarak algılamasını sağlar.

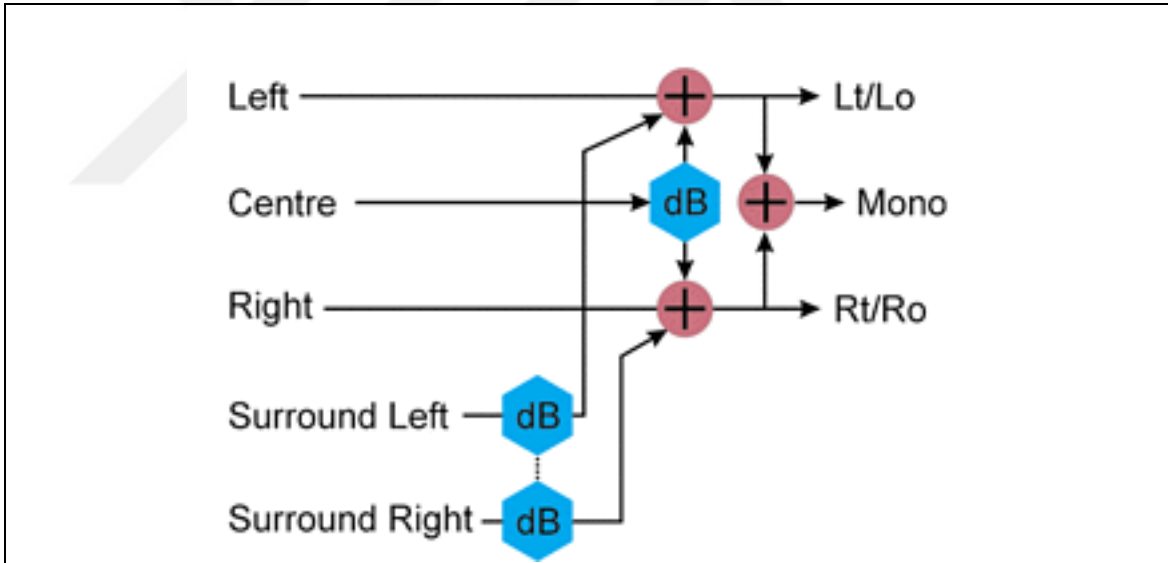
Surround için miks, uzamsal yerleştirme için çok daha fazla seçenek ortaya çıkardığından stereodan daha karmaşık bir işlemdir. Ek olarak göz önünde bulundurulması gereken bir de 0.1 kanalı- subwoofer- vardır.

Pek çok miks tekniğinde olduğu gibi, çok kanallı surround mikste de en doğru yaklaşım ses öğelerinin yerleşimi sırasında ses sahnesinin artistik bir bakış açısı ile dikkatlice tekrar yaratılması veya en baştan kurgulanacak ise, ses ve müzik dinamiklerinin uygun ses donanımı ile kayıpsız yansıtılması olacaktır.

B1) Down Miks

Down Miks, bir surround ses dosyasını surround miksin etkili bir stereo gösterimine dönüştürülmesi işlemidir. Özetle, basit down miks işlemi sol ve sağ surround ses verilerini sırasıyla sol ve sağ kanallara aktarır. Merkez kanal verileri sol ve sağ kanallar arasında bölünür ve stereo phantom merkez imaj etkisini güçlendirmek için artırılır.

Şekil 2.27: Basitleştirilmiş Downmix İşlemi



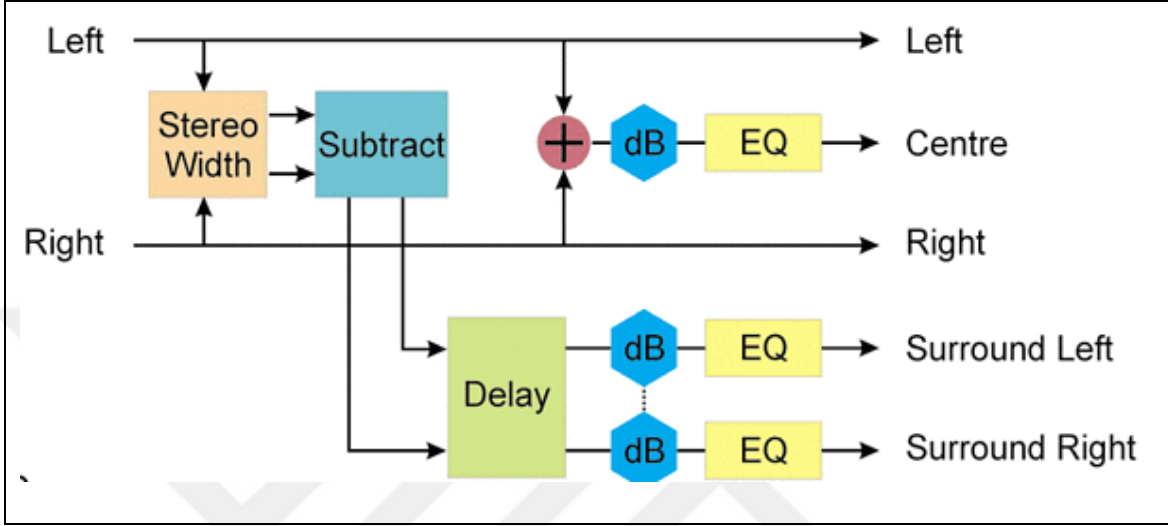
Downmix katsayıları için tipik ayarlar şunlardır: Sol Ön = -6dB, Sağ Ön = -6dB, Merkez = -9dB, LFE genellikle kapalı veya -9dB'den fazla olmamalıdır, Sol Surround = -6dB, Sağ Surround = -6dB (Recommendations For Surround Sound Production 2004).

B2) Up Miks

Up Miks geleneksel stereo miksin 5.1 surround miks olarak yayınlanabilmesi için yeniden biçimlendirilmesi işlemidir.

Temel teknik 60'lı yıllardaki monoyu stereoya çevirme tekniklerine dayanır. En yaygın yaklaşım, orijinal stereo kanalları 5.1 dizisinin sol ve sağ kanallarına yönlendirmek ve ardından merkez ve diğer surround kanalları üretmektir.

Şekil 2.28: Tipik Bir Upmix Prosedürünün Şematik Gösterimi



Günümüzde pek çok yazılım bu işlemi algoritmalar vasıtasıyla yapmaktadır. Ancak alınan sonuç, orijinal çok kanallı kayıtlarla yapılmış gerçek bir surround ses miksinin yerini tutmamaktadır (Recommendations For Surround Sound Production 2004).

c) Kayıt

Surround kaydına uygun içerik sağlamadaki en basit teknik, Michael Gerzon tarafından özetlendiği gibi, B-formatlı ses çıkışı tasarlayan çok kapsüllü mikrofonların kullanılmasıdır. (Michael A. Gerzon, Periphony: With-Height Sound Reproduction. Journal of the Audio Engineering Society, 1973, 21(1):2–10.)

Ambisonic B-formatı adı verilen B-formatlı ses, çok kapsüllü mikrofonun çıkışlarını matematiksel olarak birleştirerek elde edilir. Ses bilgisi dört kanala kodlanır: W, X, Y ve Z.

W kanalı, çok yönlü bir mikrofonun çıkışına karşılık gelen sinyalin genel mono seviyesidir. X, Y ve Z kanalları üç fiziksel boyuttaki yön bileşenleridir. Sırasıyla öne, sola ve yukarı bakan figure-8 mikrofon şeklindeki üç mikrofonun çıkışlarından elde edilirler. B formatı sinyalleri, ses alanının bu küresel harmonik ayrışmasına dayanır ve anlık ses basıncına (W) ve gradyanının (X, Y ve Z) üç bileşenine karşılık gelir. (Gerzon 1975, ss. 22-40)

Orkestra veya diğer büyük topluluk kayıtları için, grubun ortasına yerleştirilmiş ve orkestra şefine bakan üçüncü bir SoundField mikrofon, müzisyenlerden her birinin perspektif eşdeğerinin kaydedilmesine imkân sağlar.

Birinci dereceden Ambisonik B-formatı çıkışları, yüksek çözünürlüklü (192 kHz / 24 bit) çok kanallı bir kayıt sistemi kullanılarak ayrı parçalar halinde kaydedilir. Kayıt ve miks aşamasından sonra nihai ürün, Protools gibi DAW yazılımları vasıtasıyla istenen surround formatına dönüştürülür. Örneğin 5.1, 7.1 veya daha yüksek dereceli surround ses düzeni gösterilebilir. Elbette, Blu-Ray standart diskin kullanımı bu işlemi maksimum 8 fiziksel çıktı ile sınırlandırır. Dekode işlemi, Ambisonic Studio'nun B2X'i veya SoundFields'ın kendi Surround Zone eklenti paketi gibi mevcut çeşitli eklentileri kullanan bir yazılımla gerçekleştirilebilir. (Sarisky 2009)

Surround Ses için özel olarak geliştirilen mikrofonlardan bazıları şunlardır:

Trinnov SRP: Bu “Yüksek Mekansal Çözünürlük” mikrofon dizisi, at nalı şeklindeki bir yuvadaki sekiz çakışan çok yönlü (omni) kapsülden oluşur. Bu mikrofonların çıkışları, dizinin ürettiği zamanlama farklılıklarını genlik farklılıklarına dönüştüren bilgisayar kontrollü bir matrisleme sisteminden geçirilir. Ayrıca, yankı alanını kontrol etmek için mikrofonun uzamsal (yön) kontrolünü sağlar. Üreticiler, diğer özelliklerinin yanı sıra, optimize edilmiş kanal ayırımı, gelişmiş bir "sweet spot", 360 derecelik ses alanı boyunca iyi fantom görüntülerin üretildiğini ve stereo ve monoya kaliteli downmixing yapıldığını ifade etmektedir.

SoundField microphone: SoundField mikrofonun prensibi, herhangi bir Surround ses olayının dört temel bilgi bitiyle temsil edilebileceği konseptine dayanır:

- i. Ön / arka veya derinlik bilgisi (X);
- ii. Sol / sağ bilgi (Y);
- iii. Yukarı / aşağı bilgileri (Z);
- iv. Diğer üç elementin referans aldığı merkezi nokta (W).

Toplu olarak, bu dört element B formatı olarak adlandırılır ve gerekirse 4.0 ile 22.2 arasındaki herhangi bir Surround ses formatını üretmek için bir matris ile birleştirilir.

Mikrofon başlığı, mutlak bir çakışan dizi oluşturmak için elektronik olarak birleştirilen 4 x figure-8 kapsül şekli ve 1 x omni kapsülden oluşur. Dizi her zaman aynı merkezi noktaya referansta olduğu için, zaman veya faz ile ilgili anormallikler yoktur, bu da stereo ve mono sinyallere son derece iyi cevap vermektedir.

Holophone H2-PRO: Holophone H2-PRO, elips şeklindeki yapısıyla insan kafasının özelliklerini taklit eder. Ses dalgaları bu yapı etrafında “bükülür” ve mekânsal ses görüntülemesi için sekiz omni mikrofon “element” tarafından toplanır. Ses alanının tamamı ile ilgili bilgiler, ek mikrofon kullanılmadan çoğaltılabilir.

Holophone H2-PRO, 7.1 kanala kadar farklı Surround Ses (Sol, Sağ, Orta, LFE, Sol Surround, Sağ Surround, Üst (Yükseklik) ve Orta Arka) kayıt yapabilir. Bunlar standart 5.1 kanallarla ilişkilidir ve IMAX gibi formatlar için bir üst kanal ve Dolby EX ve DTS ES gibi uzatılmış Surround formatları için bir orta arka kanal ekler.

OCT Surround- süper kardioidler / kardioid / omnis: Bu muhtemelen aralıklı veya çakışmaya yakın surround kayıtlar için kullanılabilecek kurulumların en basiti ve birçok farklı tekniğin temelidir.

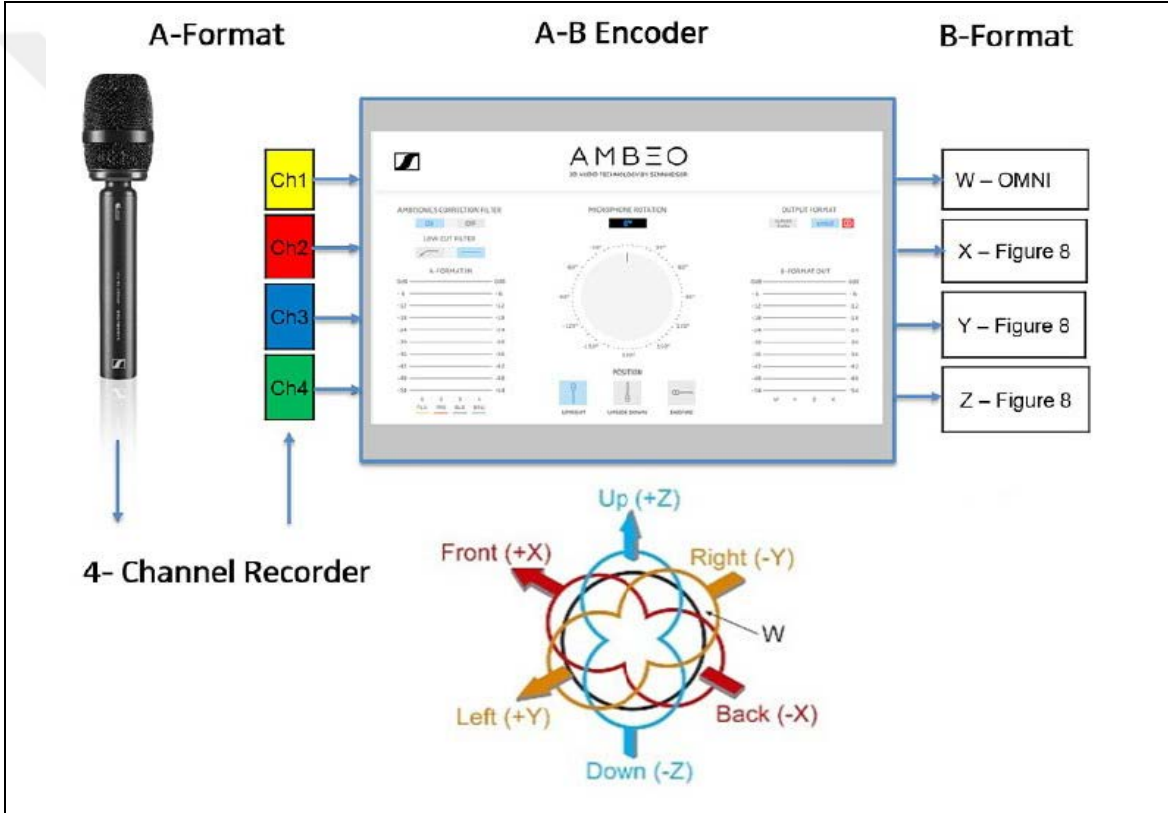
Temel OCT Surround dizisi, çubuk üzerinde bir çizgide düzenlenmiş üç mikrofondan oluşur; uçlardaki ikisi, +/- 90 dereceyi işaret eden süper kardioid mikrofonlardır. Merkez ön alan mikrofonu, genellikle çubuğun 8 cm uzağına monte edilmiş bir kardioiddir. Bu kurulumdaki varyasyonlar, tüm kurulumun düşük frekans tepkisini uzatmak için mikrofonların (alçak geçiren filtreli) hiperkardioid mikrofon pozisyonlarında veya merkezi kardioid mikrofon pozisyonunda monte edilmesini gerektirir. Bu OCT "ön" sistem, gerekli arka alan imajını elde etmek için Hamasaki Square veya IRT Cross gibi birçok arka alan odaklı kurulum sisteminden biriyle veya arka tarafa dönük basit bir çift aralıklı kardioid ile birleştirilir.

AMBEO mikrofon: 360 derece çevreleyen ses uygulamaları için tasarlanan Sennheiser AMBEO VR, VR içerik oluşturucularının tüm vizyonunu dört kanal üzerinden hayata geçirmeyi amaçlayan bir mikrofondur. AMBEO mikrofon, tetrahedral bir düzende yerleştirilmiş dört KE 14 kapsülü kullanır ve bulunduğu her yerde, çevreleyen sesi küresel bir şekilde kaydederek gerçek ambiyans kayıtları oluşturur. Mikrofon, verilen herhangi bir sesin gerçeğe yakın yönlerini tam olarak yakalama tekniğini kullanan ve özellikle VR deneyimine uygun bir şekilde görüntünün sol, sağ, alt, üst ve merkezini eksiksiz olarak tanımlaması nedeniyle özellikle hedeflediği VR içerikler için ilgi çekicidir.

Üretim sonrası elde edilen sesle çalışmaya yardımcı olmak için, mikrofon AU, AAX, VST ve bağımsız formatlarda çalışacak bir format kodlayıcı ile birlikte sunulmaktadır. (Sennheiser 507195 Overview; Sennheiser AMBEO VR 3D Microphone)

Çünkü Sennheiser AMBEO VR Mic'in kapsülleri, çıktı olarak Ambisonics B-formatlı yeni bir 4-kanala dönüştürülmesi gereken ham bir 4-kanal çıkışı olan A-formatını sunar. Bu dönüştürme işlemi, AMBEO A-B dönüştürücü eklentisi tarafından yapılır. B formatı, mikrofon etrafındaki ses alanının W, X, Y, Z temsilidir. W, 4 kapsülün toplamıdır; X, Y ve Z, ön/arka, sol/sağ ve yukarı/aşağıyı temsil eden üç sanal çift yönlü mikrofon modelidir. Böylece, Ambisonics B'nin kayıttan yürütülmesi (playback) sırasında herhangi bir yön gerçekçi biçimde ayırt edilebilir (<https://en-us.sennheiser.com/microphone-3d-audio-ambeo-vr-mic>).

Şekil 2.29: AMBEO VR Mikrofonun Ses Kayıt İşlem Akışı: A-Formatı, A-B Dönüştürücü, B-Formatı, Kanal Kaydedici



2.4 BINAURAL PRODÜKSİYON TEKNİKLERİ

Binaural kayıt, standart bir kulaklık kullanan dinleyicide, sanatçı veya enstrümanlarla aynı odadaymış gibi, üç boyutlu stereo ses hissi yaratma amacıyla düzenlenmiş ses kayıt yöntemidir. Binaural kayıt, kulaklık kullanarak tekrar dinleme için tasarlanmıştır ve stereo hoparlörler üzerinden tam anlamıyla deneyimlenemez. Üç boyutlu veya "dahili" bir ses biçimi fikri, aynı zamanda "kafa içi" bir akustik oluşturan stetoskoplar ve üç

boyutlu bir akustik deneyim yaratabilen IMAX filmleri gibi birçok konuda teknolojinin yararlı bir şekilde ilerlemesini sağlamıştır.

Bu 3D efekti yanılması surround sesle karıştırılmamalıdır. Bir surround ses sistemi, dinleyicinin etrafında 360 derecelik bir alan oluşturmak için birden fazla hoparlör kullanır. Bu nedenle, surround sesin aksine binaural, sinema salonu gibi geniş bir alana uygun değildir.

Binaural kayıtlar, kulaklıklar için optimize edilmiştir ve mesafe algısını yeniden oluşturarak sesi daha fazla çevreleyen bir hale dönüştürür.

Üç boyutlu ses üretimi için iki temel yaklaşım vardır. Birincisi, uzayda sesleri duymamıza izin veren fizyolojik mekanizmaları (örneğin Binaural) irdelerken, ikincisi dinleyicinin etrafındaki ses alanının sentezine odaklanır (örneğin VBAP, Dalga Alanı Sentezi).

2.4.1 Müzik Üretiminde Binaural Teknikler

İnsanın sesi lokalize etmesi ile ilgili şimdiye kadar yapılan araştırmalar sonucunda ulaşılan bilgiler şöyledir:

- i. İnsanlar sesin mesafesini ve yönünü yalnızca iki kulak zarı ses basınçlarında bulunan ipuçlarıyla algılarlar.
- ii. Gövde, baş ve kulak kepçesinin gölgelemesi kulak zarı üzerinde algılanan frekans spektrumunu etkileyerek hem derin hem de güçlü bir ses lokalizasyonu meydana getirir.
- iii. Kulak kepçesinin (pinnae) frekans etkileri, farklı kişiler arasında ve tek bir bireyin iki kulağı arasında bile kökten farklıdır. Pinnae yanıt eğrileri parmak izi kadar benzersizdir.
- iv. Yatay düzlemdeki yön, neredeyse tamamen, iki kulak arasındaki genlik ve zaman arasındaki basınç farkları ile belirlenir. Bu farklılıklar bireyler arasında benzer olma eğilimindedir.
- v. Dikey (medial) düzlemdeki yön, bir ses kaynağının algılanan frekans spektrumunun bu tür kaynaklarla bilinen yönlerde önceki deneyimle karşılaştırılmasıyla belirlenir. Bu nedenle, genel olarak daha önce hiç duymadığınız bir sesin yüksekliğini belirlemek veya bilinmeyen bir yönden gelen sesin tınısını tanımlamak mümkün değildir.

- vi. Sesi görsel güçlendirme olmadan lokalize etme yeteneği bireyler arasında büyük farklılıklar gösterir. Frekans cevabı değişkenliklerini zayıf şekilde lokalize eden bireyler ile kulaklarını iyi lokalize eden bireylerden çok farklı yanıtlar alınır. Bazı insanlar bir ses kaynağının önünde mi yoksa arkasında mı olduğunu söylemekte zorlanabilirler.
- vii. Özellikle karşı yönden gelen sesin bireyler arasındaki frekans cevabı farkı maksimum seviyededir (Wightman vd, 1987).

