



Esa Blomberg - Ari Lepoluoto

AUDIOKIRJA

Audiotekniikkaa ammattilaisille ja kehittyneille harrastajille

1992 (1. painos), 1993 (2. painos) ja 2005 (verkkojulkaisu)

SISÄLTÖ

Kolmannen painoksen eli verkkojulkaisun esipuhe:	
AUDIOKIRJAN TARINA	6
1. YLEISTÄ AUDIOJÄRJESTELMISTÄ	7
1.1 Kysymys on viestinnästä	7
1.2 Äänensiirtokeju	9
1.3 Audiojärjestelmän osista	10
1.3.1 Akustinen ympäristö	10
1.3.2 Kuulija	11
1.3.3 Äänilähteet	12
1.3.4 Muuntimet	12
1.3.5 Äänentallentimet	12
1.3.6. Muut audiolaitteet	13
1.3.7 Äänensiirtoverkosto	13
2. AUDIOJÄRJESTELMIEN TEHTÄVIÄ	15
2.1 Yleistä	15
2.2 Äänenvahvistus	16
2.3 Ääniohjelmien teko	18
2.4 Äänitteiden toisto	20
2.5 Ääniohjelmien jakelu	21
2.6 Ääniohjelmien syöttö	22
2.7 Äänentallennus	23
2.8 Ääniohjelman tuottaminen	24
2.9 Äänen syntesointi	25
2.10 Säättäminen äänen avulla	25
2.11 Muita jaotteluita	26
3. AUDIOTEKNIIKAN PERUSTEITA	27
3.1 Äänen olemuksesta ja kuulon fysiologiasta	27
3.2 Desibeli liitteineen	29
3.3 Nimellistasot	31
4 SÄHKÖAKUSTIIKKA	33
4.1 Mikrofoni	33
4.1.1 Paine- ja painegradienttimikrofoni	33
4.1.2 Mikrofonin taajuusvaste ja lähiäänivaikutus	35
4.1.3 Dynaaminen mikrofoni	35
4.1.4 Nauhamikrofoni	36
4.1.5 Kondensaattorimikrofoni	37
4.1.6 Elektreettimikrofoni	38
4.1.7 Levymikrofoni	39
4.1.8 Kontaktimikrofoni	39
4.2 Mikrofonietuvahvistin	40
4.3 Tehovahvistin	41
4.3.1 Tehovahvistimeen liittyvää termistöä	41
4.3.2 Päätevahvistimen rakenteesta	44
4.3.3 Tehovahvistimen kohinasta ja säröstä	45
4.3.4 Tehovahvistimen kaistanleveys ja reaktiivinen kuormitus	45
4.3.5 Kaiuttimen suuntaavuus	46
4.3.6 Kaiuttimen teho ja taajuusvaste	47