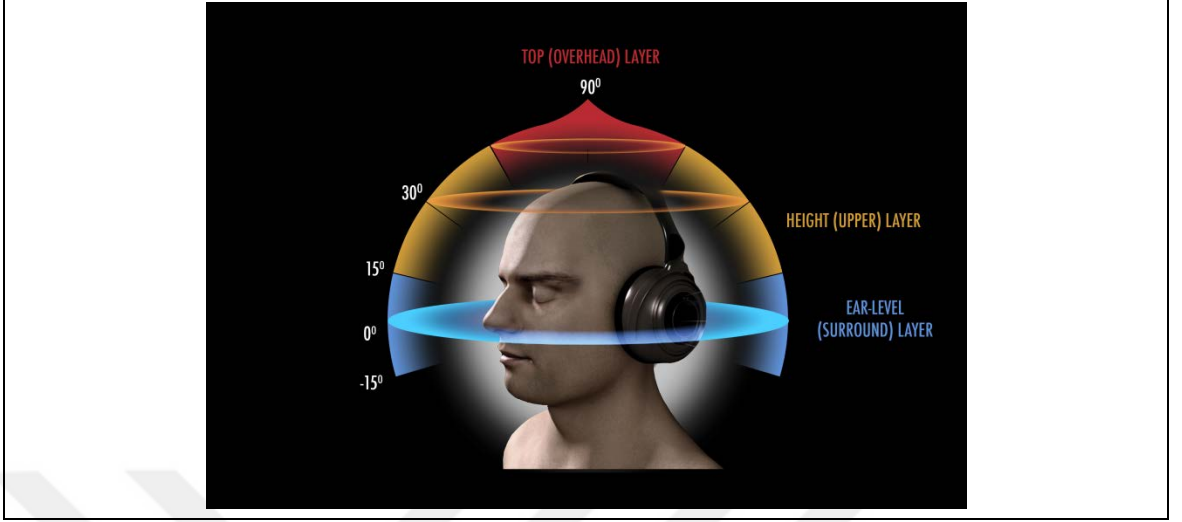
Kulaklık sadece binaural üretim için değil, aynı zamanda normal stereo için de problematiktir. Kulaklığı pinnae üzerine yerleştirmek, kulağın frekans tepkisini derinden değiştirir. Bir ses kaynağı dinleyicinin önünde üretilmek istendiğinde ses kaynağı ile kulak zarı arasındaki aktarım işlevini doğru bir şekilde ölçmekten başka seçenek yoktur. Ayrıca bu, kulaklık ile kulak zarı arasındaki aktarım fonksiyonunu ölçmek ve kulaklık yanıtını doğal spektrumla eşleştirecek şekilde düzeltmek için de kullanılır. Bu şekilde geliştirilen düzeltme eğrileri farklı bireylerde farklılık gösterir. Her iki kulağın da dikkatli bir şekilde ölçülmesi ve her bir kanalın bağımsız olarak eşitlenmesiyle, kulaklık tepkisi dengelenebilir, böylece bir ses kaynağı dinleyicinin kafasının dışında ve yatay düzlemde konumlanabilir (Griesinger 1990).

Rayleigh tarafından belirtildiği gibi beynimiz, sesin gelme yönünü bilmek için her iki kulağa ulaşan sinyalleri karşılaştırır. İnsan kafası ve gövde engeller gibi davranır, böylece kulaklar arasındaki yoğunluk farkı iyi bir lokalizasyon göstergesi haline gelir. (Strutt 1896, ss. 440-443). Buna İnteraural Seviye Farkı (ILD) denir ve kaynak bir kulağa çok yakın yerleştirilmediği sürece yalnızca yüksek frekanslarda (> 1,5 kHz) fark edilir. 700 Hz altındaki frekanslar için (dalga boyu kulaklar arasındaki mesafeyi iki katına çıkardığında), faz farkı ses kaynaklarının lokalizasyonunda öncü rol oynar. Bu faz farkına İnteraural Zaman Gecikmesi (ITD) denir (Strutt 1907, ss. 214-232).

Binaural tekniklerin temel fikri, kulak pozisyonlarında kaydedilen aynı basınç sinyallerini doğrudan bir dinleyicinin kulaklarına iletmektir. Bu ses sinyalleri, istenen ses alanını kaydetmek için her biri bir kulak kanalına yerleştirilmiş iki mikrofonu olan bir yapay kafa (dummy head) kullanılarak ölçülebilir. (Erruz 2016).

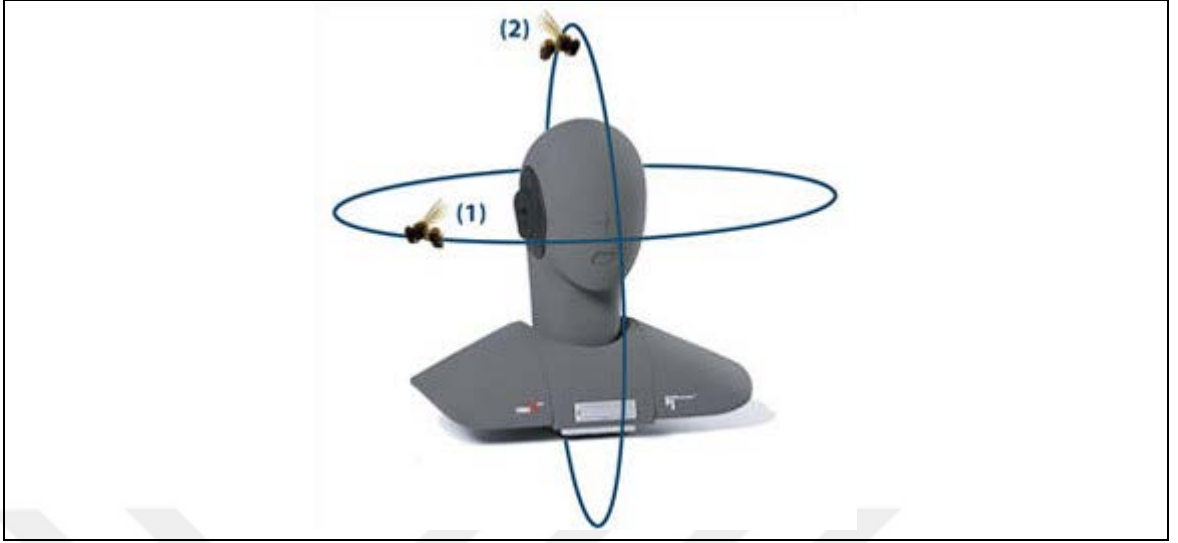
Sol ve sağ duyum açıları arasındaki net ayrım, yüksek kaliteli mikrofonlarla kaydedildiğinde ve eşit derecede yüksek kaliteli hoparlörlerle çalındığında inanılmaz gerçekçi bir etki yaratır.

Şekil 2.30: Kafa Üzeri/Tepe (90°), Yukarı Seviye (15-30°), ve Kulak Hizası (-15-15°) Ölçüm Seviyeleri Gösterimi



Bir insan, bir ses kaynağını üç boyutlu algılayabilir, yatay (1) ve dikey (2) olarak yerini saptayabilir.

Şekil 2.31: Yatay (1) Ve Dikey (2) Açından Ses Algılama



Lokalizasyon, her iki kulaktaki akustik sinyalin gecikme ve seviye farkları vasıtasıyla otomatik olarak gerçekleşir, çünkü dış kulak, ses sinyalinin bir yönelimli filtrelemesine neden olur. Filtre etkisi, ses dalgalarının sönümlenmesi, sapması, yansımaları ve rezonansı yoluyla yayılmasının bir modifikasyonundan doğar. Burada baş ve omuz ünitesinin geometrisi ve anatomisi ile kulak kepçesinin etkisi belirleyici bir rol oynamaktadır.

Binaural işitme, sadece kulak konumunda iki ölçüm mikrofonu kullanılarak simüle edilemez. Özellikle baş ve kulakların akustik filtre özellikleri göz önünde bulundurulduğunda işitsel olarak doğru kayıtlar mümkün olur. Birçok bakımdan insan işitme sistemi geleneksel ses sensörlerinin özelliklerinden farklıdır. Bir yandan, kulakta, genlik dağılımını ve akustik sinyalin spektral ve zamansal yapısını yakalayan çok karmaşık sinyal işleme gerçekleşir. Dinleyici, akustik bir olayın kapsamlı, bütünsel bir izlenimini algılar. Öte yandan, insan sadece çok kısa bir akustik hafızaya sahiptir. HEAD Akustiğin dummy head ölçüm teknolojisi ile, akustik sinyallerin işitsel olarak doğru kayıtlarını yapmak ve bunları farklı formatlarda kaydetmek mümkündür.

Raslantısal ses olaylarının kaydedilmesi sayesinde bu sistemler, farklı ses lokalizasyonlarının karşılaştırılmalarını ve işitsel olarak doğru değerlendirilmelerini sağlar. Dummy head teknolojisi, geleneksel ölçüm teknolojisiyle uyumlu olduğundan, öznel ve objektif ses alanı analizleri tek bir araştırmada birleştirilebilir. (<https://www.head-acoustics.com/eng/index.htm>).

Şekil 2.32: HEAD Akustiğin Yapay Kafa Ölçüm Teknolojisi Gösterimi



Kulaklık geliştirme süreçlerinde Baş ve Gövde Simülatörü uygulamaları (HATS) yoğunlukla kullanılan tekniklerden biridir. Bu teknikte ortalama insan kulağının empedansına uyan yapay iç kulaklara sahip farklı ebat ve yoğunluktaki dış silikon kulaklar kullanılır. Kulaklığın kulak kanalındaki rezonanstan ve kulak şeklinden etkilenen gerçek performansı ölçülür ve toplanan veriler daha sonra her bir modelin tepkisini "ortalama" dinleyicinin algıladığı şekilde düz veya istenen başka bir frekans profilini üretmek için kullanılır. (Cheng and Wakefield 2001, ss. 231–249)

Dummy head kulak bölgesinde iki mikrofon kapsülüne sahiptir ve bir çıkışla binaural olarak işlenmiş ses iletir. Başın şekli ve kulak yapısı nedeniyle, sinyal gerçek kulak zarının algılayacağı sese çok yakındır. Kafanın büyüklüğü ve şekli, ortalama bir insan kafasından örneklenir, ancak elbette bir dummy head ile yapılan kayıt, her dinleyicinin kendi kişisel özelliklerini taşıyan HRTF'lerine göre farklılaşmaz.

Böyle bir kayıta, yapay kafanın konumu çok önemlidir. Eğer mikste merkez noktanın belirlenmesi gibi bir yöntem kullanılmayacaksa ses alanını mekansal olarak tasarlamayı kolaylaştırmanın yolu dummy head i sabit bir yere yerleştirip sesleri etrafında hareket ettirmektir. Bu uygulama, 1970'lerde radyo dizilerinde mükemmelleştirilmiştir. Bu anlamda, dummy head ile yapılan kayıtlar 3D ses akışını oluşturmak için çok hızlı ve etkili bir yol sunar.

Dummy head kayıtları, belirli bir ortamda belirli bir konumda bulunan sesi kaydeder ve bu konuda oldukça başarılıdır. Ancak pek çok ses mühendisi kayıttan sonra seslerle daha detaylı ilgilenmek, yönlülüğü ve oda boyutlarını kontrol edebilmek ister. Bu ihtiyacı gidermek için modern miks iş akışlarında ek olarak yakın mikrofon

teknikleriyle desteklenmiş bir dummy head kullanımı önerilmektedir. (Kares and Larcher 2016)

Yapılan araştırmaya göre (Schulein and Riordan 2014) dış ortamda, tüm dinleyiciler hoparlör konumunu yatay düzlemde 0, 90, 180 ve 270 derecelerde belirleyebilir ve konumlar arasında hareket ettiğini duyabilir. Araştırmadaki bazı yorumlar, hoparlörün merkeze olan yüksekliği değiştiğinde ve hoparlör 90 dereceye doğru çekildiğinde sesin kulak seviyesine yaklaşma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Temel olarak tüm dinleyiciler, hoparlör 0 derecedeyken sesinin yakın olduğunu ve 90 dereceye yükseldiğinde daha uzak bir ses çıkarttığını hissetmiştir. Bazıları için, hoparlör 180 dereceye doğru ilerledikçe algılanan mesafe artmaya devam etmiş bir kısmı ise yaklaştığını belirtmiştir. İç mekânda, oda akustiği, algılanan sesin odaklanmasını azaltmıştır ancak yatay yerleşim, 0, 90 180 ve 270 derecelerde tutulmuştur. Dinleyicilerin çoğu, hissedilen hoparlör mesafesinin ön hoparlör konumlarına daha yakın olduğunu ve hoparlör 90 ve 270 dereceye doğru hareket ederken dışa doğru hareket ettiğini belirtmiştir.

Şekil 2.33: Dış Ve İç Mekanda Yapılan Testlerin Ölçüm Açıları



Kaynak: Robert B. Schulein, Dan Mapes-Riordan. The Design, Calibration and Validation of a Binaural Recording and Playback System for Headphone and Two- Speaker 3D-Audio Reproduction. Oct 2014. AES 137th Convention, Los Angeles, USA

Her ne kadar dummy head ile yapılan kayıtlarda önemli miktarda uzamsal bilgi korunabilse de, dummy headlerin bireysel olmayan antropometrisi çoğu zaman yönsel olarak ön-arka duyusunda karışıklıklara veya kafa içi lokalizasyonunda yapaylıklara neden olabilmektedir.

Alternatif binaural kayıt yöntemi olarak, bir dinleyicinin başının ve kulaklarının ses alanındaki mekansal özelliklerini yakalamak için mikrofon dizi tabanlı bir ışın formeri içeren sanal bir dummy head kullanılabilir. Virtual Artificial Head (VAH) olarak adlandırılan bu yaklaşımın ana avantajı, ayrı ayrı hesaplanan filtre katsayılarını kaydedilen mikrofon sinyallerine uygulayarak aynı kaydın farklı HRTF'ler için

kişiselleştirilebilmesidir. Bu aynı zamanda çoğaltma sırasında kafa dönüşlerinin simülasyonunu mümkün kılar. Bunların yanında, VAH küçük boyutu ve ağırlığı nedeniyle yüksek esneklik sunar.

VAH filtre toplayıcı ışın formerinin θ_k yönünde ve f frekansında sentezlenmiş yönlülük şekli $H(f, \theta_k)$ şöyle tanımlanır:

$$H(f, \theta_k) = \mathbf{w}^H(f) \mathbf{d}(f, \theta_k), \quad (1)$$

burada $N \times 1$ steering vektörü $\mathbf{d}(f, \theta_k)$ θ_k yönündeki kaynak ile dizinin N mikrofonları arasındaki serbest alan akustik transfer fonksiyonunu belirtir ve \mathbf{w} vektörü, her bir mikrofon için kompleks değerli filtre katsayılarını içerir. Tek tek HRTF'lerin (sol veya sağ) yönelme düzenlerinin $D(f, \theta_k)$ sentezlenmesi için, bu filtre katsayıları, J_{LS} 'nin sentezlenen ve tüm P yönlerinde istenen yönlendirme kalıpları arasındaki kareli mutlak farkların toplamı olarak tanımlanır, yani;

$$J_{LS}(\mathbf{w}(f)) = \sum_{k=1}^P |H(f, \theta_k) - D(f, \theta_k)|^2 \quad (2)$$

Bu çalışmada VAH tarafından sentezlenmesi istenen yönlendirme düzenleri, yatay düzlemde 7.5° çözünürlükle ölçülen bireysel HRTF'lerdir, yani $P = 48$. Bu yönler için küçük bir sentez hatası sağlamak için, Spektral Bozulmaya (SD) ek sınırlamalar getirilmiştir: her bir yön için θ_k , $k = 1, 2, \dots, P$, bir üst ve alt limit ayarlayarak, L_{Up} ve L_{Low} , yani tüm k için:

$$L_{Low} \leq SD(f, \theta_k) = 10 \lg \frac{|\mathbf{w}^H(f) \mathbf{d}(f, \theta_k)|^2}{|D(f, \theta_k)|^2} \text{ dB} \leq L_{Up} \quad (3)$$

Ek olarak, giriş oluşturucunun tüm P yönlerinde ortalama çıktı gücü ile uzamsal olarak ilişkisiz gürültünün çıktı gücü arasındaki oran olarak tanımlanan ortalama White Noise Gain'ine WNG_m 'ye bir sınırlama getirildi, yani;

$$WNG_m = 10 \lg \left(\frac{1}{P} \sum_{k=1}^P \frac{|\mathbf{w}^H(f) \mathbf{d}(f, \theta_k)|^2}{|D(f, \theta_k)|^2} \right) \text{ dB} \geq \beta \quad (4)$$

WNG_m'deki kısıtlama, mikrofonun kendi kendine gürültüsüne veya mikrofonun konumlarındaki ve özelliklerindeki sapmalara karşı sağlamlığı artırmaya yarar. Daha önce önerilen çözümü yinelemeli yöntem için ilk değerler olarak kullanarak Denklem (2)' deki Denklem (3) 'te eşitsizlik sınırlamalarına maruz kalan Denklem'deki J_{LS} 'yi en aza indirmek için bir tekrarlı İç Nokta optimizasyon algoritması kullanılmıştır.

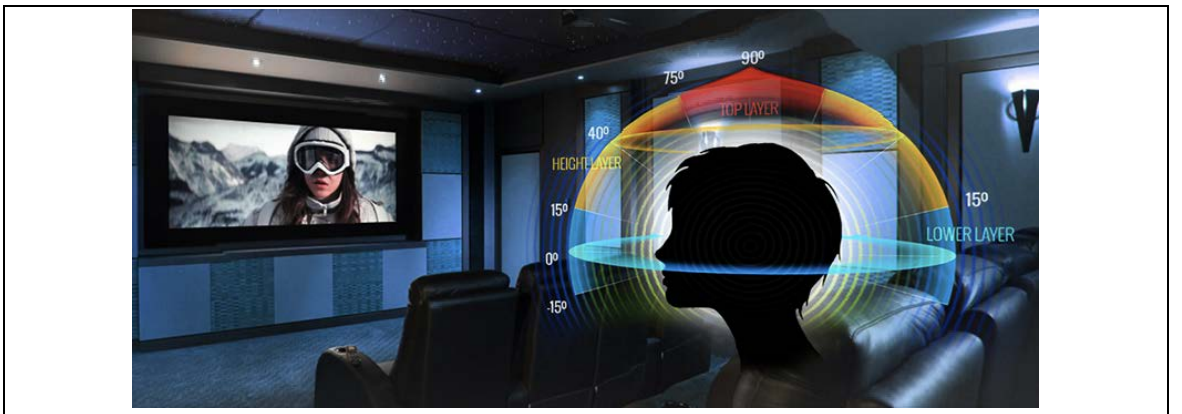
Araştırma sonucunda uygun bir mikrofon dizilimi ve gerçekçi şekilde tanımlanmış kısıtlamalar kullanılmasının, klasik bir Dummy Head ile yapılan kayıtlardan daha iyi sonuç veren ve müzik içeriğini algısal olarak daha ikna edici hale getiren reproduksiyonların sağlanabileceğini göstermektedir (Fallahi vd, 2018).

2.5 ÇEVRELEYEN SES (IMMERSIVE AUDIO)

Çevreleyen ses, dinleyiciye daha önceki geleneksel 2D surround çözümlerinde duyulan hiçbir şeye benzemeyen, doğal ("canlı") bir üç boyutlu ses deneyimi sunar. Bunu, izleyicinin her tarafında bir yükseklik hissi (üçüncü boyut) yaratarak gerçekleştirir.

Ses teknolojisindeki bu devrim, dinleyiciye müzik dinlerken, film izlerken ya da oyun oynarken yönsel her katmanı barındıran seslere kendini kaptırabileceği, tamamen "duygusal bir deneyim" sunarak, "orada olduğu" nu hissettirir. Çevreleyen sesin hedefi gerçekçi sesle sarılı olan bu yeni ses algısını oluşturmaktır (Immersive Audio Technologies 2018).

Şekil 2.34: Çevreleyen Ses Teknolojisinin Temsili Sinema Görüntüsü



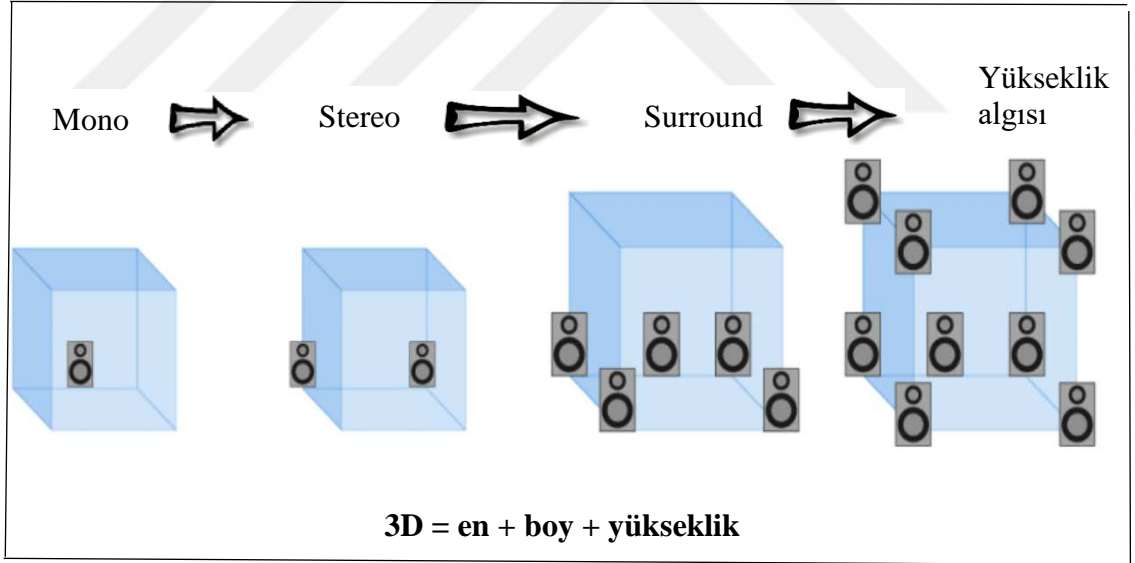
Çevreleyen ses içeriği farklı şekillerde deneyimlenebilir. Aşağıdaki tabloda her biri farklı formatlar ve dinleme senaryolarını ele alan üç farklı 3D ses dinleme kategorisi ve bunlarla ilişkili aktarım formatları açıklanmaktadır. (Kares and Larcher 2016)

Tablo 2.1: (1) Çevreleyen Sesin Ana Kategorileri, (2) Ana Kullanım Örneği ve (3) Ortak Aktarım Formatları

1	Statik binaural	Dinamik binaural	Hoparlör
2	HD / SD video akışı	Sanal Gerçeklik / 360 Videolar	Sinema / Ev Sineması
3	Kanal Tabanlı	Sahne Tabanlı / Nesne tabanlı	Kanal Tabanlı / Nesne tabanlı

Gelişmiş çevreleyen ses elde etmenin en basit yolu, kanal sayısını artırmak ve 5.1'den 11.1'e veya daha yüksek bir düzeye kadar genişletmektir. Daha etkileyici efektler elde etmek için kanal sayısını artırmanın bu yöntemi ilk önce Dolby tarafından 5.1'den 7.1'e yükseltme sırasında ve ardından 2011'de Auro 11.1'i tanıtan Barco tarafından önerildi (Bleus 2019).

Şekil 2.35: Mono, Stereo, Surround ve Yeni Teknoloji Çevreleyen Ses Sistemlerinin Hoparlör Konumları



Bugüne kadar ki en iyi teknoloji, kanal ve nesne temelli efektlerin karışımını sunan teknolojidir. Bu teknolojinin içerik oluşturma ve dağıtım sürecine sorunsuz bir şekilde entegre edilmesi gerekir. Ayrıca 5.1 / 7.1 downmix kullanılması da gerekli görülmektedir. Downmixing, geleneksel 5.1, stereo ve mono mikslerin, basitçe bir 3D kanalı veya bütünü uygun şekilde biçimlendirilmiş bir ana veri yoluna yönlendirerek oluşturulabileceği anlamına gelir. Tepe (üst)-taban (alt) karışımı ile ön arka ve yan

kanalların Downmix katsayısı kontrolü, sistemden türetilen varsayımlarının kullanıcı tarafından ayarlanmasına izin verir. Ayırışma işlemine yönelik, DAW ve diğer dijital konsollarda sunulan panning çözümlerinde sıkça görülen karmaşıklığı ortadan kaldırır; bunun için de merkez ve yan kanal sinyallerinin ayırık ve hayali bileşenleri arasındaki dengeyi belirlemek için birden fazla parametre gerektirir.

Hoparlör içeriği genellikle kanal veya nesne tabanlı yaklaşımlar kullanılarak mikslenir. Nesne tabanlı sesi mikselemek için, herhangi bir dijital ara yüz (DAW) veya miks masasında sıradan bir miks çalışması yeterli değildir. Bu süreç, daha çok harici ekipmanlara bağlıdır. Çoğu durumda, tek tek nesnelere DAW dışına gönderilir ve nesnelerin konumu hakkında meta verileri de depolayan ayrı bir cihazda saklanır. Birçok DAW, kanal başına sekiz çıkışla sınırlı olduğundan kanal tabanlı hoparlör kurulumları için miks yapmak da biraz daha zordur. Çözüm, çoklu 2D surround ses çıkışı veri yollarını kullanarak bunları 3D miks için farklı yükseklik katmanları ekleyerek konumlandırmaktır. Kanal tabanlı hoparlör sistemleri için 3D sesi destekleyen üçüncü boyut eklentileri de mevcuttur (Kares and Larcher 2016)

Tablo 2.2: Çevreleyen Ses Kanalları

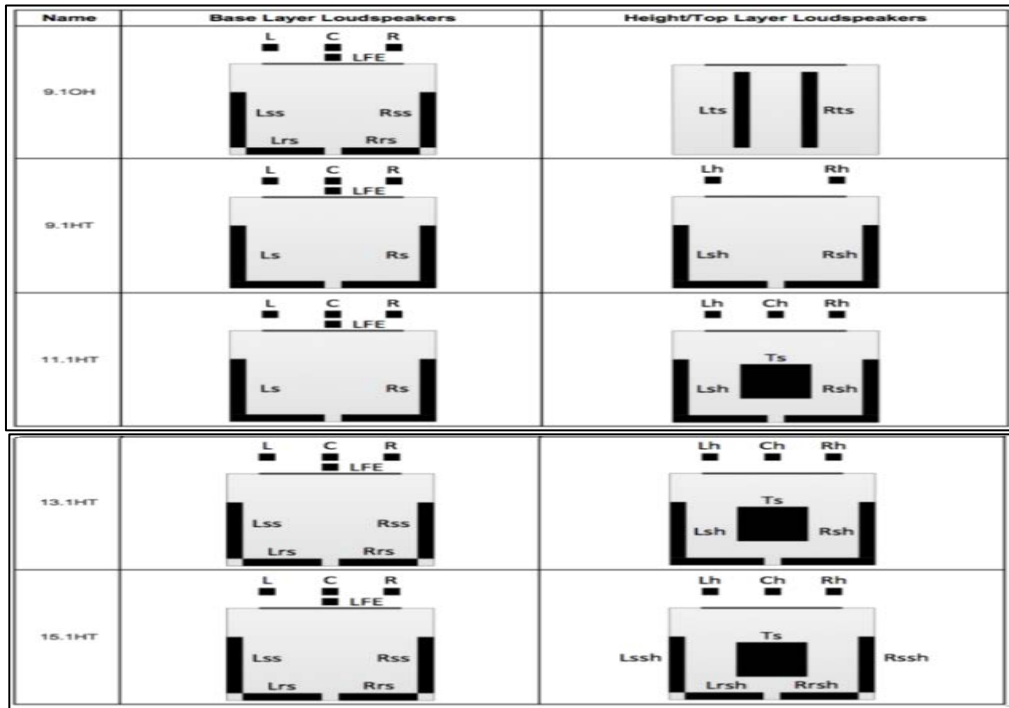
İsim	Kısaltma (İngilizce)	Açıklama
Sol yükseklik	Lh	Sol yükseklik hoparlörünü artırmayı amaçlayan
Sağ yükseklik	Rh	Sağ yükseklik hoparlörünü artırmayı amaçlayan
Merkez yükseklik	Ch	Merkez yükseklik hoparlörünü artırmayı amaçlayan
Sol surround yükseklik	Lsh	Sol surround yükseklik hoparlörünü artırmayı amaçlayan
Sağ surround yükseklik	Rsh	Sağ surround yükseklik hoparlörünü artırmayı amaçlayan
Sol kenar surround yükseklik	Lssh	Sol kenar surround yükseklik hoparlörünü artırmayı amaçlayan
Sağ kenar surround yükseklik	Rssh	Sağ kenar surround yükseklik hoparlörünü artırmayı amaçlayan
Sol arka surround yükseklik	Lrsh	Sol arka surround yükseklik hoparlörünü artırmayı

		amaçlayan
Sağ arka surround yükseklik	Rrsh	Sağ arka surround yükseklik hoparlörünü artırmayı amaçlayan
Sol üst surround	Lts	Sol üst surround hoparlörü artırmayı amaçlayan
Sağ üst surround	Rts	Sağ üst surround hoparlörü artırmayı amaçlayan
Üst surround	Ts	Üst surround hoparlörü artırmayı amaçlayan

Tablo 2.3: Bazı Çevreleyen Ses Alanı Grupları

İsim	Audio Kanalları (İngilizce kısaltmalar)
9.1 OH	L, C, R, Lss, Rss, Lrs, Rrs, LFE, Lts, Rts
9.1 HT	L, C, R, Ls, Rs, LFE, Lh, Rh, Lsh, Rsh
11.1 HT	L, C, R, Ls, Rs, LFE, Lh, Ch, Rh, Lsh, Rsh, Ts
13.1 HT	L, C, R, Lss, Rss, Lrs, Rrs, LFE, Lh, Ch, Rh, Lsh, Rsh, Ts
15.1 HT	L, C, R, Lss, Rss, Lrs, Rrs, LFE, Lh, Ch, Rh, Lssh, Rssh, Lrsh, Rrsh, Ts

Şekil 2.36: 9.1 OH, 9.1 HT, 11.1 HT, 13.1 HT Ve 15.1 HT Sistemlerinin Hoparlör Konumları



*Kaynak: Brian Vessa, Sony Pictures Entertainment, SMPTE Education Webcast Series 2018).
(Immersive Audio, Solid State Logic, 2018 Oxford, England*

2.6 AMBİSONİK SES

Ambisonik 360 ses, bazen geleneksel surround ses teknolojileriyle karıştırılmaktadır.

Geleneksel surround teknolojiler basit iki kanallı stereo sistemden daha etkileyicidir, ancak arkalarındaki prensip aynıdır: hepsi önceden belirlenmiş bir hoparlör dizisine ses göndererek bir ses görüntüsü oluşturur. Stereo iki hoparlöre, 5.1 surround ses altı hoparlöre, 7.1 surround ise sekiz hoparlöre ses gönderir.

Ambisonik belirli sayıdaki ses kaynağına ses sinyali göndermez, burada kaynak agnostiktir. Ambisonik ses, herhangi bir özel çalma sisteminin sınırlamaları ile sınırlandırılmadan, akıcı ve kesintisiz bir ses alanını temsil eder.

Bütün bunlar 360 video ve VR'da Ambisonik sesin neden standart hale geldiğini açıklamaya yardımcı olur. Geleneksel surround formatları statik olduğunda iyi görüntüleme sağlayabilir, ancak ses alanı döndükçe, ses bir hoparlörden diğerine "atlama" eğilimi gösterir. Buna karşın, Ambisonik, ses sahnesi dönerken bile (örneğin, VR kulaklık takan bir oyuncu kafasını hareket ettirdiğinde) düzgün, sağlam ve sürekli bir ses alanı yaratabilir. Bunun nedeni, Ambisonik sesin belirli bir hoparlör dizisiyle sınırlı olmamasıdır.

Geleneksel surround hoparlör sistemleri çoğunlukla 'ön-araflı' dır. Yan veya arka hoparlörlerden gelen bilgiler önden gelen ses kadar net değildir. Buna karşın, Ambisonik ses üç boyutlu kürenin tamamına eşit olarak yayılması için tasarlanmıştır.

Surround sistemler, sesi yatay boyutun ötesinde temsil ederken çeşitli zorluklar yaşarken, Ambisonik ses yukarıdan veya aşağıdan, kullanıcının önünden veya arkasından geliyor olarak temsil edilir.

En temel (ve bugün en çok kullanılan) Ambisonik biçimi, ayrıca birinci dereceden Ambisonik B biçimi olarak da bilinen 4 kanallı B biçimidir.

Birinci dereceden B biçimindeki dört kanal W, X, Y ve Z olarak adlandırılır. Bu dört kanalı tanımlamanın basitleştirilmiş bir yolu, her birinin 360 derecelik alanda farklı bir yönlülüğü temsil ettiğini söylemektir: sol-sağ, ön-arka ve yukarı-aşağı.

Bir başka açıklama, bu dört kanalın her birinin, matematiksel olarak farklı bir küresel harmonik bileşeni olduğu veya ses mühendislerine daha aşina bir dilde, kürenin merkezinde bulunan ve dördü çakışan belirli yönlere işaret eden farklı bir mikrofon kutup paternini temsil ettiğidir.

W, omni-directional polar pattern, küre içindeki farklı yönlerden gelen eşit gain ve fazları içerir.

X, ileriye dönük bir figure-8 bi-directional polar pattern.

Y, sola dönük bir figure-8 bi-directional polar pattern.

Z, yukarı dönük figure-8 bi-directional polar pattern.

Bu teknik, omni ve figure-8 çift yönlü mikrofonlar hakkında bilgi sahibi olan herkes için tanıdık gelecektir. Yukarıda açıklanan X kanalı ele alındığında herhangi bir figure-8 mikrofon gibi, pozitif ve negatif (ters faz) bir tarafı vardır. X kanalının figure-8 kutupsal patterni ileriye dönükken, negatif tarafı geriye dönüktür. X kanalındaki ses sinyali, pozitif faz ile kürenin önündeki tüm sesi ve negatif fazlı kürenin arkasındaki tüm sesleri algılar. Ayrıca, figure-8 mikrofonlarda olduğu gibi, her bir yön için toplanan gain farklıdır, yani doğrudan öndeki veya arkadaki sinyal tam bir gain olarak toplanır, ancak bu iki yönlü patternden uzaklaştıkça gain düşer. Figure-8 tam olarak 90 derece olduğunda sıfır gain elde edilir.

Aynısı Y ve Z kanalları için de geçerlidir: Y kanalları, kürenin sol tarafını pozitif faz ve sağ tarafını negatif faz ile alır. Z kanalı, kürenin üst tarafını pozitif faz ile, alt kısmını ise negatif faz ile alır. Bu şekilde, diferansiyel gain ve faz ilişkileri yoluyla, bir araya getirilen dört kanal, üç boyutlu, 360 derecelik ses alanını temsil eder.

Tüm bunlar, M / S stereo çalışmasını anlayan herhangi bir ses mühendisine çok tanıdık gelecektir. M / S'in kaydedilmesi iki rastlantısal mikrofon gerektirir. Bunlar:

M: orta için bir omni mikrofon (B formatındaki W kanalına benzer).

S: kenarlar için bir figure-8 mikrofon (B formatındaki Y kanalına benzer).

M ve S Birlikte: M ve S kanalları tüm L / R stereo alanını yan kanaldaki gain ve faz farkları ile yakalar ($L = M + S$, $R = M - S$). Aynı ilke, B-formatının WXYZ kanalları için de geçerlidir, sadece derinlik (X) ve yükseklik (Z) sağlayan iki ilave kanalla tamamlanır.

AmbiX ve FuMa

Ambisonik B formatı standardı içerisinde iki adet (AmbiX ve FuMa) farklı protokol bulunduğunu da belirtmek gerekir. Oldukça benzemelerine rağmen birbirleriyle değiştirilemezler. Bunlar dört kanalın diziliş sırasına göre farklılık gösterir, örneğin AmbiX, WXYZ yerine WYZX şeklinde düzenlenir. The Waves Ambisonics eklentileri

AmbiX formatını kullanır. Bu yüzden eklenti ara yüzlerinde WYZX sıralı kanallar görülebilir. AmbiX ve FuMa arasında format değişikliği sağlamak için, Waves B360 Ambisonics Encoder eklentisi AmbiX-FuMa ve FuMa-AmbiX çeviricileri (converter) bulunur.

Şekil 2.37: Waves B360 Ambisonics Encoder: Sağ Tarafda WYZX Kanalları



Kaynak: Waves Blog. ' Ambisonics Explained: A Guide for Sound Engineers' Oct. 2017;
<https://www.waves.com/ambisonics-explained-guide-for-sound-engineers>

2.7 SANAL GERÇEKLİK (VR)

Sanal gerçeklik bir çevrenin dış gözleminden ziyade sentetik bir ortama katılım yanılması ile karakterize edilir. Üç boyut, stereoskopik, kafa hareketi izlemeli ekranlar, el / vücut izleme ve binaural sesi temel alır. VR sürükleyici, çok sensörlü bir deneyimdir (Gigante 1993).

VR ses, dinamik binaural ses olarak tanımlanabilir. Dinleyicinin baş rotasyonuna uyumlu farklılaştırma özelliği ile statik binaural sestten farklıdır.

Genel algının dışında VR deneyimi sadece görsel bir deneyim değil, işitsel duyu, dokunma hissi ve nadir durumlarda koku ve tat alma duyuları (koklama ve tatma için) dahil olmak üzere çok duyusaldır. Ses, bu çoklu duyusal birliğin önemli bir parçasıdır. Kullanıcıların görüş alanı dışında neler olacağını söyler ve bu etkinliklerin gerçekleştiği

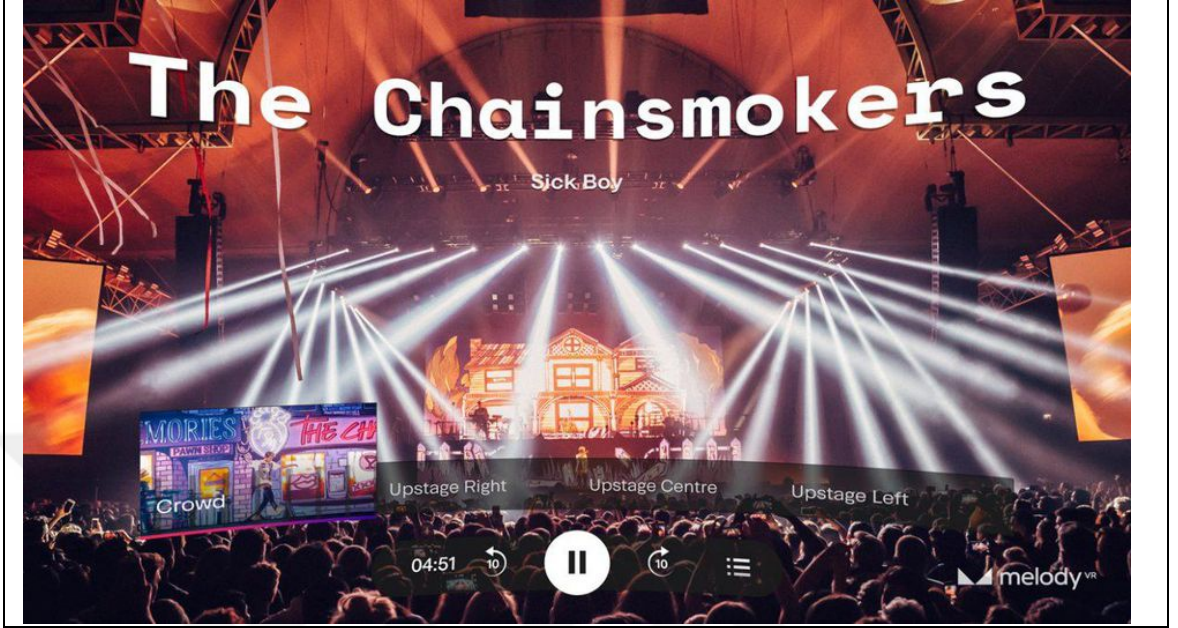
yeri bildirerek bu etkinliklerin doğası hakkında ayrıntılı bilgiler verir. Olayları ve sanal dünyada gerçekleştirdiğiniz eylemleri doğrulayan ve sanal gerçekliği daha makul ve gerçekçi gösteren ek duyuşal bilgiler ekler. (virsabi.com/news/sound-really-important-for-vr/)

VR geliştikçe ses üretimine yeni yollarla meydan okuyup yenilikçiliğe teşvik eder. Aynı zamanda daha önce yeterli uygulama eksikliği nedeniyle fazla popüler olmayan ambisonik ve binaural kayıt gibi ses teknolojilerine yeniden hayat kazandırmıştır. Her zaman olduğu gibi, sesin sanal gerçeklikteki rolü henüz önemli ölçüde değişmemiştir, ancak kullanıcıların bunu deneyimleme şekilleri yakın gelecekte şaşırtıcı şekilde genişletilebilir ve geliştirilebilir. (Duncan 2017)

Müzik endüstrisi içinde VR uygulamaları ile ilgili çalışmalar başlamış olsa da şu an çok popüler ve yaygın oldukları söylenemez. Müzik endüstrisinin büyük bir bölümü bu alanı maddi geri dönüşü yeterli olmayan fazla sayıda içerik ve dağıtım olarak algılamaktadır. Live Nation ve AEG gibi çok sayıda etkinlik düzenleyicisinin yanı sıra, temel ürünlerin VR uzantılarına büyük yatırım yapan Universal Music Group ve Warner Music Group gibi içerik sahipleri de bulunur. Söz konusu içerik sahipleri için VR uygulamaları yapan NextVR, MelodyVR, TheWaveVR, Harmonix, Magic Leap, TribeXR ve Endless Riff gibi uzman teknoloji girişimleri ve geliştiricilerinin, bu uygulamalar için dağıtım desteği sağlayan Hulu, Microsoft ve Facebook Oculus gibi platform ortaklıkları da bulunmaktadır.

En fazla kurumsal destek alan VR müzik uygulamaları, canlı konser deneyimini sanal olarak ölçeklendirenlerdir. Böylece dinleyiciler, ön sıradan koltuk almadan veya sahnede olmadan özel bir yer edinmiş gibi hissedebilmektedir.