4.3.7 Rakenteiden keventämisestä	49
4.4 Kaiutin	50
4.4.1 Dynaaminen kaiutin	51
4.4.2 Kaiuttimen tehonkesto	52
4.4.3 Kaiuttimen impedanssi	54
4.4.4 Kaiutinkaapeleiden merkitys	55
4.4.5 Kaiuttimen suuntaavuus	55
4.4.6 Kaiuttimen teho ja taajuusvaste	56
4.4.7 Herkkyys, hyötysuhde ja äänenpaine	57
4.4.8 Äänenpaine ja etäisyys	58
4.4.9 Kaiutin tasopintojen lähellä	59
4.5 Kaiutinrakenteita	59
4.5.1 Suljettu kotelo	60
4.5.2 Bassorefleksikotelo	61
4.5.3 Torvikaiutin	62
4.5.4 Torven ja refleksikotelon yhdistelmä	64
4.5.5 Torvella kuormitettu kartiokaiutin keskiäänikäytössä ...	64
4.5.6 Paine-kammio-ohjain	64
4.5.7 Vakiosuuntaava torvi	66
4.5.8 Pilarikaiutin	68
4.5.9 Dipolikaiutin	68
4.6 Jakosuodattimet	68
4.6.1 Passiivinen ja aktiivinen jakosuodin	70
4.7 Prosessoriohjatut kaiutinjärjestelmät	71
4.8 Aktiivikaiutin	72
5 ÄÄNENMUOKKAUS	73
5.1 Yleistä	73
5.2 Signaalin taajuussisältöön vaikuttaminen	74
5.2.1 Graafiset taajuuskorjaimet	74
5.2.2 Parametriset taajuuskorjaimet	77
5.2.3 Taajuussuodattimet	78
5.3 Signaalin voimakkuussuhteisiin vaikuttaminen	80
5.3.1 Yleistä	80
5.3.2 Dynamiikan supistaminen ja rajoittaminen	80
5.3.3 Dynamiikan laajentaminen ja kohinaportti	83
5.4 Signaalin viivästäminen	85
5.4.1 Yleistä	85
5.4.2 Viive- ja kaikulaitteet	85
5.4.3 Kaiuntalaitteet	88
5.4.4 Taajuusmuuttajat	92
6 ÄÄNENTALLENNUS	94
6.1 Magneettinen analoginen äänentallennus	94
6.1.1 Ääninauhan ominaisuudet	94
6.1.2 Nauhurin toiminta	98
6.1.3 1-, 2- ja moniraitanauhurit	101
6.1.4 Tallenteiden vaihtokelpoisuus	103
6.1.5 Nauhurin kunnossapito	106
6.2 Kohinanvaimennus	107
6.2.1 Pelkästään toistettaessa käytettävät kohinanvaimennus- järjestelmät (single ended)	108

6.2.2 Sekä äänitettäessä että toistettaessa käytettävät kohinanvaimennusjärjestelmät (double ended)	108
6.2.3 Kohinanvaimennusjärjestelmien vertailu	111

7 JÄRJESTELMÄN KYTKEMINEN	112
7.1 Siirrettävät sähköiset signaalit	112
7.2 Sovituskäsitteet	113
7.3 Häiriöt ja häiriönsuojaus	115
7.3.1 Häiriöt	115
7.3.2 Häiriöiden kytketyminen	116
7.3.3 Johtojen ja laitteiden sijoittelu	116
7.3.4 Kaapelin rakenteellinen häiriönsuojaus	117
7.3.5 Symmetrinen siirtolinja	118
7.3.6 Maadoittaminen	119
7.3.7 Muita häiriönsuojaustapoja	125
7.4 Liittimet ja niiden kytkeminen	126
7.4.1 Pyöreät audioliittimet ("cannon", "swipari" tai "XLR")	126
7.4.2 6,3 mm samankeskiset 2- ja 3-napaiset liittimet	129
7.4.3 Samankeskiset 3-napaiset 1/4" liittimet (ns. stereoplugi/jakki) ja 4,4 mm liittimet (Bantam - plugit ja jakit)	131
7.4.4 Samankeskiset 2- napaiset 3,2 mm liittimet (ns. RCA- eli phonoliittimet)	132
7.4.5 Useampinapaiset pyöreät audioliittimet (ns. DIN - liittimet)	133
7.4.6 Huomioita kytkemisestä ja liittimistä	134
7.5 Yhteenvedo järjestelmän kytkemisestä	136
7.5.1 Mikrofonin - esivahvistin	136
7.5.2 Vahvistin - vahvistin	139
7.5.3 Tehovahvistin - kaiutin	142
8 AUDIOJÄRJESTELMÄN HANKINTA	150
8.1 Yleistä	150
8.1.1 Suunnittelu lähtee tarpeista	150
8.1.2 Hankintamenettely	151
8.1.3 Suunnittelusta	154
8.2 Audiolaitteiden suoritusvaatimukset	155
8.2.1 Yleistä	155
8.2.2 Taajuustoisto	156
8.2.3 Säröt	157
8.2.4 Lähtöteho	157
8.2.5 Tehonkesto	158
8.2.6 Herkkyys	159
8.2.7 Suuntaavuus	159
8.3 Toiston laatu	159
8.3.1 Yleistä	159
8.3.2 Toistotarkkuus	161
8.3.3 Äänenvoimakkuus	167
8.3.4 Peitto	173
8.3.5 Selvyys	173
8.3.6 Äänikuva	175
8.4 Kaiutinjärjestelmän hankinta	176
8.4.1 Yleistä	176
8.4.2 Tehomitoitus	176
8.4.3 Sijoittelu ja suuntaaminen	178