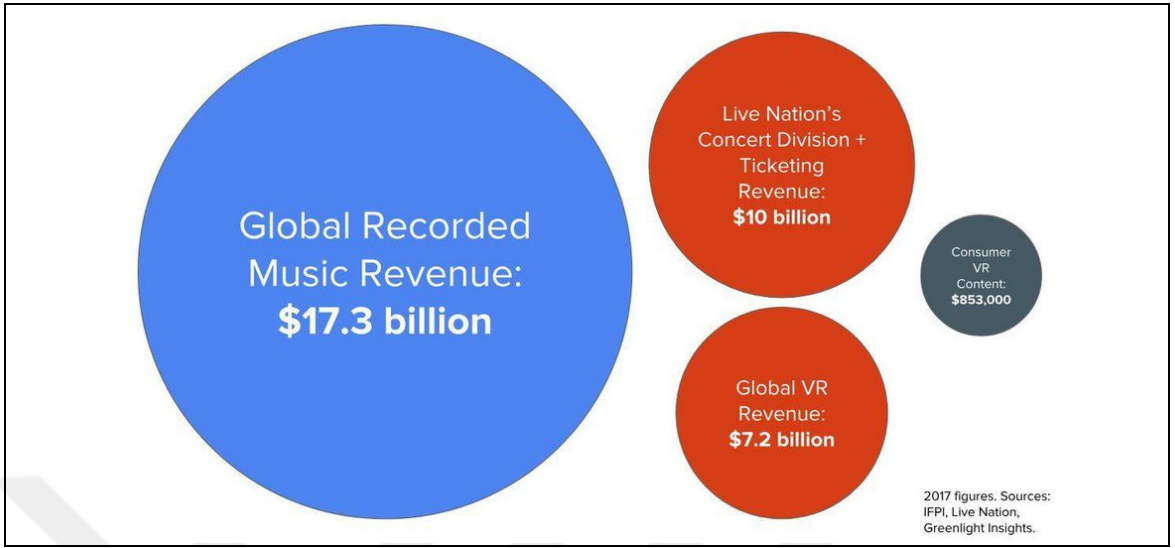
Şekil 2.38: Sanal Gerçeklik Uygulaması MelodyVr ile Deneyimlenebilen The Chainsmokers'in Londra Alexandra Sarayı'ndaki Konserinin Ekran Görüntüsü



Önde gelen üç ana plak şirketinin hepsine lisans veren ve 650'den fazla uluslararası sanatçıyla birlikte çalışan MelodyVR, VR kullanıcılarına, konser kayıtlarını kendi evlerinin konforundan yaşama fırsatı sunmaktadır. MelodyVR'daki tipik bir şovda, izleyicilerin kendilerini konumlandırabilecekleri birkaç "atlama noktası" bulunur. Bu noktalar kalabalığın arkasında, ön sırada ya da sağ veya solda, hatta sahnede sanatçının yanında dahi olabilir. Bugün bu teknoloji, başlangıç paketinde canlı müzik konserleri ve 360 derece müzik videolarının bir karışımını sunar ve fiyatları tek bir parça için 1 \$ ile tam bir konser için 10 \$ arasında değişmektedir.

2017'deki tüm tüketici VR içeriğinden elde edilen tahmini gelir (853.000 ABD Doları), o yıl ki küresel müzik gelirinin yalnızca% 0.005'i (17.3 milyar ABD Doları) ve Live Nation'ın yıllık konser ve bilet satış gelirinin yalnızca% 0.008'i (10 milyar ABD Doları) idi.

Şekil 2.39: 2017'de Kaydedilen Müzik ve VR Endüstrileri İçin Küresel Gelirlerin Karşılaştırılması



Ekonomik olarak hedeflenen noktaya gelemese de yakın gelecekte teknoloji daha da ilerledikçe maliyet ve konum temelli engellerin ortadan kalkması ve müzik şirketlerinin, mevcut uygulamaların (ve sorunlarının) basitçe çoğaltılması yerine, son kullanıcıya gerçek bir katma değer sunmak için VR'ın benzersiz özelliklerinden nasıl faydalanabilecekleri konusunda daha fazla fikir üretecekleri tahmin edilmektedir. (www.forbes.com)

Son yıllarda, VR oyun işlemcileri, 3D kurulumlar, YouTube ve Facebook gibi sosyal medyadaki 360 derece videoların tümü, üç boyutlu 360 derece sesle ilişkili hale gelmiştir. Bu nedenle ses mühendislerinin 3D temelli projelerle daha fazla temas etmeleri beklenmektedir.

2.8 SURROUND MÜZİK PRODÜKSİYONLARI

Surround müzik eserleri üretiminin tarihi, büyük katedraller için kilise müziği yazan, Rönesans bestecilerine kadar uzanır. Yüzyıllar içinde, Berlioz, Symphonie Fantastique eserinde, bazı enstrüman gruplarını konser salonunun arkasında kullanarak seyirciyi müzikle çevreledi, Wagner, orkestralar için müzisyenlerin sahne altında, fuayede ve seyircinin etrafında konumlanarak icra edecekleri güçlü eserler yazdı.

Stereo ses sistemlerinin yaygınlaşması sonrası 1930'lar boyunca, Bell Laboratories'deki bilim adamları, üç kanallı stereo (sol, orta, sağ) dahil olmak üzere çeşitli çok kanallı ses formatlarını denediler. 1938'de Walt Disney sinema filmi Fantasia'ya surround ses ekledi.

1970'lerde, Quad olarak bilinen tüketici surround sesi dinleyicilere sunuldu.

Quad, teknik açıdan ekonomik olana kadar çok sayıda problem yaratan analog dört kanallı bir sistemdi. 1969'da Makara teypler, kartuşlar ve plak formatında yayınlanan önemli sayıdaki albüm ilgi çekse de quadrafonik formatlardaki süre kısıtlamasının yanı sıra teyp ve hoparlör gibi sistem maliyetleri nedeniyle yaygınlaşamadı.

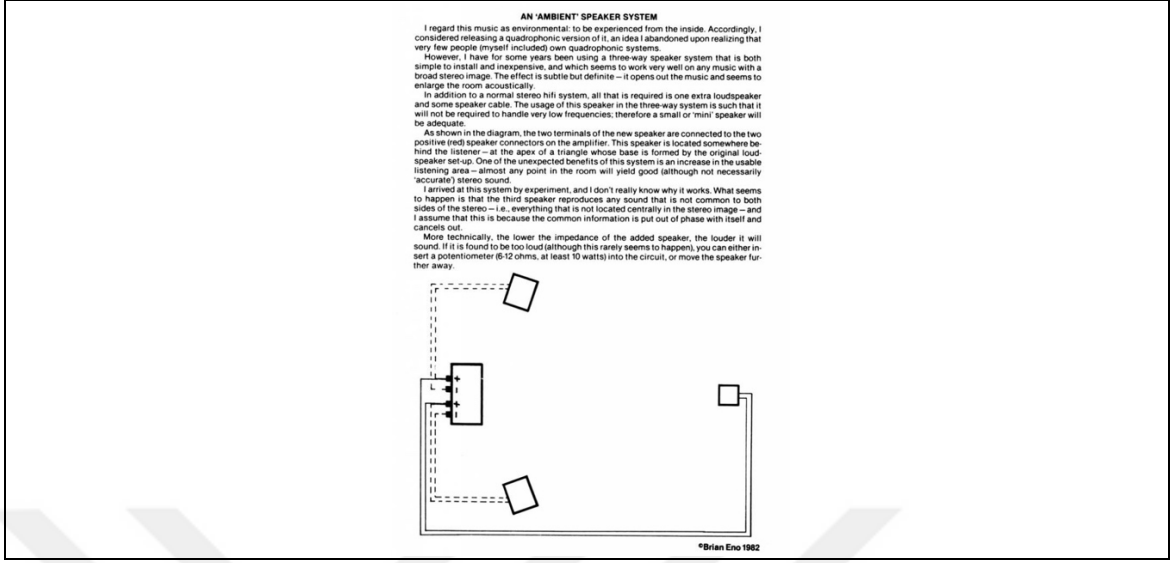
Şekil 2.40: Quadrafonik 8-Track Kartuş Çalar- Quad8 Quadrafonik Kartuş – Quad Makara Çalar



Kaynak: <https://pitchfork.com/features/lists-and-guides/9940-music-technology-of-the-1970s-a-timeline/>
<https://www.ebay.com/gds/top-7-quadraphonic-products/10000000177677802/g.html>

Bu sistemsel kısıtlamayı aşmak için Brian Eno quad ses sistemi yerine dinleyicilere var olan stereo ses sistemlerine yapacakları bir hoparlör eklemesi ile deneyimleyebilecekleri albümler bile sundu.

Şekil 2.41: Brian Eno- On Land LP Arka Kapağı



Kaynak

https://www.reddit.com/r/vinyl/comments/9d0e9h/nostalgia_from_the_back_of_the_1982_brian_eno_on/

Günümüzde DVD formatında albümler ve konser kayıtları ile ev salonlarına eskisinden daha güçlü giren surround müzik artık daha ulaşılabilir olsa da, hala birkaç sanatçı dışında kimse tarafından bu formata yönelik özel bir üretim çabasına değer görülmediği söylenebilir. Bunun nedeni olarak geleneksel dinleme yöntemlerine alışkın tüketiciden hala tam kabul görmediği yorumu dışında bu az üretimin ses mühendislerinden kaynaklandığını belirten görüşler de var.

'Quadraphonic surround kayıtlar ilk olarak 1970'lerin başında ortaya çıktı, ancak mühendisler 40 yılı aşkın süredir, müzik için tüm bu kanallarla ne yapılacağını henüz tam olarak çözemedi. Sürekli olarak mükemmel bir iş çıkaran tek adam, Steven Wilson'u tanırım, 5.1 kanalı yalnızca müzik (video olmadan) formatlarıyla benimseyen başka tanınmış isim sayamam.' Steve Guttenberg

(<https://www.scientificamerican.com/article/is-surround-sound-for-music-and-home-theater-on-its-way-out/>)

Dinleyicinin dinleme alışkanlıklarına başka bir boyut kazandıran surround müzik albümlerinden bazıları şöyledir;

Tablo 2.4: Farklı Formatlarda Surround Müzik Albümleri Örnekleri

Sanatçı	Albüm	Format	Yıl
Louie Bellson	Breakthrough	Quad Reel to Reel	1968
Black Sabbath	Paranoid	JVC Discrete/Matrix Vinyl Format	1970
Pink Floyd	Atom Heart Mother	Quad 8-Track Cartridge	1970
The Doors	Best of the Doors	JVC Discrete/Matrix Vinyl Format	1973
Aerosmith	Get Your Wings	CBS Matrix Format Vinyl LP	1974
Sammy's Saloon	Sammy's Saloon	Quad 4-Track Cassette	-
Al Di Meola, Jean-Luc Ponty & Stanley Clarke	Live at Montreux 1994	DVD	2005
The Flaming Lips	Zaireeka	CD	1997
Miles Davis	Miles Electric: A Different Kind of Blue	CD	2004
Cream	Royal Albert Hall: London May 2-3-5-6	DVD	2005
The Flaming Lips	U.F.O.s at the Zoo: The Legendary Concert in Oklahoma City	DVD	2007
David Gilmour	Remember That Night: Live at the Royal Albert Hall	DVD/Blu-ray	2007
Genesis	1970 - 1975	CD / DVD-A	2008
The Electric Light Orchestra	The Electric Light Orchestra [40th anniversary edition]	CD+DVD	2012
Jethro Tull	Benefit [A Collector's Edition]	DVD	2013
Matt Darey	Wolf	Dolby Atmos	2017

Kaynak: <http://www.surrounddiscography.com>, <https://rateyourmusic.com/list/groonrikk/concert-videos-and-music-docs-by-artist/>

3. VERİ VE YÖNTEM

Bu tez araştırması çok fazla sayıya ulaşamayan surround müzik prodüksiyonlarının ses teknolojilerindeki gelişmeler ışığında yeniden canlandırılması, deneyimlenmesi ve değerlendirilmesini hedeflemektedir.

Çalışmanın yöntem bölümünde deneysel surround müzik albümlerinden The Flaming Lips- Zaireeka çağdaş prodüksiyon teknikleriyle kulaklık için çevreleyen ses ortamına aktarılmıştır.

Şekil 3.1: Zaireeka Albümü



Kaynak: <https://en.wikipedia.org/wiki/Zaireeka> https://en.wikipedia.org/wiki/The_Flaming_Lips

Flaming Lips, 1983 yılında Oklahoma City'de kurulan bir Amerikan rock grubudur. Grup 1980'lerde ve 1990'ların başında, Restless adlı bir bağımsız plak şirketi ile birkaç albüm ve EP kaydetmiştir. Warner Brothers ile anlaştıktan sonra, 'Hit to Death in the Future Head' (1992) kayıtlarını yapmışlardır. Daha sonra NME dergisinde Yılın Albümü olan The Soft Bulletin'ı (1999) yayınlamışlar ve ardından 'Yoshimi Battles the Pink Robots' (2002) yayınlamıştır. Şubat 2007'de " Best International Act" için BRIT Ödülü'ne aday gösterilmişlerdir. Grup, biri 'En İyi Enstrümantal Performans' olmak üzere üç 'Grammy' ödülü kazanmıştır. Q dergisinin 2002'de " 50 Bands to See Before You Die" listesinde yer almıştır.

'Zaireeka' The Flaming Lips grubunun beyni Wayne Coyne'un yaptığı sonik denemelerden en ünlüsü 'Parking Lot Experiment' in ardından bu deneyime benzer bir kurguda tasarlanarak kaydedilmiştir.¹

Süreci Wayne Coyne albüm kitapçığında şöyle aktarır;

"Şarkıların bilindik dinlenme biçimlerinden kurtulmak istiyordum... Böylece birkaç CD çaları bir araya getirdim ve iki ayrı CD üzerindeki bazı şarkıları çaldım. Sonra iki farklı disk üzerinde aynı şarkıyı sadece play tuşlarına aynı anda basarak birlikte çaldım. Beni şaşırtan ilk bir dakika civarında nispeten senkron bir şekilde çalmalarıydı ama beni daha da şaşırtan senkronizasyonun zamanla rasgele bozulmaya başlamasıydı. Gördüğüm kadarıyla CD çalarlar senkron bir şekilde çalmıyor. CD çalarların kalitesine göre birbirlerine yaklaşabiliyorlar ancak genellikle bu oldukça rasgele bir düzen. Beni heyecanlandıran tam da bu oldu! Neler olup bittiğini anlamanıza yetecek kadar birbirlerine yakın çalıyorlardı ancak öngöremeyeceğiniz bir şekilde biri diğerinin önüne ya da arkasına geçerek durumu karmaşıklaştırıyordu. Kimi zaman bir tanesi geride kalsa bile diğerini yakalıyordu kimi zaman tam tersi olabiliyordu. Burada en çok hoşuma giden şey, esasen çok basit bir şarkının nasıl farklı ve uyumsuz bir hal alabildiğini görmektir. Bu fikirle yola çıkarak müziğin ve şarkıların ne olabileceği konusunda daha geniş bir bakış açısıyla düşünmeye başladım. Ritimlerin birbiriyle çarpıştığı, zaman işaretlerinin sade ama şaşırtıcı olduğu hem net hem kafa karıştıran bir müzik sunmaya çalıştım... Binlerce kez dinledikten sonra bile tanıdık gelmeyecek bir müzik... Müziğin ne olduğu hakkındaki alışılmış fikirlerin penceresinden bakıldığında işe yaramayan bir müzik... Bir şarkıyı dinlemek ve eğlendirilen ya da sıkılan edilgen olmak yerine dinleyici, katılır ve heyecanlanır. Sakin ancak şüpheli... Ertelenen beklenti hali... Dinleyici, kimi zaman sestem önce yankının geldiği diğer zamanlar ise geciktiği abartılı bir ses boyutu duyar.

¹ 'Zaireeka' 28 Ekim 1997 tarihinde Warner Bros. Records tarafından yayımlanan The Flaming Lips'in sekizinci stüdyo albümüdür. Albüm, dört ayrı ses sisteminde aynı anda çalındığında armonik ve birlikte ses üretecek şekilde tasarlanmış dört kompakt diskten oluşur; diskler ayrıca bir, iki veya üç diskli farklı kombinasyonlarda değiştirilerek çalınabilir. Sekiz şarkının her biri, dört CD'ye dağıtılmış olan dört ayrı stereo parçadan oluşur.

Hoş ve neşeli bir melodi hafif bir değişiklikle uyumsuz ve rahatsız edici bir hale dönüşür. Kreşendolar girecekleri yeri kaçıtır ya geç ya da erken girerler ya da her ikisi de olabilir... Bilerek kendi momentumunu yok eden bir müzik... Bunları duyup bunların yanlış veya rahatsız edici olduğunu düşünmek yerine garip bir yeni formun olasılıklarını duydum. “

Albüm bu tamamen özgün surround deneyimi dinleyicilere sunarken bir de uyarı yazısı taşıyordu;

“Zaireeka, çoklu ses kaynakları, dinleyici katılımı ve sesin yeni boyutları ile yapılan bir deneydir.

Uyarı: Bu eşsiz bir kayıttır. Bu sekiz kompozisyon dört adede kadar kompakt disk çalar kullanılarak çalınır. Her biri senkronize başlama zamanlarına sahiptir. Ayrıca normal olarak ticari kayıtlarda duyulmayan ve nadiren de olsa dinleyicinin şaşırmasına neden olan frekansları içerir. Bu set 4 CD'den oluşur, ancak her disk aynı sekiz parçanın farklı bölümleri bulunur. Dolayısıyla, şarkı listesi yalnızca bu sekiz parçadan oluşur.” (Albüm kapağında)

Albümü dinlemek için sadece CD ye sahip olmanın ötesinde aynı heyecanı paylaşan 3 kişinin daha kendi stereo sistemlerini bir araya getirmesi ile benzersiz bir dinleme seansı vaad eden albüm beklendiği üzere ciddi bir ticari başarıya ulaşamamıştır. Aksine yayımlandığı yıl bazı müzik eleştirmenlerinden olumsuz yorumlar almıştır. Ama sınırlı da olsa belirli bir kesim üzerinde büyük bir heyecan yaratmıştır (<https://pitchfork.com/features/article/8017-time-capsule/?page=6>).

Yayımlanışının 20. Yılında özel basım plak versiyonu olarak piyasaya tekrar sürülen Zaireeka ile ilgili Peter Helmanın değerlendirmesi albüm ile ilgili ana fikri aktarmaktadır:

“Albümün zor olması gerekiyordu. Tam olarak senkronize olmaması gerekiyordu. Her zaman farklı sesler olması gerekiyordu. Ve belki de en önemlisi, dört CD çaları olan bir adam olmaması gerekiyordu. Coyne'un öngördüğü gibi dinleme deneyimi, toplumsal ve kolektifti. Arkadaşların bir araya gelmesi, müzik setlerinin etrafını sarması ve bir odada nefessizce

oturması, müziğin üzerlerini ezici bir dalga ile yıkamasına izin vermesiydi. Zaireeka partisiydi. Bir olaydı.” (Helman 2017).

Albüm dünyanın çeşitli yerlerinde organize edilen dinleme partileri ile insanların bir araya gelmesini sağlayarak asıl amacı olan tekrar elde edilemeyecek bir ortak dinleme deneyimini yaşatmaya devam etmektedir. Hatta adına Mark Richards tarafından kaleme alınmış bir kitap yayınlanmıştır.

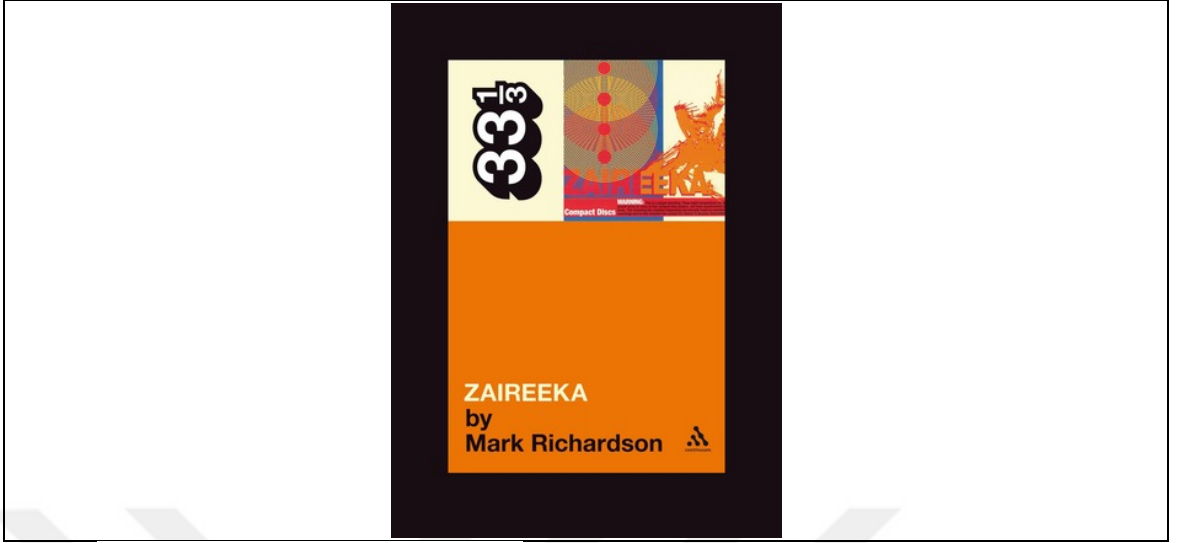
Şekil 3.2: Zaireeka 20. Yıl Özel Basım Plak Seti



Şekil 3.3: Dünyanın Çeşitli Yerlerinden Zaireeka Dinleme Partisi Afişleri



Şekil 3.4: ZAIREEKA – Mark Richardson



Kaynak: Continuum; Edisyon 1. 24 Aralık 2009)

Araştırma yöntemi olarak daha önce literatür taraması yapılan prodüksiyon tekniklerinden bazıları uygulanmıştır. Araştırma verileri test yöntemi ile toplanmış, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Dinleme oturumu Bahçeşehir Üniversitesi Yüksek Lisans Programı Ses Teknolojileri Bölümü' nün stüdyosunda gerçekleştirilmiştir. Bölümün 9 Yüksek Lisans öğrencisinden gerçek hoparlör dinlemesi ile kulaklıkla dinleme deneyimleri arasındaki yakınlık derecelerini belirtmeleri istenmiştir. Özellikle ses mühendisliği adaylarının seçilme nedeni, ses duyum algılarının normal dinleyicilerden daha gelişmiş olduğunun varsayılmış olmasıdır. Bununla birlikte, prodüksiyon süreçlerinin çoğuna diğer dinleyicilerden daha fazla hâkim olmaları nedeniyle araştırmanın örneklemini oluşturmaktadırlar.

Dinleme oturumlarında ilk olarak Zaireeka albümünün 5.1 sistem üzerinden quadraphonic hoparlör referans dinlemesi yapılmıştır. Sonrasında katılımcılar gruplar halinde kulaklık dinlemesine alınmıştır.

Kulaklık dinlemelerinin planı şöyledir;

- i. CD tracklerinden stereo ya Waves DTS eklentisi ile downmiks uygulaması
- ii. Soundman binaural kulaklık mikrofon kayıtları ile Sennheiser Orbit uygulaması
- iii. Sennheiser VR Ambisonik mikrofon kayıtları ile 3D miks uygulaması

- iv. Waves NX Ambisonik oda simülasyonu ve Head Tracking ile 3D miks dinleme uygulaması

Dinleme deneyiminin tekrar yaratılması için albümün CD trackleri ile albüm dinleme ortamında binaural tekniklerle alınan kayıtların Protools yazılımı ile kulaklık reproduksiyonları yapılmıştır.

Quadrafonik tasarlanan albüm için kayıt odasında 4 ayrı CD Player ve Stereo Hoparlör kullanılmıştır. Uygulama kaydı sırasında her bir CD albüm yönergesine uygun biçimde el ile senkronlanarak başlatılmış, ses seviyeleri kişisel duyum referans alınarak belirlenmiştir.

Kayıt için Yamaha TF5 Live Console Mikser ve Roland Rubix 24 Ses Kartı ve Nuendo yazılımı kullanılmıştır.

Ekipman - CD dağılımı şu şekildedir;

Front left up – Zaireeka CD3 için;

- i. Roksan Blak Integrated CD Player
- ii. Monitor Audio Silver 100 Hoparlör

Front right up – Zaireeka CD1 için;

- i. Roksan Caspian CD Player
- ii. Monitor Audio Gold 100 Hoparlör

Back left down – Zaireeka CD4 için;

- i. Atoll CD 100SE CD Player
- ii. Monitor Audio MR6 Hoparlör

Back right down – Zaireeka CD2 için;

- i. Roksan K3 Integrated CD Player
- ii. Monitor Audio Bronze 6 Hoparlör

Diğer ekipmanlar;

Mikrofonlar

- i. Sennheiser AMBEO VR 3D
- ii. Soundman OKM – 1

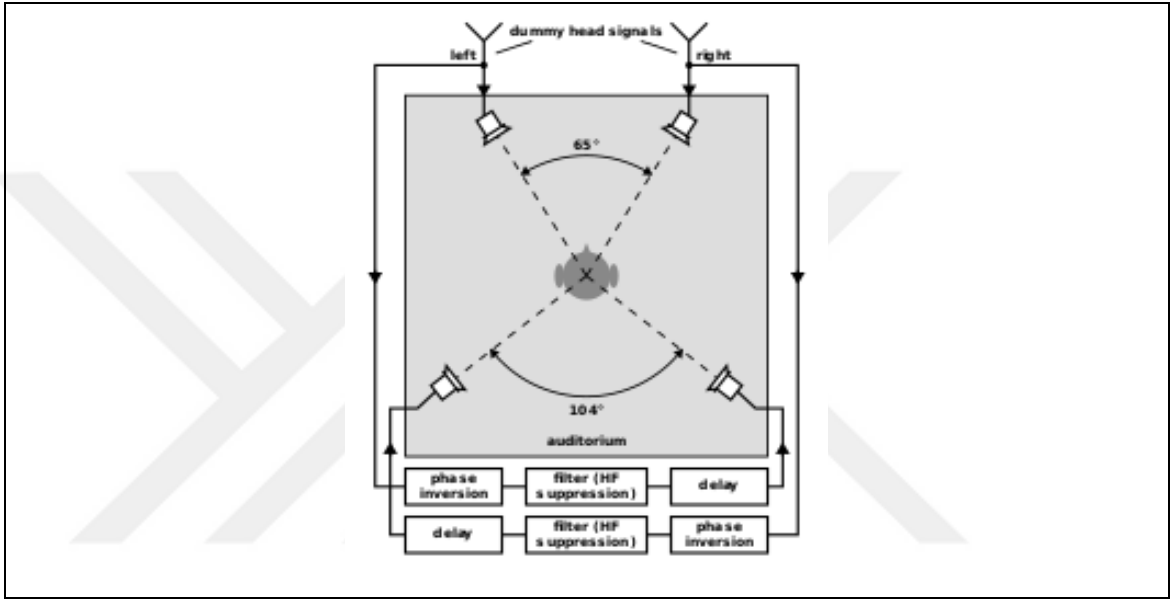
Kablolar

- i. Atlas Cable Equator ve Hyper serisi İnterconnect hoparlör kabloları

ii. Kirlin Mikrofon kabloları

Albüm dinleme deneyimini simule etmek için 2 tip mikrofon kaydı yapılmıştır. Mikrofonlama ve ekipman dağılımı merkezi temel binaural kayıt ve kurulum örneğine uygun şekilde konumlandırılmıştır. Doğal bir deneyim yaşanması için yüksek oranda akustik düzenleme hedeflenmemiş kısmen kontrollü bir oda tipi tercih edilmiştir.

Şekil 3.5: Binaural Kayıt Ortamı



Ekipman Yerleşim Ölçüleri

Tüm hoparlörlerin kendi içlerindeki uzaklıkları- 105cm

Ön iki çift hoparlör arası- 105cm

Arka iki çift hoparlör arası- 157,5 cm

Hoparlörlerin mikrofona olan uzaklığı- 52,5 cm

CD Müzikal içerikleri

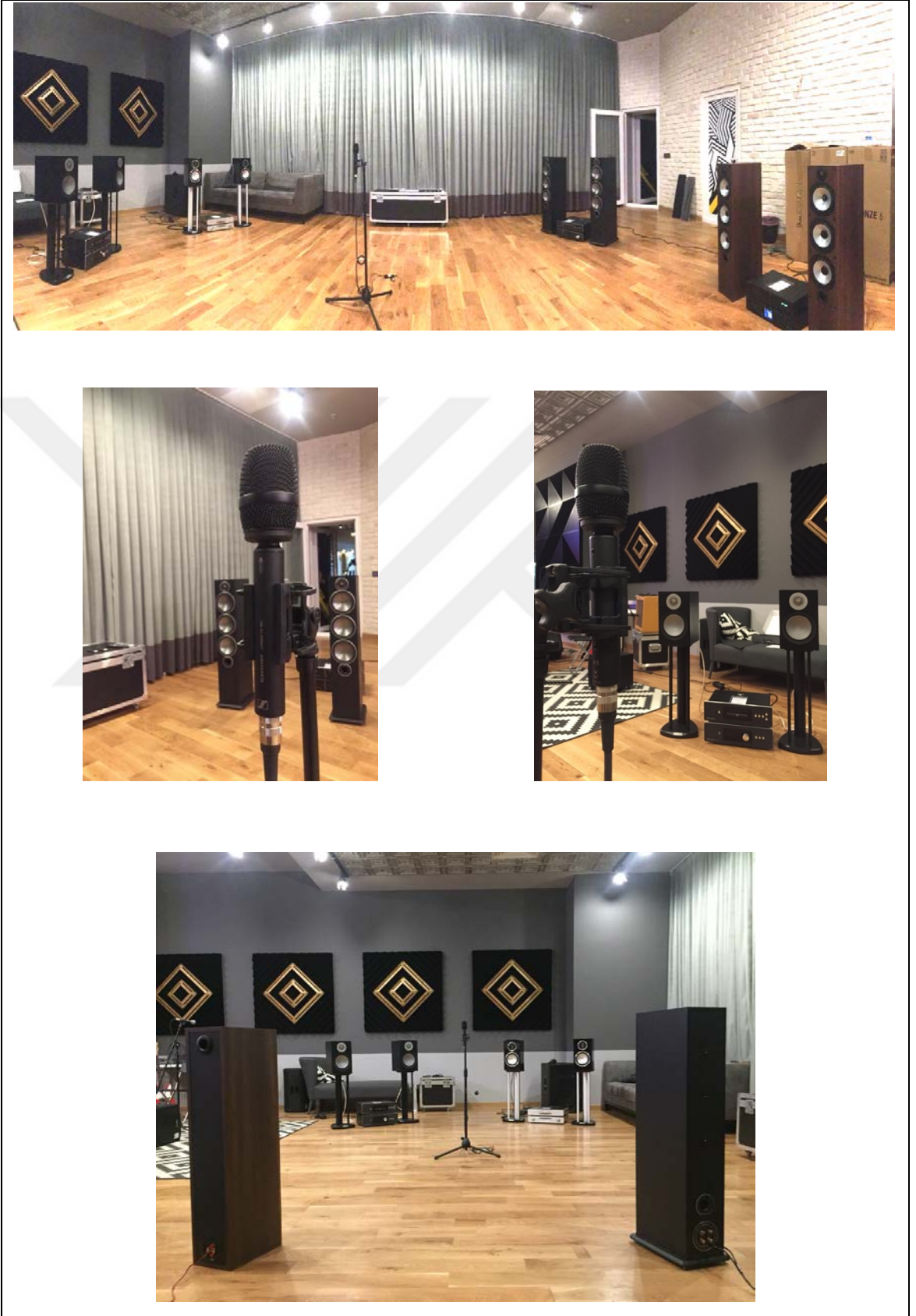
CD 1 – klavyeler, orkestrasyon, ambiyans ve reverbleri, vokal – stereo panlı

CD 2 – ambiyans, ritmik unsurlar, diğer kanalların reverb dönüşleri – stereo panlı

CD 3 – yaylı enstrümanlar, ambiyans, vokal reverb dönüşleri, elektrik gitar, sonda birleşen ritmik unsurlar- stereo panlı

CD 4 – ağırlıklı ambiyans ve synthler, tasarlanmış back vokaller, orkestrasyon eşlikleri, klavyeler, sonda birleşen ritmik unsurlar – stereo panlı

Şekil 3.6: Kayıt Ortamı



İlk kayıta dummy head mikrofon yerine binaural kulaklık mikrofon ile kayıt yapılmıştır.

Cd'ler ortak zamanda başlatılarak 4 ses sisteminin merkezinde bulunan dinleme konumunda oturur pozisyonda kulak hizasından kaydedilmiştir.

Şekil 3.7: Soundman OKM-I Binaural Stereo Mikrofon



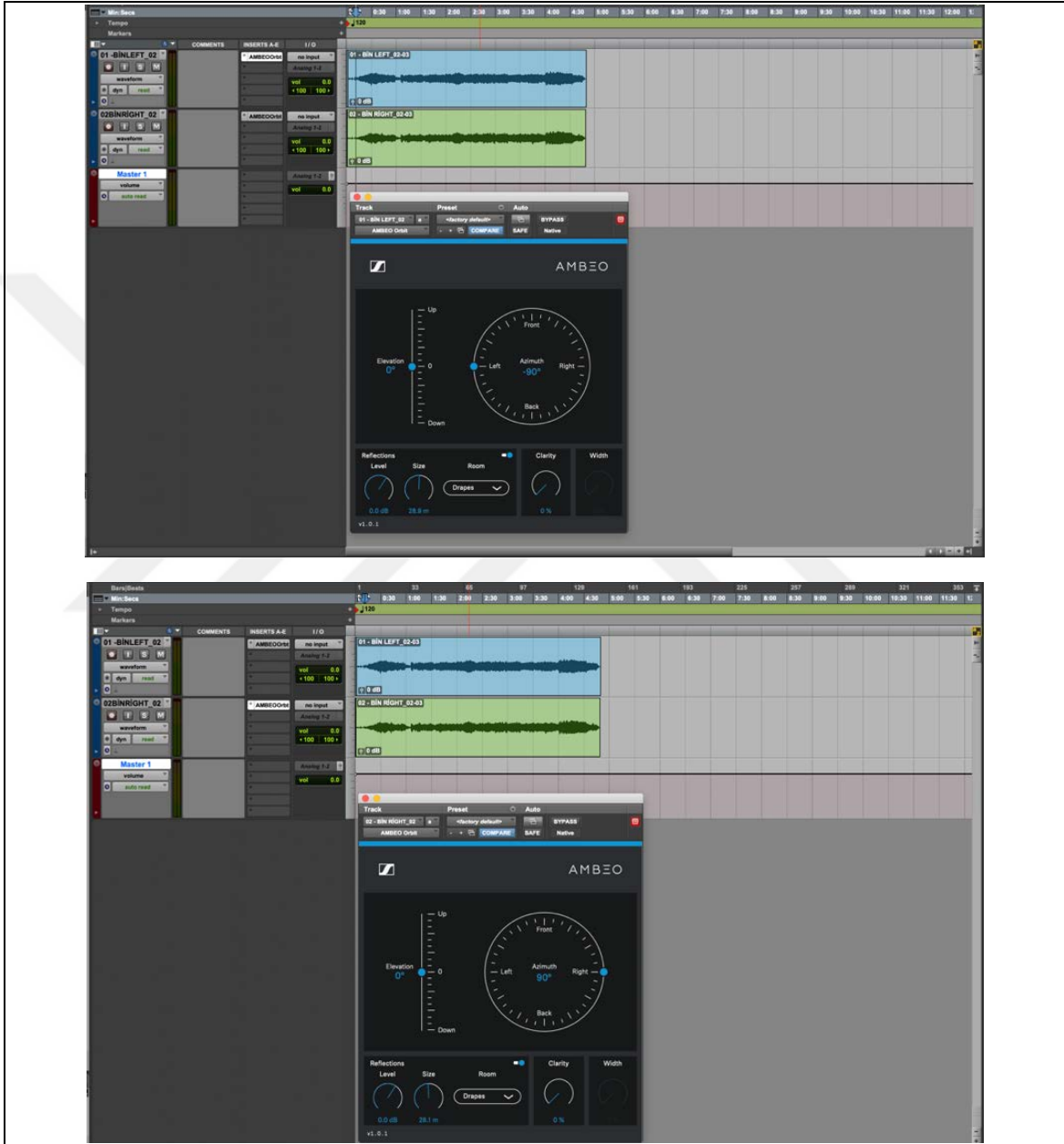
Kayıta Soundman Binaural mikrofondan elde edilen stereo kayıtlar Protools üzerinde önce iki mono kanala ayrılmıştır. Her iki kanal AMBEO Orbit ile 90 derecelerde sol ve sağ olarak panlanmıştır. Kulaklık dinlemesi için stereo çıktı alınmıştır.

Ambeo Orbit kullanımı binaural tekniği diğer tekniklerle daha kıyaslanabilir hale getirebilmek için tercih edilmiştir. (https://assets.sennheiser.com/global-downloads/file/9582/Approaching_Static_Binaural_Mixing.pdf)

Ambeo Orbit kullanıcının herhangi bir mono veya stereo sesi üç boyutlu binaural alanda uzamsallaştırmasını sağlayan bir yazılım eklentisidir. Maksimum tını kalitesi ve yerleştirme doğruluğu için, Neumann KU100 binaural stereo mikrofonundan

örneklenen HRTF filtreleri kullanmaktadır (<https://www.pro-tools-expert.com/home-page/2019/01/05/friday-free-plug-in-ambeo-orbit-from-sennheiser>)

Şekil 3.8: Kulaklık Reprodüksiyonu- BINAURAL (Dinleme Odasından Alınan Binaural Mikrofon Kaydının Kullanımı)



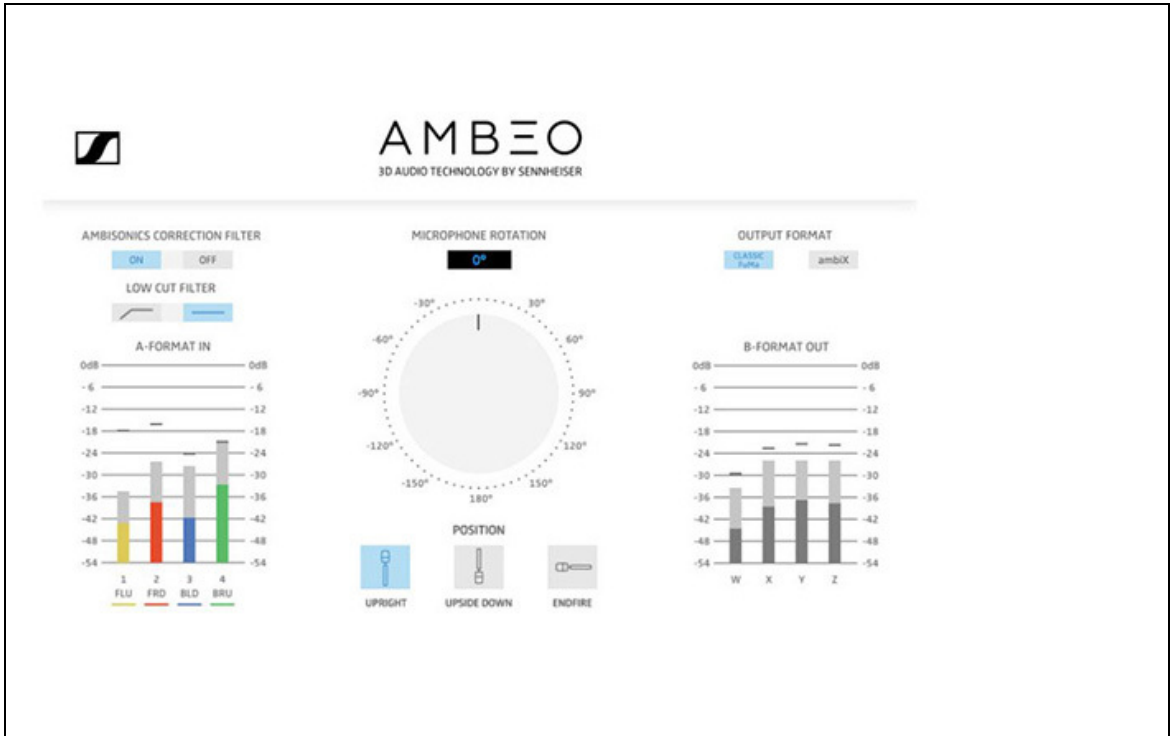
İkinci kayıttta Sennheiser AMBEO VR 3D mikrofon kullanılmıştır. Ambeo VR mikrofon kutu içeriğinde bulunan 4'lü XLR kablo ile sisteme girilmiştir. Kayıttan alınan 4 audio Protocols ta açılan First Order Ambisonic kanala aktarılmış toplanan A formatlı

audiolar Sennheiser A-B converterdan geçirilerek B formatına çevrilmiştir. Böylelikle çevreleyen ses ortamına uygun hale getirilmiştir.

Şekil 3.9: Ambeo VR Mikrofonun Kutu İçeriği

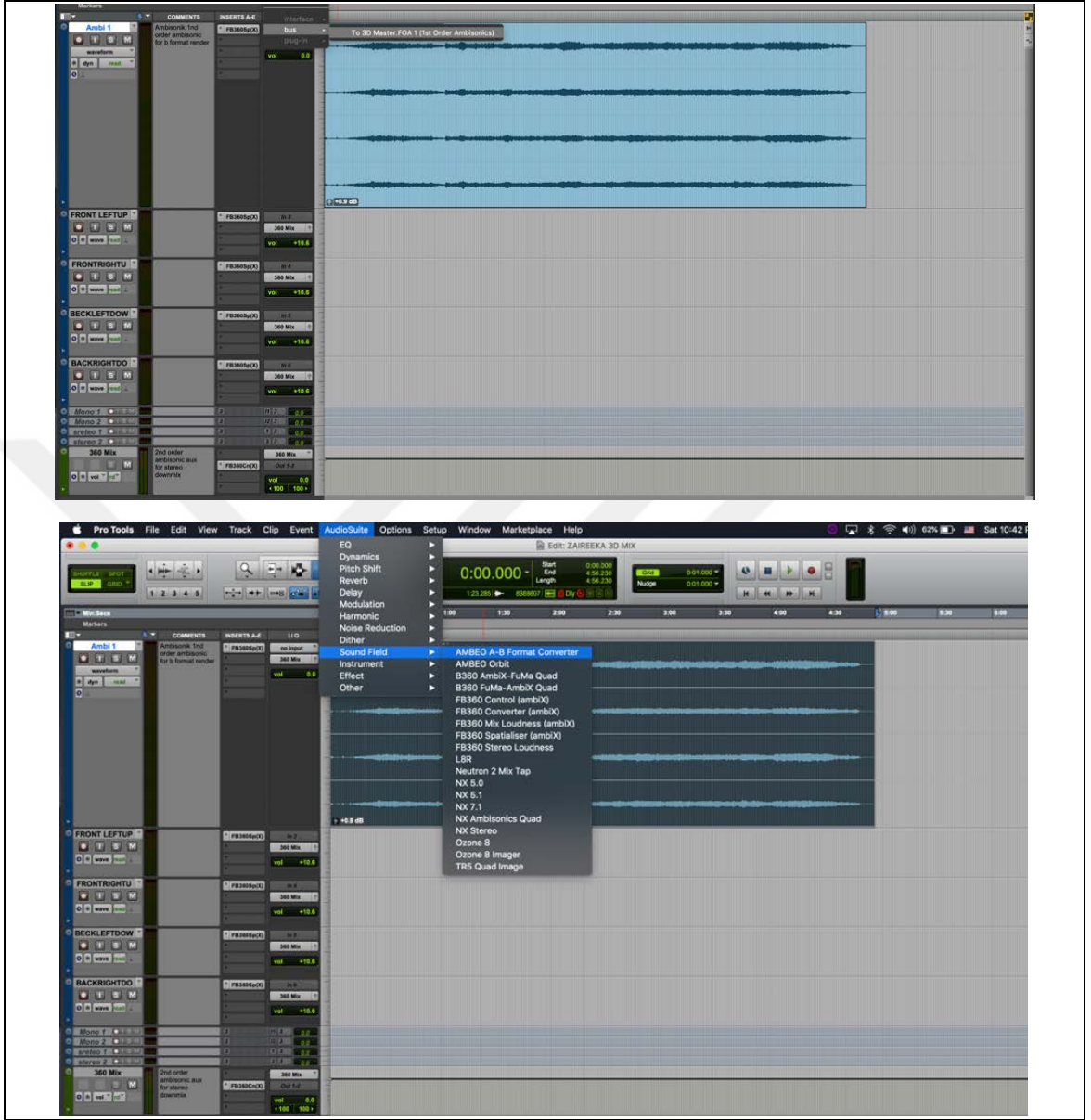


Şekil 3.10: Ambeo A-B Converter



Kaynak: <https://en-us.sennheiser.com/ambeo-blueprints-downloads>

Şekil 3.11: Kulaklık Reprodüksiyonu – Sennheiser Ambeo Mikrofon Kaydı ile Çevreleyen Ses Üretimi



Yeniden mono kanallara alınan B-Formatlı ses dosyaları Facebook Audio 360 Spatialiser eklentisi ile odayı simüle edecek şekilde panlanmıştır.