8.4.4 Toiston tarkkailu ja korjaaminen (ekvalisointi)	180
9 AUDIOTEKNIikka ESITYSTOIMINNASSA	191
9.1 Äänenvahvistus yleisölle (PA, saliääni)	191
9.1.1 Yleistä	191
9.1.2 PA muusikon apuvälineenä	191
9.1.3 PA teatterissa	198
9.1.4 PA - laitteet	200
9.2 Äänenvahvistus esiintyjille (monitorointi)	201
9.3 Akustinen kierto	203
9.3.1 Yleistä	203
9.3.2 Ääniopilliset perusteet	204
9.3.3 Akustisen ympäristön vaikutus	205
9.3.4 Mikrofonin ja kaiuttimien vaikutus	207
9.3.5 Muu rajoittaminen	210
9.4 Äänitehosteiden valmistus	217
9.4.1 MIDI - musiikkiteknologia äänitehosteiden teossa	218
9.5 Äänitehosteiden toisto yleisölle	220
9.6 Näyttämöään seuranta muissa tiloissa	223
9.7 Näyttämöään taltiointi	225
9.8 Tiedotus esiintyjille (kuiskaus, komento)	226
9.9 Yhteydenpito (intercom)	227
10 AUDIOMITTAUS	229
10.1 Audiomittauksen käsitteistä	229
10.1.1 Painotussuodattimet	229
10.1.2 Ilmaisimet	229
10.1.3 Audiolaitteiden omat tasomittarit	230
10.1.4 Särömittauksista	231
10.1.5 Huojunta ja värinä	234
10.1.6 Vaihevakavuudesta	234
10.2 Mittalaitteet	235
10.2.1 Tasomittarit ja äänitaajuusgeneraattorit	235
10.2.2 Särömittarit	237
10.2.3 Nauhureiden erikoismittalaitteet	238
10.2.4 Spektrianalysaattorit	238
10.2.5 Audiomittapaikat ja tulostuslaitteet	239
LIITE: AUDIOTEKNIIKAN PIIRROSMERKIT	240

AUDIOKIRJAN TARINA

Me Audiokirjan tekijät Esa Blomberg ja Ari Lepoluoto ystävyshyönteimme opiskellessamme tietoliikenneinsinööreiksi Turun Tekulla. Meillä oli myös yhteinen yrityksemme LBL Sound, joka valmisti äänilaitteita ja hoiti tilaisuuksien äänentoistoa.

Esa siirtyi valmistuttuaan kesällä 1981 Helsinkiin Suomen audioalan pioneerin Matti Sarapaltion MS-Audiotroniin ja sieltä edelleen Insinööri-toimisto Tauno Nissiselle suunnittelemaan eri tilojen av-tekniikkaa. Esaa pyydettiin 1985 ensin suunnittelemaan ja sitten vetämään Teatterikorkeakouluun valo- ja äänisuunnittelun koulutusohjelmaa (VÄS). Esa myös käynnisti nykyisin Teakon – nimellä toimivan Teatteritekniikan kehittämiskeskuksen (Teatek).

Kaverusten tiet kohtasivat jälleen, kun Helsinkiin 1983 MS-Audiotronista lähteneen Peter Strählmanin perustamaan Studioteciin siirtynyt Ari saatiin syksystä 1986 Teatterikoulun ”Vässiin” opettamaan äänitekniikkaa. Tällöin havaitsimme tarpeen suomenkielisestä audiotekniikan oppimateriaalista ja toimitimme erilaisia monisteita.