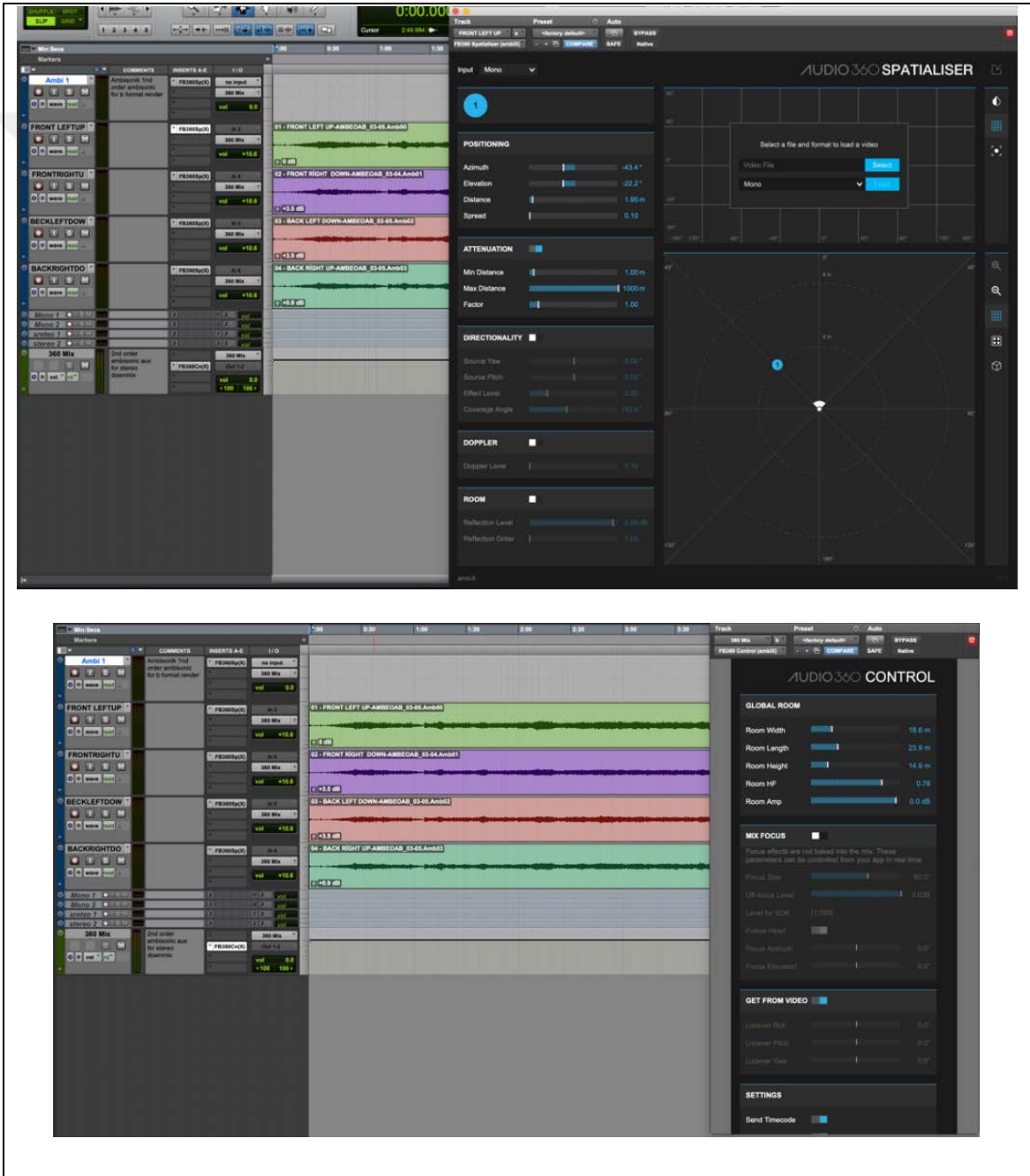
Facebook Audio 360 Spatialiser tüm seslerin kulaklıklar üzerinde gerçek zamanlı binaural çalma için nasıl yönlendirildiğini kontrol ederek kumanda merkezi işlevi de görmektedir. Bu eklenti aynı zamanda erken yansımalar ve karışık odaklanma gibi özelliklerin global ayarlarını da yönetir.

Çıkış için tüm kanallar projedeki 360 Miks auxuna yönlendirilmiş, bu çıkış kanalına uygulanan Facebook Audio 360 Control eklentisi 3D miks kanalında aktifken, B

formatlı kanallar “Record Enable” hale getirilerek oturum çıkış kanalına kayıt edilmiş, ardından interleaved stereo export alınmıştır.

VR video-ses prodüksiyonun temel öğelerinden video dosyasını ve ses dosyalarını Facebook'ta ve diğer desteklenen platformlarda oynatmak için uygun bir şekilde birleştiren Facebook 360 Encoder projede video bulunmadığı için kullanılmamıştır. Özellikle görsel bir yönlendirme olmaması hedeflenmiştir.

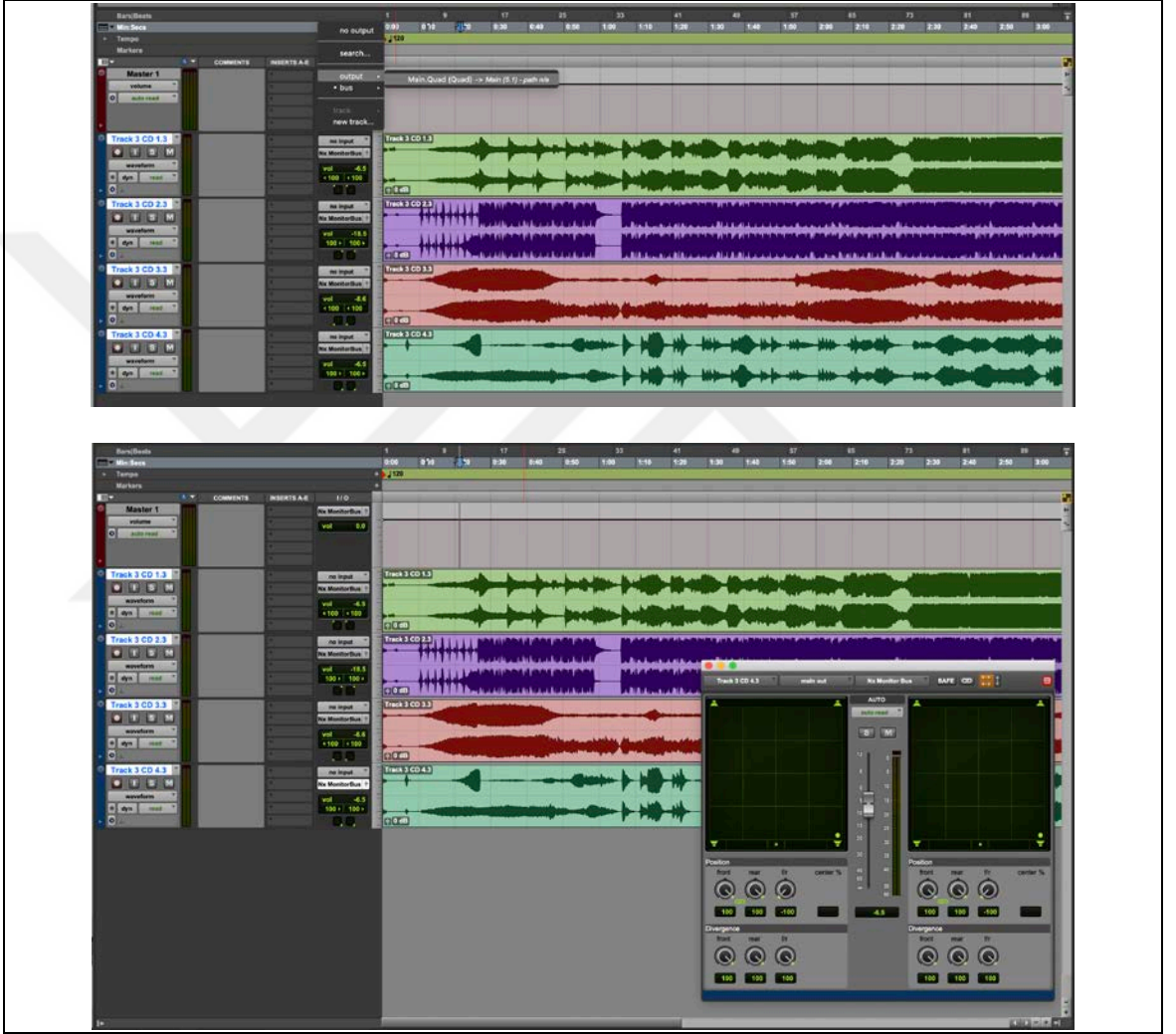
Şekil 3.12: Facebook Audio 360 Spatialiser ve Audio 360 Control



Diğer uygulamalarda ise albüm stereo ses dosyaları kullanılmıştır.

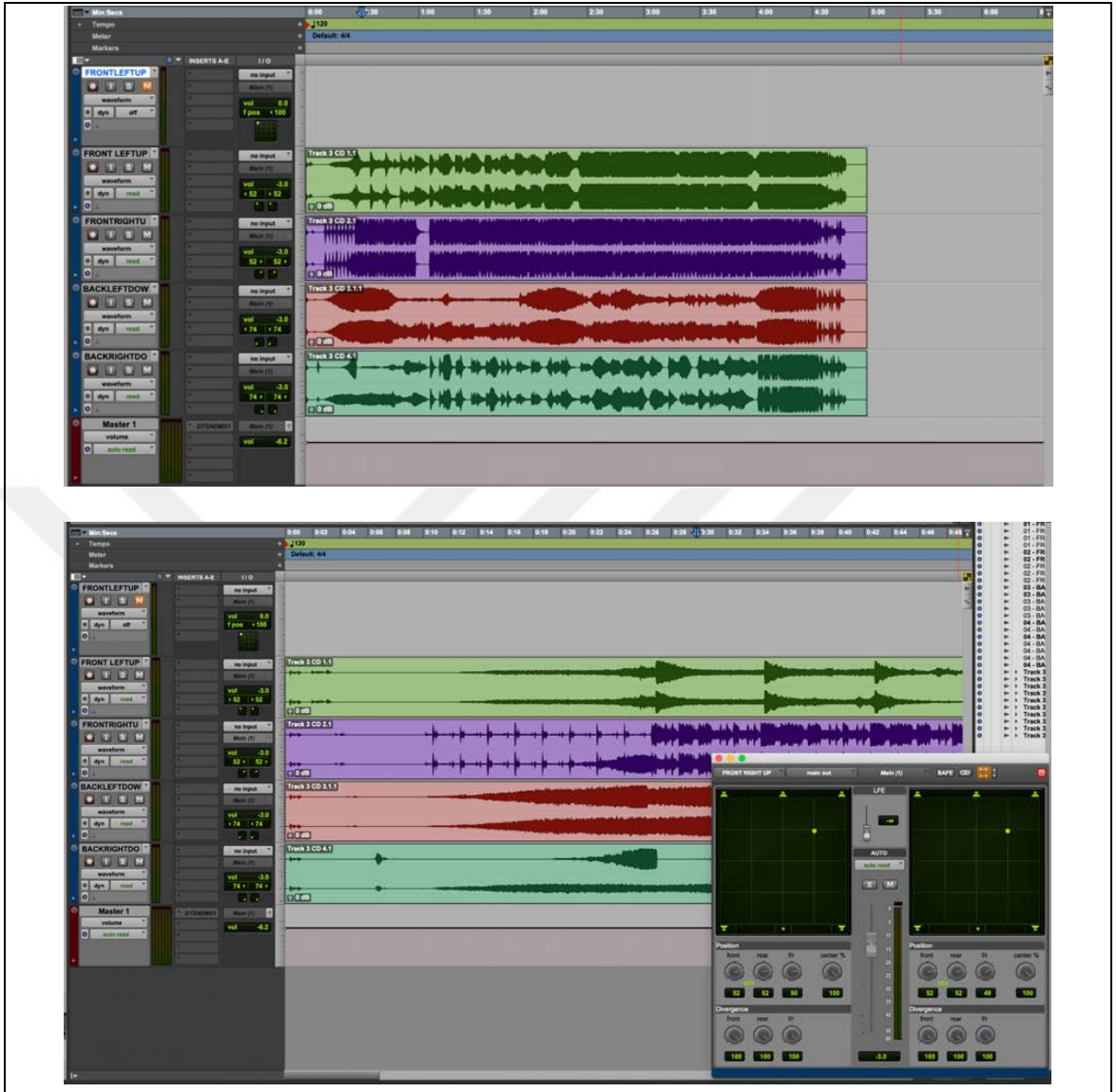
4 CD'den alınan 4 stereo ses dosyası test öncesinde referans olarak quadrafonik bir düzende dinlenebilmesi için Protools üzerinden Apogee Symphony çıkışları panlanarak dinleme odasındaki Dynaudio 5.1 monitör sistemine yönlendirilmiştir.

Şekil 3.13: Tracklerin Projeye Yerleşimi ve Quadraphonic Panlama



CD çalışmalarından ikincisinde quad çıkışlı hoparlör dinlemesine kulaklık reproduksiyonu yapılmıştır. Mikrofon kayıtlarının kullanıldığı uygulamalarla kıyaslanabilmesi için herhangi bir parametre kullanılmadan yalnızca kulaklık için stereo downmiks alınmıştır.

Şekil 3.14: Kulaklık için DTS ile Stereo Downmiks Uygulaması





Downmix için 5.1 master kanalında Waves DTS Neural Surround DownMix Plug-In kullanılmıştır. DTS Neural Surround DownMix Waves tarafından DTS lisansı altında geliştirilmiş, stereo ses kaynaklarının upmixi, 5.1 ve 7.1 surround sesin downmixi ve mono içeriğin stereoya dönüştürülmesi için üç eklenti barındıran bir eklenti setidir (<https://www.waves.com/bundles/dts-neural-surround-collection>).

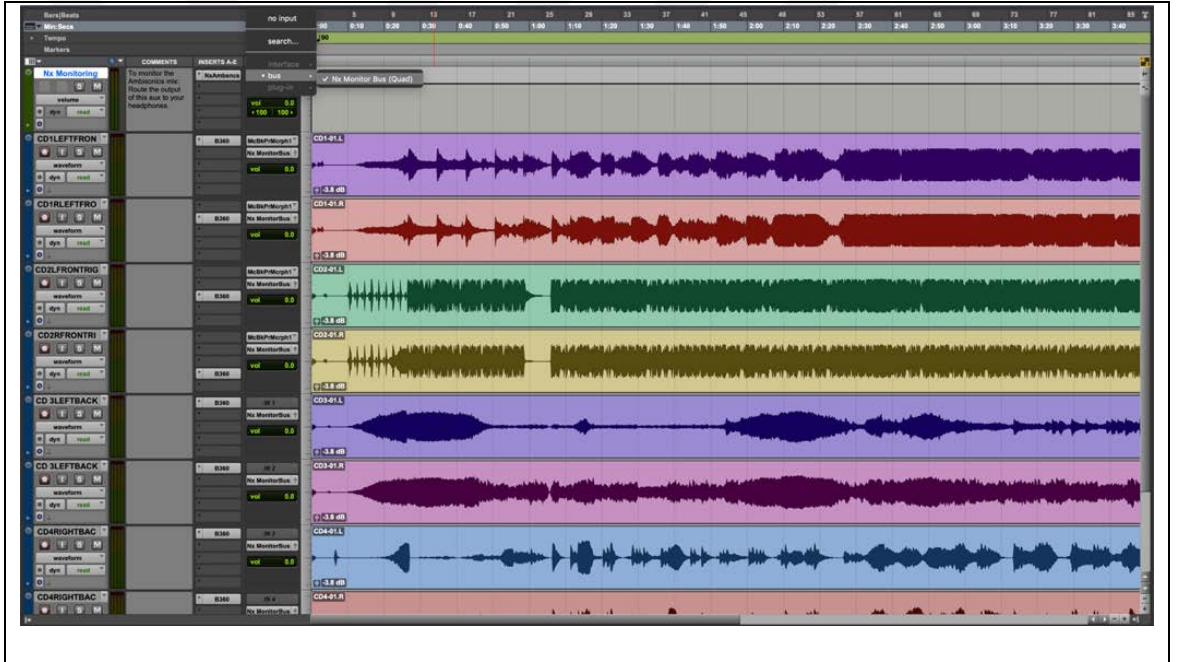
Ayrıca lokasyon algısını koruyabilmek için kayıta kullanılan cd player ve hoparlör yönleri baz alınarak panlanmıştır. Surround dinleme deneyimi stereo miks teknikleri kullanılarak kulaklığa aktarılmıştır.

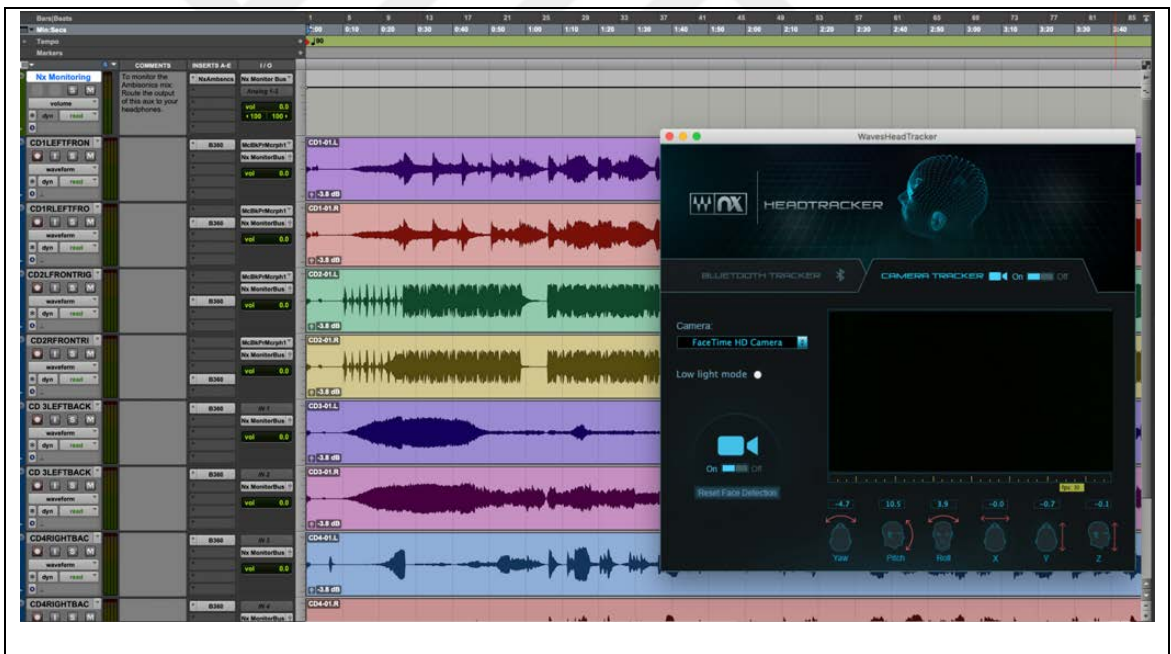
Son olarak CD trackleri kullanarak bu kez kulaklıkla başka bir 3D deneyim çalışması yapılmıştır. Stereo trackler protocols projesi üzerinden mono 8 kanala dönüştürülmüş ve kayıt ortamındaki hoparlör arası mesafeler ve pozisyonlar dikkate alınarak Waves B360 eklentisi ile panlanmıştır.

B360 Ambisonic Encoder, YouTube 360, Facebook 360 ve VR projeleri için 360 ° miksler sunmak üzere mono, stereo ve surround parçaları Ambisonics B-formatına dönüştüren miksleyen ve pozisyonlayan bir plug-in dir. B360 bu çalışmada, oturdaki her bir kanal üzerinde kullanılarak sanal bir dinleme odası yaratmak amacıyla özellikle panlama için kullanılmıştır.

Tüm kanallar açılan NX Monitoring aux una yönlendirilmiş bu aux a uygulanan NX Virtual Mix Room uygulaması ile ana çıkış olarak sistemin kulaklık çıkışı seçilerek kulaklıkla sanal bir odada canlı bir quadrafonik dinleme deneyimi tasarlanmıştır. NX Head Tracking eklentisi bilgisayar dahili kamerası ile dinleyicilerin kafa hareketlerine göre duyumu simule edebilmekte ve daha gerçekçi bir algı yaratmaya çalışmaktadır. Bu eklenti sayesinde kulaklıkla dinleme yaparken çeşitli mekanların simülasyonunu yapmak, sesi kulaklıkla değil de sanki o mekânın içindeymiş gibi dinliyor olmak mümkündür.

Şekil 3.15: Kulaklık Reprodüksiyonu – CD – NX – Quadrafonik (CD Trackleri Kullanılarak NX Yazılımı ile Gerçek Oda Simülasyonu Uygulaması)

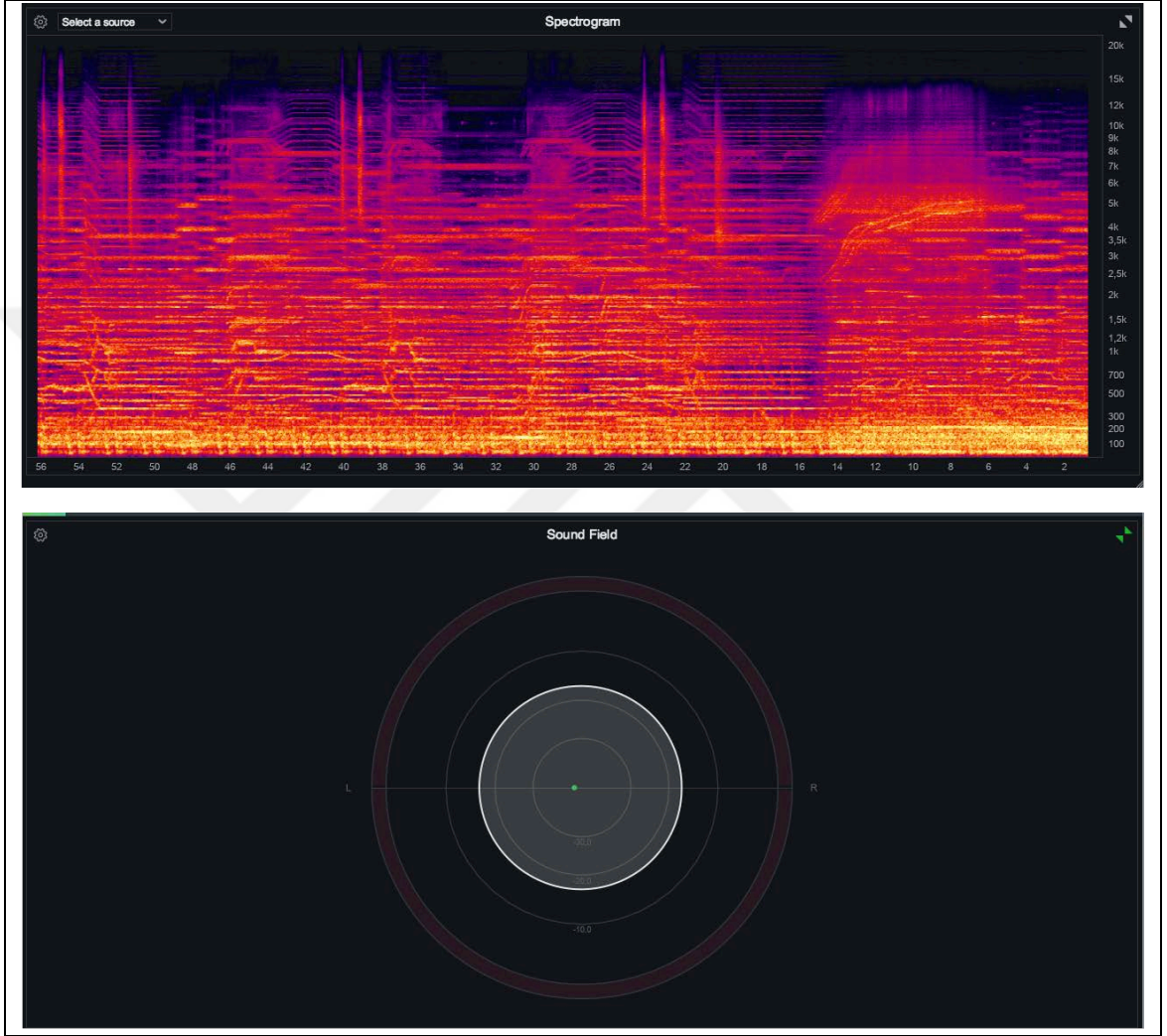






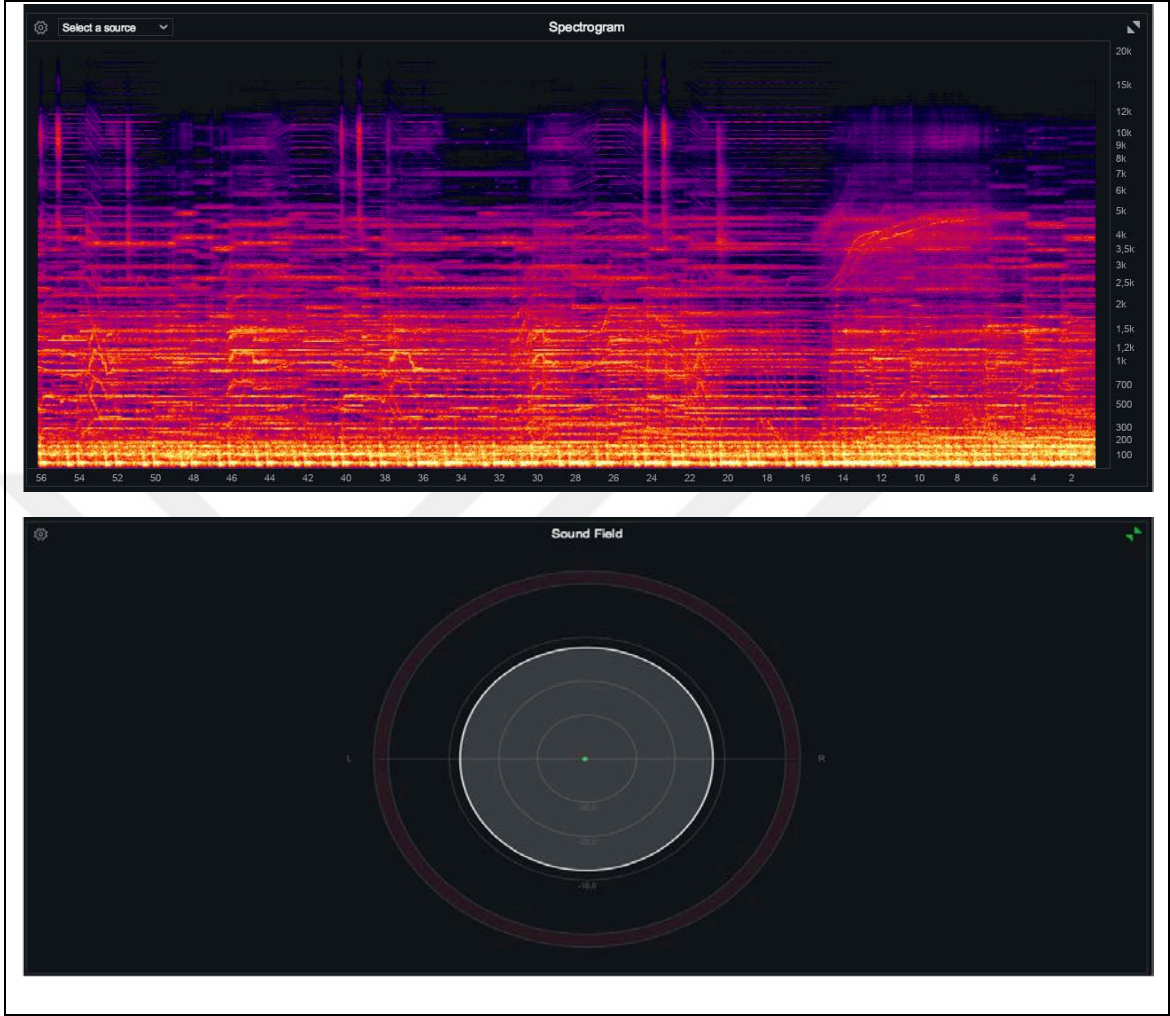
4. BULGULAR

Şekil 4.1: Test Sırasında Kullanılan 3D Miksin Spektrogram ve Ses Alanı Analizi



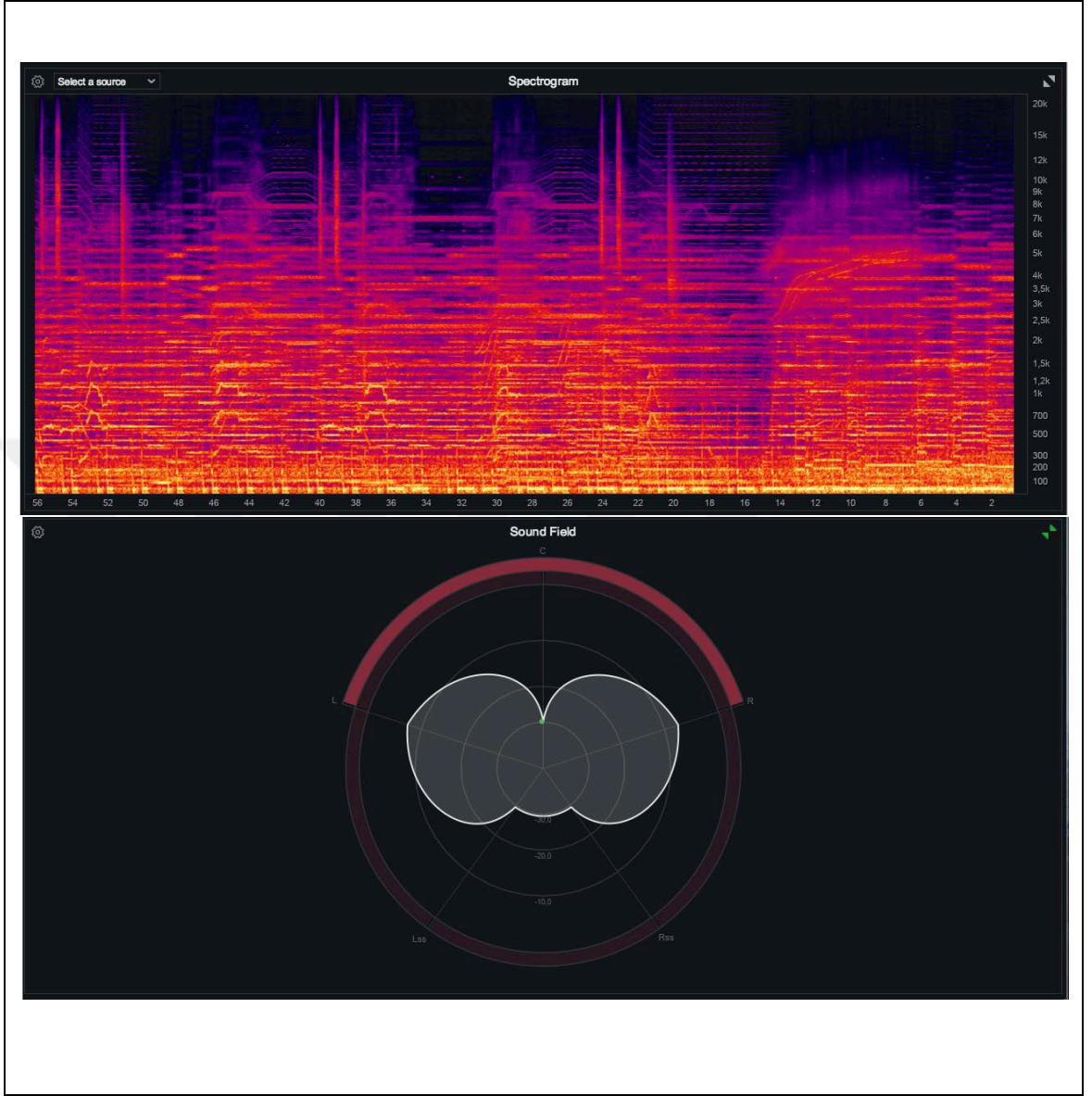
3D mikrofon kaydı ve çevreleyen ses uygulamasının spektrogram bulguları incelendiğinde diğer uygulamalara göre özellikle 500 Hz ile 12 kHz frekans aralığında artan ses bilgisi ve yoğunluğu rahatlıkla gözlemlenmektedir. 100Hz ile 300Hz bandındaki yoğunluk geniş bir aralığa yayılmaktadır. 2kHz ve üstü frekanslarda 3D çevreleyen ses üretiminin frekans ve genlik değerleri üzerindeki pozitif sonucu fark edilmektedir.

Şekil 4.2: Test Sırasında Kullanılan Binaural Miksin Spektrogram ve Ses Alanı Analizi

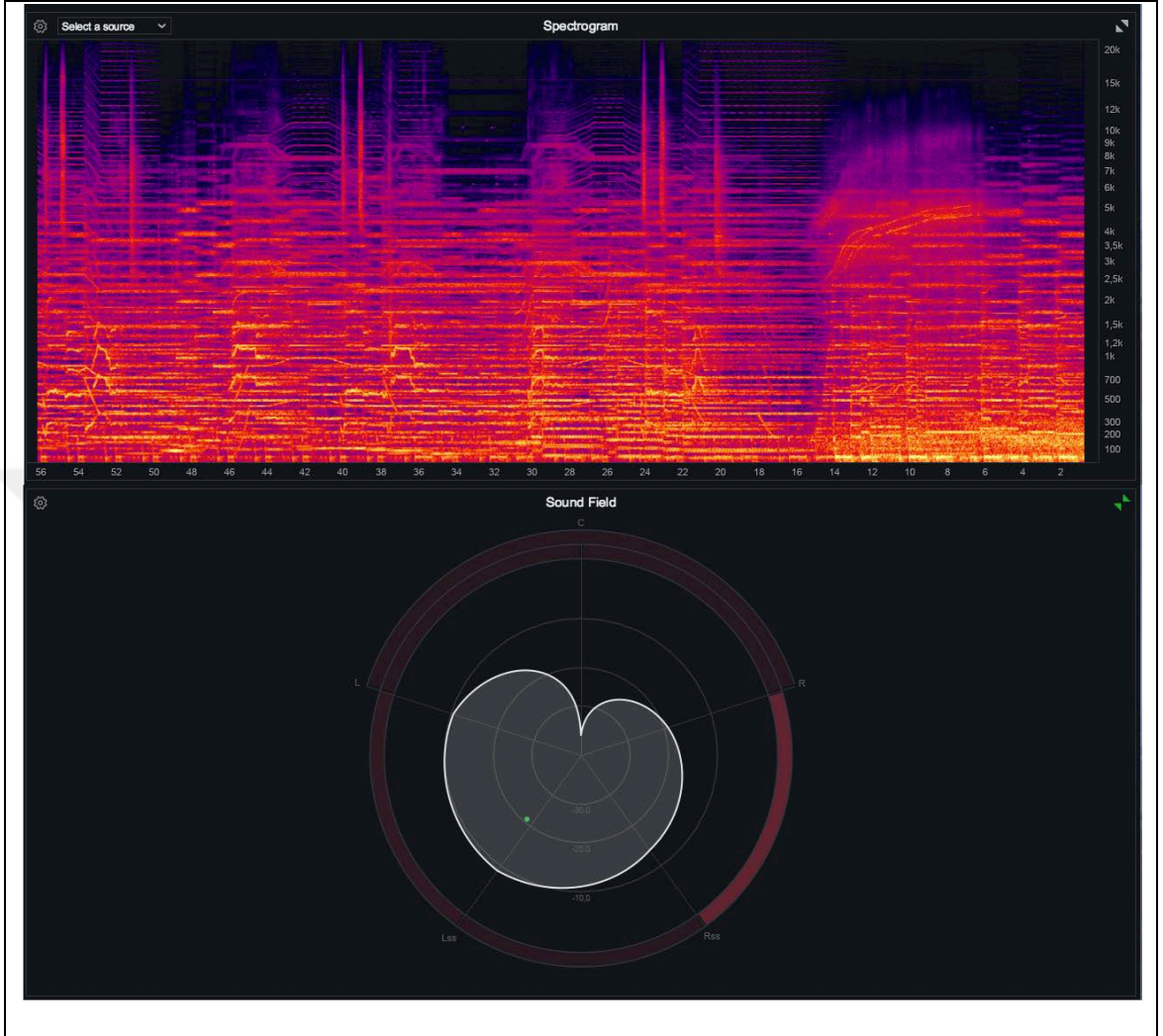


Binaural kayıta 100Hz ile 300Hz bandındaki yoğunluk stabil bir değer göstermektedir. 2kHz ve üzeri frekanslardaki ses bilgisi giderek sönümlenmektedir. Binaural kayıt 360 derecelik yatay bir düzlemdeki ses bilgisini iyi şekilde kaydedebilmekle birlikte üst frekanslarda genlik yoğunluğunu yitirdiği söylenebilir. Bununla birlikte 3D mikrofon ile aynı noktadan aynı ekipmanlarla alınan kayıtların ses alanı karşılaştırıldığında binaural kayıt odanın çok daha geniş bir bölümünden bilgi üretmektedir.

Şekil 4.3: Test Sırasında Kullanılan DTS Stereo Downmiksin Spektrogram ve Ses Alanı Analizi



Şekil 4.4: Test Sırasında Kullanılan CD Quadrafonik 5.1 Miksin Spektrogram ve Ses Alanı Analizi

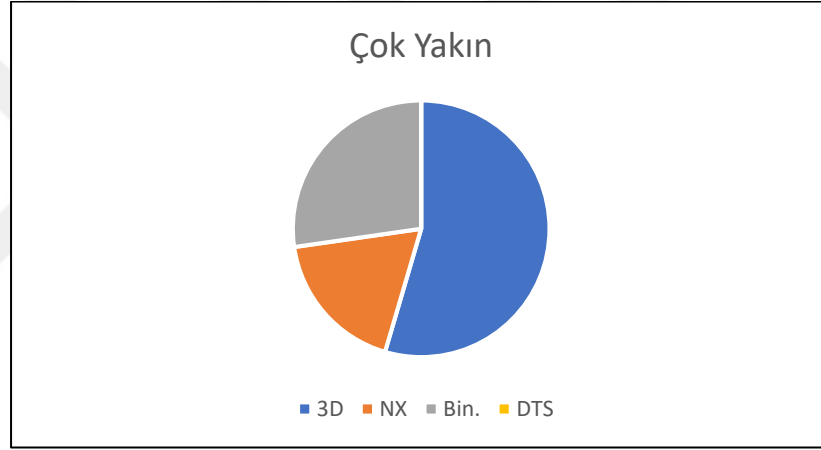


Çalışmanın diğer spektrogram bulguları incelendiğinde ilk şekildeki CD Quadrafonik 5.1 üzerinden DTS downmiks uygulamasının genel frekans genlik dağılımında yoğun bir değişiklik yaratmadığı görülmektedir. Ağırlıklı değişim 100 Hz ile 300 Hz arasındaki bas frekanslarda DTS uygulamasında fark edilmektedir. 1.2 kHz ile 1.5 kHz bölgeleri ikinci şekildeki CD Quadrafonik 5.1 mikse göre biraz daha sıcaktır. Her iki trackteki ses alanı göstergeleri ise DTS uygulamasının ses alanını neredeyse kusursuz bir şekilde stereo olarak lokalize ettiğini, CD Quadrafonik 5.1’de ise ses yoğunluğunun sol arka hoparlörde toplandığını göstermektedir. Bunun müzikal içerikten kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 4.1: Zaireeka Dinleme Test Sonuçları

	3D	NX	Bin.	DTS
Çok yakın	6	2	1	
Yakın	3	2	3	2
Çok az yakın		1	2	1
Uzak		3	3	6

Şekil 4.5: Yapılan Test Sonucunda Katılımcıların Verdiği Yanıtlar ve Bu Yanıtlar Sonucunda En Yakın Dinleme Deneyiminin Oranı



5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, doğası gereği sadece surround ses sistemleri ile çalınabilen müzik prodüksiyonlarının günümüz kulaklık teknolojileri ve çevreleyen ses alanındaki uygulamalarıyla nasıl sonuç vereceği tartışılmıştır.

Şüphesiz ki yakın geçmişte surround ses kendini gerçekleştirebilmek için birçok mekansal ve donanımsal etmene ihtiyaç duyuyordu. Hoparlör sistemleri, yerleşimi ve buna uygun salonlar olmadan böyle bir duyumu deneyimlemek neredeyse mümkün değildi. Sinema salonları ve ev sinema sistemlerinin gelişimi bu deneyimin çitasını giderek yükseltti. Paralelinde müzik dinleme pratikleri de hızla gelişti. Taşınabilir müzik döneminin başlamasıyla ona eşlik eden kulaklıklar gün geçtikçe evrildi. Teknik donanımları gerçeğin simülasyonunu yaratması noktasında oldukça iddialı bir noktaya ulaştı.

Bu bağlamda araştırmanın veri yöntem bölümünde surround müzik prodüksiyonlarının çevreleyen sesin taşınabilir donanımlarıyla etkileşimine dikkat çekilmiştir. Quadrafonik bir müzik albümünün deneyim ve dinamiklerinin çağdaş stereo uyumlu reproduksiyon işlemleriyle kulaklıklara ne kadar yansıtılabildiği tartışılmıştır. Literatür bölümünde geçen kulaklık ve hoparlör dinlemeleri arasında oluşan duyum farklarının gelişen kulaklık teknolojileriyle gerçeğine ne kadar yaklaştığı sorusuna yanıt aranmıştır. Bulgular, profesyonel dinleme pratiklerine sahip ses teknolojileri öğrencilerinin dinleme testi sonuçlarında, gerçek hoparlör dinleme deneyimine en yakın buldukları seçeneğin en yüksek oranla 3D dinleme deneyimi olduğunu göstermiştir.