Kirjoitimme ja toimitimme alkuperäisen teoksemme ”Audiokirja – audiotekniikkaa ammattilaisille ja kehittyneille harrastajille” vuosina 1988-1991 AVEK:n apurahan turvin. Tapiolan Viestintäsuunnittelu Oy julkaisi kirjan ensimmäisen painoksen 1991 ja toisen korjatun painoksen 1993. Sen jälkeen yritys myytiin Editalle, joka myi toisen Audiokirjan painoksen loppuun. Yhteensä kirjaa painettiin 2000 kappaletta.

Viime vuosina meiltä on toistuvasti tiedusteltu kirjamme saatavuutta. Vaikka tekniikka kehittyy, on kirjallemme osoittautunut olevan pysyvää käyttöä sekä ammattilaisten käsikirjana että alan oppikirjana.

Esa siirtyi Teatterikoulusta 1990 Yleisradioon ja on luonut uraa digitalisoituvan median asiantuntijana. 1.3.2004 hän perusti oman yrityksenä Blomberg Consulting Oy:n, jolloin avautui tilaisuus selvittää ratkaisu Audiokirjan jatkuvaan kysyntään.

Tiedustelimme keväänä 2004 Editalta, olisiko se kiinnostunut ottamaan teoksestamme uuden painoksen. Edita kuitenkin arvioi kysynnän kannaltaan liian vähäiseksi. Näin tekijänoikeudet palautuivat meille tekijöille.

Koska Ari oli viime vuosina perehtynyt myös verkkoviestintään mm. opettaessaan sitä Helsingin ammattikorkeakoulu Stadiassa, heräsi ajatus julkaista Audiokirjamme sisältö verkossa. Tiedustelimme tällaisen verkkojulkaisun tarvetta laajalti audioalan ammattilaisilta sähköpostitse 13.9.2004. Saadun erittäin kannustavan palautteen rohkaisemana päätimme luovuttaa työmme tulokset alan käyttöön ja julkaista alkuperäisen Audiokirjan sisällön verkossa vapaasti luettavaksi Internetiin.

Teimme aikanaan viisaan päätöksen, emmekä käsitelleet Audiokirjassa paljoakaan nopeasti kehittyvää digitaalista audiota, vaan keskityimme muuttumattomiin fysiikanlakeihin perustuvaan perinteiseen analogiseen puoleen. Oletimme digitaaliaudiosta tulevan aikanaan suomenkielistäkin oppiaineistoa.

Sitten 1990-luvun on sähköakustiikassa toki tapahtunut kehitystä, jonka haluaisimme päivittää teokseemme. Lisäksi olisi hyvä, jos teos käsitelisi digitaalisen audiosignaalin siirtoa, reititystä ja tallennusta ainakin keskeisiltä osiltaan. Myös monikanavaiset 5.1, 6.1 ja 7.1 – audiojärjestelmät kaipaisivat oman lukunsa.

Käytettävissämme oli alkuperäisen teoston työaineisto MacWrite-dokumentteina vanhoilla Mac-levykkeiltä. Aineiston siirtämiseen ja toimittamiseen verkkojulkaisuksi saimme AVEK:ilta apurahan, josta haluamme tässä yhteydessä kiittää. Haluamme kiittää myös Stadian verkkoviestinnän opiskelijaa Toni Laaksoa, joka muunsi Mac-levykkeiden tiedostot PC:llä luettavaan muotoon.

Prosessi osoittautui yllättävän käsityövaltaiseksi eli aikaa vieväksi varsinaisen leipätyön ohella. Näin päädyimme kuitenkin siihen, että parempi on saada mahdollisimman pian alkuperäisen teoksen sisältö verkkoon alan käyttöön. Jäämme odottamaan mahdollisuuksia ja halukkaita päivittämään analogia-ajan teoksemme digiaikaan.

Helsingissä 5.8.2005

Esa Blomberg ja Ari Lepoluoto