Çalışmanın spektrogram bulguları incelendiğinde CD Quadrafonik 5.1 üzerinden DTS downmiks uygulamasının genel frekans genlik dağılımında yoğun bir değişiklik yaratmadığı görülmektedir. Ağırlıklı değişim 100 Hz ile 300 Hz arasındaki bas frekanslarda DTS uygulamasında fark edilmektedir. 1.2 kHz ile 1.5 kHz bölgeleri yine CD Quadrafonik 5.1'e göre biraz daha sıcaktır. Her iki trackteki ses alanı göstergeleri ise DTS uygulamasının ses alanını neredeyse kusursuz bir şekilde stereo olarak lokalize

ettiğini, CD Quadrafonik 5.1’de ise ses yoğunluğunun sol arka hoparlörde toplandığını göstermektedir. Bunun müzikal içerikten kaynaklandığı söylenebilir.

Mikrofon kayıtlarından elde edilen 3D ve Binaural track lerin bulguları incelendiğinde farklı frekanslarda farklı yoğunluklar olduğu gözlenmektedir. Binaural kayıta stabil bir değer gösteren 100Hz ile 300Hz bandındaki yoğunluk 3D kayıta çok daha geniş bir aralığa yayılmaktadır. Ayrıca 2kHz ve üstü frekanslarda 3D çevreleyen ses üretiminin frekans ve genlik değerleri üzerindeki pozitif sonucu fark edilebilmektedir.

Binaural mikrofon kaydında 2kHz ve üzeri frekanslardaki ses bilgisi giderek sönümlenmektedir. Binaural kayıt 360 derecelik yatay bir düzlemdeki ses bilgisini iyi şekilde kaydedebilmekle birlikte üst frekanslarda genlik yoğunluğunu yitirdiği söylenebilir. Bununla birlikte 3D mikrofon ile aynı noktadan aynı ekipmanlarla alınan kayıtların ses alanı karşılaştırıldığında binaural kayıt odanın çok daha geniş bir bölümünden bilgi üretmektedir.

3D mikrofon kaydı ve çevreleyen ses uygulamasının spektrogram bulguları incelendiğinde ise diğer tüm uygulamalara göre daha geniş bir frekans aralığında çoğunlukla yüksek genlik bilgisine sahip olduğu ayırt edilebilmektedir. Özellikle 500 Hz ile 12 kHz frekans aralığında artan ses bilgisi ve yoğunluğu rahatlıkla gözlemlenebilmektedir.

NX uygulaması, araştırmaya, dinleme anındaki fiziksel hareketlerle oluşabilecek duyum farklılıklarının stereo kulaklığa nasıl yansıdığını simule etmek için eklenmiştir. Aynı zamanda NX teknolojisi bünyesinde de sunulan Head Tracking oldukça güncel bir kulaklık uygulamasıdır ve stereo kulaklıklarla müzik dinleme deneyimini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada NX ile kullanılan bu teknoloji, alansal ve kafa hareketine uygun doğal dinleme etkisini yaratabilmesi açısından başarılı olsa da müzik dinleme alışkanlıklarımızda ne kadar yer edineceği ayrıca tartışılması gereken bir konudur.

Son yıllarda deneyim olgusu yaşamımız üzerinde artan bir farkındalığa ulaşmaktadır. Günümüzde sosyal medya uygulamaları gerçek zamanlı yayınlarla ‘orada olma’ ‘orada

hissetme' duygusunu birçok boyutuyla yaşanabilir kılmaktadır. Birçok müzisyen ve müzik grubu performanslarını canlı videolar ile anlık olarak dinleyicilerine ulaştırarak deneyimlerini paylaşabilmektedir. Son yıllarda 3D müzik albümleri de dijital müzik platformlarında yayımlanmaya başladı. Hatta artık çok kısa süreli kişisel paylaşımlar için bile mobil cihazlar ve kulaklıklar ile 3D video ve çevreleyen ses kaydı yapabilmek mümkün.

O halde surround müzik albümlerinin donanım handikapları nedeniyle yükseliş göstermeyen grafiğinin günümüz şartlarında yeniden değerlendirilmesi farklı müzik dinleme deneyimleri yaratabilmek adına bir seçenek oluşturabilir.

Ayrıca stereo kulaklıklar yaşamımızın yadsınamaz bir parçası haline gelmiştir. Ses teknolojilerinin bu yöndeki gelişimi duyumumuz üzerinde de zamana yayılan bir değişime neden olabilir. Kişisel duyumumuz bu yönelim ve erişilebilirlik sayesinde 3 boyutlu bir dinleme – duyma pratiği kazanabilir ve gelecekte stereo belkide daha az tercih edilen bir dinleme seçeneği haline gelebilir.

Bu yorumlar, araştırmalar ve bulgular ışığında: günümüzde hızla gelişen ve portatif hale gelen 3D çevreleyen ses uygulamaları ile kulaklık teknolojilerinin, yakın gelecekte endüstri tarafından da desteklenen VR uygulamalarına paralel olarak, stereo müzik dinleme alışkanlıklarını boyutsal yönden etkileyeceği ön görülmektedir. Böylelikle surround ses algısının dinleyici kitlesi tarafından zamanla daha fazla kabul görebileceği, bunun sonucu olarak da müzik prodüksiyonlarında çevreleyen ses uygulamalarının daha fazla yer alacağı tahmin edilmektedir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Ainlay C., Chiccarelli J., Clearmountain B., & Filipetti F., 2004. *The recording academy's producers & engineers Wing recommendations for surround sound production*, ss. 11-14
- Altman M., Krauss K., Susal J., & Tsingos N., 2016. *Immersive Audio for VR*, AES Conference on Audio for Virtual and Augmented Reality, Los Angeles, ss.2-8
- Auromax, 2015. *Next generation immersive sound system*, ss. 13-26
- Bartlett B., Bartlett J., 1999. *On-Location recording techniques*, Focal Press, ss. 68-83
- Eargle J., 2005. *The microphone book*, Focal Press, ss. 32-49
- Holman T., 2008. *Surround sound up and running*, Focal Press, ss. 52-78
- Holman T., 2008. *Surround sound up and running*, Focal Press, ss. 52-105
- Holman T., 2008. *Surround sound: Up and running*, Focal Press, ss. 141-182
- Mitchell H., 2005. *Help I'm surrounded*, University of Hull, ss. 5-12
- Owsinski, B. 1999. *The Mixing Engineer's Handbook*. MIX Books, California.
- Roginska A., and Geluso P., 2018. *Immersive sound: The art and science of binaural and multi-channel audio*, ss. 88-124
- Sarisky M., *Multi perspective surround sound audio recording*, AES 126th onvention, Munich, ss. 3-7
- Welch J., Vessa B., 2018. *What is immersive audio and why is it so cool*, ss. 4-8
- Whiston B., 2008. *Microphone systems used for surround sound*, BBC outside broadcasts, ss.1-9
- Willett J., 2008. *Design challenges for compact headphones*, ss. 5-7

Süreli Yayınlar

- Begault D., 1990. *The composition of auditory space: Recent developments in headphone music*, ss. 45-52
- Cengarle G., 2012. *3D audio technologies: applications to sound capture, post-production and listener perception*, ss. 9-75
- Comminiello D., Scarpiniti M., Scarpiniti R., & Uncini A., *Intelligent acoustic interfaces for immersive audio*, AES 134th Convention, Rome, ss. 2-10
- Dolby, 2003. *5.1-Channel music production guidelines*, ss. 15-23
- Fallahi M., Hansen M., Doclo S., Par S., Püschel D., & Blau M., 2018. *Individual binaural reproduction of music recordings using a virtual artificial head*, AES conference on spatial reproduction, Tokyo, ss. 6-9
- Farina A., Glasgal R., Armelloni E., & Torger A., *Ambiophonic principles for the recording and reproduction of surround sound for music*, AES international conference, ss.5-19
- Gerzon M., 1974. *Surround-sound psychoacoustics criteria for the design of matrix and discrete surround-sound systems*, ss. 23-38
- Griesinger D., 1990. *Binaural techniques for music reproduction*, Presented at the 8th International conference of the AES, Washington, ss. 3-9
- Hamasaki K., Hiyama K., 2006. *Development of a 22.2 multichannel sound system*, Broadcast Technology, ss. 2-11
- Soeta Y. and Ooi S., 2018. *Acoustic characteristics of headphones and earphones*, AES Conference on Spatial Reproduction, Tokyo, ss. 2-4
- Jacuzzi G., Brazzola S., & Kares J., 2017. *Approaching immersive 3D audio broadcast streams of live performances*, AES 142nd convention, Berlin, ss. -2-7
- Kares J., Larcher V., 2016. *Streaming immersive audio content*, AES conference on audio for virtual and augmented reality, Los Angeles, ss. 2-8
- Kobayashi J., 2015. *Musically induced asmr: An amalgamated experience*, ss. 24-33

- Kronlachner M., 2014. *Plug-in suite for mastering the production and playback in surround sound and ambisonics*, ss. 4-6
- Kyriakakis C., Tsakalides P., & Holman T., 1999. *Acquisition and rendering methods for immersive audio*, ss. 56-64
- Manor E., Martens W., & Cabrera D., 2012. *Preferred spatial post-processing of popular stereophonic music for headphone reproduction*, AES 133rd convention, San Francisco, ss. 2-14
- Naef M., Staadt O., & Gross M., 2002. *Spatialized audio rendering for immersive virtual environments*, ss. 32-45
- Poers P., 2015. *Monitoring and authoring of 3D immersive next generation audio formats*, AES 139th convention, New York, ss. 2-4
- Rumsey F., 2015. *Immersive audio, objects, and coding*, ss. 394-398
- Rumsey F., 2016. *Immersive audio objects, mixing, and rendering*, ss. 584-588
- Scherer K., Zentner M., 2001. *Emotional effect of music: production rules*, ss. 362-386
- Schulein R., Mapes-Riordan D., 2014. *The design, calibration and validation of a binaural recording and playback system for headphone and two-speaker 3D-audio reproduction*, ss. 3-8
- Walton T., Evans M., Kirk D., & Melchior F., 2016. *Does environmental noise influence preference of background-foreground audio balance*, AES 141st Convention, Los Angeles, ss. 2-10
- Wittek H. & Theile G., 2017. *Development and application of a stereophonic multichannel recording technique for 3D Audio and VR*, ss. 7-10
- Zhang W., Samarasinghe P., Chen H., & Abhayapala T., 2017. *Surround by sound: A review of spatial audio recording and reproduction*, ss. 532- 536

Diğer Yayınlar

<http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dp a2kvR3JhbW15X0F3YXJkX2Zvcl9CZXN0X1N1cnJvdW5kX1NvdW5kX0FsYnVt>

http://www2.grammy.com/pdfs/recording_academy/producers_and_engineers/5_1_rec.pdf

<https://www.head-acoustics.com/eng/index.htm>

<https://www.masteringworld.com/surround-sound>

<https://www.prosoundnetwork.com/gear-and-technology/review-sennheiser-ambeo-vr-microphone>

<https://www.prosoundnetwork.com/gear-and-technology/review-sennheiser-apogee-ambeo-smart-headset>

<https://www.quora.com/What-is-3D-sound>

https://www.stereophile.com/asweseeit/whatever_happened_to_51-channel_music/index.html

<https://www.waves.com/3d-audio-on-headphones-how-does-it-work>

<https://www.waves.com/mixing-in-surround-do-and-dont>

<https://www.engineersgarage.com/invention-stories/noise-cancelling-headphones>

<http://www.mix-engineer.com/audio-philosophy/surround-sound-mixing/>

EKLER



Ek A.1 Zaireeka Dinleme Değerlendirme Formu

Bahçeşehir Üniversitesi
Ses Teknolojileri Yüksek Lisans Programı
ZAIREEKA DİNLEME DEĞERLENDİRME FORMU

Araştırma: Begüm Tarako
Dr. Öğr. Üyesi Yahya
Danışman: Burak Tamer

Ad
Soyad: _____
Bölüm: _____
Dönem: _____
Tarih: _____

Test esnasında kulaklıkla dinlediğiniz “*The Flaming Lips Zaireeka*” albümünün *Thirty Five Thousand Feet of Despair*” adlı parçasının aşağıdaki versiyonlarının test öncesi hoparlör ile gerçekleştirilen fiziksel Quadraphonic deneyime **yakınlık derecesini** belirtiniz.

1. 3D Mix (VR Ambisonic Recording)

- a. Çok yakın
- b. Yakın
- c. Çok az yakın
- d. Uzak

2. NX (CD Track)

- a. Çok yakın
- b. Yakın
- c. Çok az yakın
- d. Uzak

3. Binaural Mix (Binaural Recording)

- a. Çok yakın
- b. Yakın
- c. Çok az yakın

d. Uzak

4. DTS - Surround to Stereo Downmix (CD track)

- a. Çok yakın
- b. Yakın
- c. Çok az yakın
- d. Uzak



Ek A.1 Kayıt Sırasında Kullanılan Ekipmanların Teknik Özellikleri

Roksan Blak Integrated CD Player

Operating System- CD Digital Audio System (CD, CD-R, CD-RW)

Digital Outputs- Optical, RCA, XLR

Analogue Outputs- Stereo RCA, Stereo XLR

Peak Output- 4.4 V

Harmonic Distortion- 1 kHz, 0 dB less than 0.001 %

Linearity- 1 kHz > 89 dB

Jitter- Less than 135 ps

Signal to Noise Ratio-> 108 dB

Stop-Band Rejection-> 100 dB

Dimensions (W x H x D)- 140 x 440 x 309 mm (Incl. faceplate)

Monitor Audio Silver 100 Hoparlör

System Format- 2-way

Frequency Response (-6 dB)- 40 Hz – 35 kHz

Sensitivity (1W@1M)- 88 dB

Nominal Impedance- 8 ohms

Minimum Impedance- 4.5 ohms @ 167 Hz

Maximum SPL- 112 dBA (pair)

Power Handling (RMS)- 120 W

Recommended Amplifier Requirements- 40 – 120 W

Bass Alignment- Bass reflex. HiVe II port system

Crossover Frequency- 2.8 kHz

Drive Unit Complement- 1 x 8" C-CAM RSTbass/mid driver

1 x 1" (25 mm) C-CAM Gold Dome tweeter

Cabinet Dimensions (Excluding Grille and Terminals)- 375 x 230 x 300 mm (143/4 x 91/16 x 1113/16")

External Dimensions (Including Grille and Terminals (H x W x D))- 375 x 230 x 329 mm (143/4 x 91/16 x 1215/16")

External Dimensions (Including Out-Rigger Plates, Feet and Spikes)- N/A
Weight (each)- 9.3 kg (20 lb 8 oz)

Roksan Caspian CD Player

Operating System- CD Digital Audio System (CD, CD-R, CD-RW)

Frequency Response- 20 Hz – 20 kHz \pm 0.2 dB

Harmonic Distortion- $<0.0015\%$ @ 0 dB, 1 kHz (typically 0.0005 %) $<0.005\%$ @ -30 dB, 1 kHz / $<0.01\%$ @ 0 dB, 20 kHz

Intermodulation Distortion- $<0.001\%$ @ 0 dB (typically 0.0005 %)

Signal to Noise Ratio- 105 dB (L & R)

Wow & Flutter- Quartz precision

Channel Separation- >100 dB @ 1 kHz / >100 dB @ 20 kHz

Output Voltage- 2.2 V rms

Digital Outputs- RCA (75 ohms), Optical, XLR (110 ohms)

D/A Conversion- PCM1730E Advance segment

Resolution/Sampling- 24 bits / 192 kHz

Oscillation- 3rd Overtone oscillation

Crystal- Super precision, custom made

Jitter- <130 psec

Idle Pattern- <-105 dB (L & R)

Stop-Band Rejection- <-95 dB

Power Supply- Toroidal transformer 12 fully regulated power rails

Power Consumption- <20 W

Dimensions (W x H x D)- 432 x 80 x 330 mm (Incl. feet)

Weight- 10 kg

Monitor Audio Gold 100 Høparlör

System Format- 2-way

Frequency Response (-6 dB)- 40 Hz – 50 kHz

Sensitivity (1W@1M)- 86 dB

Nominal Impedance- 4 Ohms

Minimum Impedance- 2.8 Ohms @ 3.4 kHz

Maximum SPL- 110 dBA (Pair)

Power Handling (RMS)- 120 W

Recommended Amplifier Requirements- 60 – 120 W

Bass Alignment- Bass Reflex HiVe II port system

Crossover Frequency- 2.5 kHz

Drive Unit Complement- 1 x 6 1/2" RDT II long-throw bass driver 1 x MPD high-frequency transducer

External Dimensions (Including Grille and Terminals (H x W x D))- 360 x 195 x 330.6 mm (14 3/16 x 7 11/16 x 13")

External Dimensions (including Outrigger Feet and Spikes (H x W x D))- N/A

Weight (each) - 9.12 kg (20 lb 2 oz)

Atoll CD 100SE CD Player

Supply- 15,5+160 VA

Total of capacitors- 17 000 μ F

Output Stage- Symétrical / discrete

Output Level- 2,5 VRMS

Output Impedance- 75 Ω

Converter (D/A)- 24 Bit / 192kHz

Digital Output- Coaxial

Signal/Noise Ratio- 123 dB

Distortion at 1kHz- < 0,002 %

Bandwidth- 5–20 kHz

Rising Time- 2 μ s

Dimensions (mm)- 440x280x90

Weight- 7 kg

Monitor Audio MR6 Hoparlör

Frequency Response- 33 Hz — 30 kHz

Sensitivity (1W@1M)- 90 dB

Nominal Impedance- 6 ohms

Power Handling (RMS)- 150 W

Recommended Amplifier Requirements- 40 — 150 W

Bass Alignment- Bass reflex. Ported front and rear.

Drive Unit Complement- 2 x 6.5" MMP II bass driver 1 x 6.5" MMP II mid-range 1 x 1" C-CAM Gold Dome tweeter

External Dimensions (Including Plinth (H x W x D))- 970 x 200 x 300 mm (383/16 x 77/8 x 1113/16inch)

Roksan K3 Integrated CD Player

Operating System- CD Digital Audio System (CD, CD-R, CD-RW)

Inputs- RCA (75 ohms), Optical

Outputs- RCA (75 ohms), XLR (110 ohms), Optical

Output Voltage- 2.2 V rms

Frequency Response- 20 Hz – 20 kHz (± 0.2 dB)

Harmonic Distortion- <0.002 % @ 0 dB, 1 kHz, <0.006 % @ -30 dB, 1 kHz,
 <0.002 % @ 0 dB, 20 Hz, <0.008 % @ 0 dB, 20 kHz

Signal to Noise Ratio- <96 dB (L & R)

Wow & Flutter- Quartz Precision

Channel Separation- 100 dB @ 1kHz / 80 dB @ 20 kHz

D/A Conversion- PCM1730E advance segment

Resolution/Sampling- 24 bits / 192 kHz

Oscillation- 3rd overtone oscillation

Crystal- Super precision, custom made

Jitter- <150 psec

Idle Pattern- <-107 dB L&R

Stop-Band Rejection- < -98 dB

Power Supply- Toroidal transformer, 7 fully regulated power rails

Dimensions (W x H x D) - 432 x 105 x 380 mm

Weight- 9 kg

Monitor Audio Bronze 6 Høparlör

System Format- 21/2-Way

Frequency Response- 34 Hz — 30 kHz

Sensitivity (1W@1M)- 90 dB

Nominal Impedance- 8 ohms

Maximum SPL- 114.8 dBA (pair)

Power Handling (RMS)- 150 W

Recommended Amplifier Requirements- 40 — 150 W

Cabinet Design- Bass section - Front/rear bass reflex with HiVe II Port technology.
Sealed mid-range enclosure.

Crossover Frequency- LF: -6dB @ 150 Hz
MF/HF: 2.5 kHz

Drive Unit Complement- 2 x 6 1/2" C-CAM bass 1 x 6 1/2" C-CAM bass mid-range driver

1 x 25 mm C-CAM Gold Dome tweeter

Cabinet Dimensions (H x W x D)- 985 x 185 x 315 mm (383/4 x 75/16 x 123/8")

Dimensions (Including Grille, Terminals, Plinths and Spikes (H x W x D))- 1033 x 235 x 350 mm (4011/16 x 91/4 x 133/4")

Weight (each)- 16.6 kg (36 lb 8 oz)

Sennheiser Ambeo VR 3D Mikrofon

Dimensions- 215 x 49/25 mm (L x D)

Frequency response- 20 Hz to 20 kHz

Max. sound pressure level- 130 dB(A) for 1 kHz

Transducer principle- Pre-polarized condenser microphone

Pick-up pattern- 4x cardioid, in A-format arrangement (1: front-left-up [FLU] 2: front-right-down [FRD], 3: back-left-down [BLD], 4: back-right-up [BRU])

Nominal impedance- Approx. 200 Ω

Min. terminating impedance- 1000 Ω

Operating temperature- -10 °C to 55 °C (14 °F to 131 °F)

Equivalent noise level- 18 dB-A as per IEC 61672-1 / 27 dB CCIR as per CCIR 468-3

Power supply- 4x phantom powering (P48) as per IEC 61938 (48 ± 4 V), 3.5 mA each

Sensitivity- 31 mV/Pa (-30 dBV)

Operating relative humidity- Max 90% at 40 °C

Matrix reference- Center of the capsule holder

Mixing to B-format- $W = FLU + FRD + BLD + BRU$ / $X = FLU + FRD - BLD - BRU$

/ $Y = FLU - FRD + BLD - BRU$ / $Z = FLU - FRD - BLD + BRU$

Soundman OKM 1 Binaural Mikrofon

Frequency range- 20 Hz to 20 kHz

Channel Balance- typ. <1,5 dB

S/N ratio re 1 Pa- approx. 58 dB

Max. SPL (without A 3 Adapter)- 105 dB

Max SPL (with A 3 Adapter 20 dB att)- 128 dB

Operating voltage max.- 10 V