

Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem

AVISO Audiovizuális Stúdió

Budapest

Lakatos Gergely

**Természethű hangfelvételek
készítése I.**

mikrofonok, térmodellezés

oktatási segédlet

a

Stúdiógyakorlat című tárgyhoz

Budapest, 2004.

1. Tartalom

1. Tartalom.....	2
2. A hangfelvételi lánc első és legmeghatározóbb eleme: a mikrofon	3
3. Sztereofonikus alapkrofon-rendszerek	13
4. Mikrofonfüggöny, függesztett multimikrofon-rendszer a Zeneakadémia Nagytermében.....	22
5. A természetű térmodellezés általános problémái	33
6. Digitális zengető (effekt) berendezések és alkalmazásuk.....	38

2. A hangfelvételi lánc első és legmeghatározóbb eleme: a mikrofon

Egy hangfelvételi láncban az első – és talán legfontosabb – láncszem a mikrofon. Köztudott, hogy az alkalmazott mikrofonok műszaki paraméterei (frekvenciamenet, torzítás, zaj, stb.) alapvetően meghatározzák a felvétel minőségi korlátait. Ebben az esetben egy egzaktul leírható műszaki paraméter-rendszerrel állunk szemben, a minőségi vizsgálatot többnyire a fizikai mennyiségek tanulmányozásával kell végeznünk. A mikrofonok alkalmazása során tapasztalhatunk egy újabb, sokkal szubjektívebb módon megítélhető értékrendszert (azaz a térérzet, mélységérzet, arányok, szélesség, stb.), ami kizárólag az egyes mikrofonok jelének felhasználása, feldolgozása, a „keverési” folyamat során, illetve azt követően ítélni lehet meg. A jegyzet e része a mikrofonok egyes alaptípusainak ismertetésével és fizikai működésével foglalkozik.

Egyes szakmai publikációkban fellelhető (egyébként megtévesztő és téves) megnevezés szerint a mikrofonokat mechano-elektromos átalakítóknak is nevezik. A megnevezés – egyszerűségéből fakadóan – vonzó ugyan, azonban, mint azt a későbbiekben látni fogjuk, igen pontatlan.

Általánosságban elmondható, hogy a mikrofonok a membránon, illetve annak környezetében fellépő nyomásváltozásra érzékenyek. Ez a nyomásváltozás kapcsolatban áll a mikrofont körülölelő közegben terjedő hangfrekvenciás hullámokkal, sőt (elemi fizikai tételekkel bizonyíthatóan) azzal arányos. Ily módon a mikrofonok a hangfrekvenciás hullámok okozta nyomást és annak megváltozását érzékelik.

A mikrofonok legegyszerűbb és legalapvetőbb típusait az ún. nyomás-átalakítók alkotják, melyek (elvileg) minden irányból egyformán érzékelik a közegben a hangnyomás-változását, mellyel arányos kimeneti feszültséget, hangfrekvenciás jelet állítanak elő. A nyomás átalakítóknak nincs kitüntetett főirányuk („on axis”), így karakterisztikájuk ún. gömb¹. A hangnyomás-változással arányos kimeneti hangfrekvenciás villamos jel előállítására többféle típust ismerünk. Általánosságban elmondható azonban, hogy a mikrofon

¹ a karakterisztika síkban ábrázolt alakjából elterjedt még a kör karakterisztika elnevezés

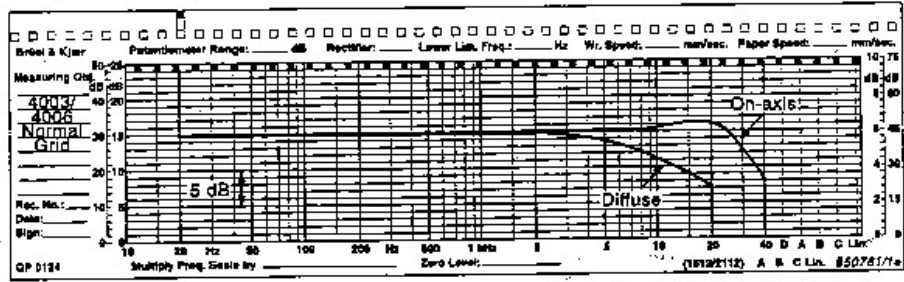
frekvenciamenetét és bizonyos mértékben érzékenységet alapvetően a membrán fizikai méretei, valamint anyagi jellemzői határozzák meg.

Más működési elvet követnek az ún. nyomás-gradiens mikrofonok. Az irányított mikrofonok kialakításának alapja az az elv, hogy a membrán a két oldalára érkező hangnyomás különbségével arányos feszültséget állít elő a kimeneten. A nyomás-gradiens mikrofonokat szokás még sebesség-mikrofonoknak is nevezni, az átalakítás jellegéből adódóan könnyen belátható okok miatt. A sebesség-átalakítóknak természetesen már rendelkezniük kell kitüntetett iránnyal, ez a 0° -os (a membrán tengelyével 0° -ot bezáró), azaz a főirány, ezzel ellentétes (a mikrofon „háttulja”) az off-axis, azaz a 180° -os irány. A mikrofon a kimeneten a főirányból érkező jel hatására pozitív fázisú, míg az ellenkező irányból (180°) ellenfázisú hangfrekvenciás jelet állít elő. A nyomás-gradiens átalakítók alapvető karakterisztikája a 8-as (4. ábra).

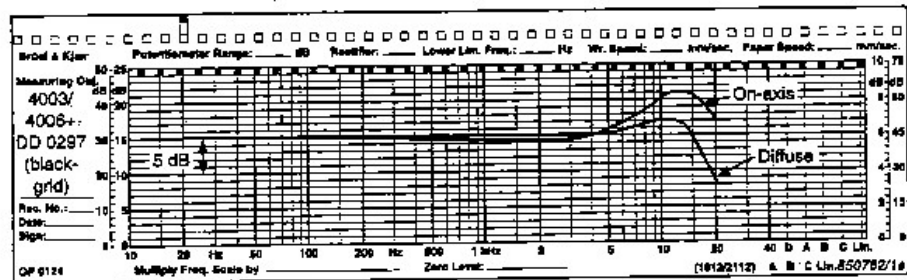
A két átalakító kombinációjával állítható elő az egyirányú érzékenység (pl. vese karakterisztika), így lehetséges (elsősorban kapacitív átalakítás esetén) a változtatható karakterisztika kialakítása.

Minden irányított mikrofon – kisebb-nagyobb mértékben – rendelkezik azzal a hibával, hogy irányítottsága nem egyenletes a frekvencia függvényében. Ebből következik, hogy azok az összetett rezgések, amelyek nem a mikrofon főirányából érkeznek, elszíneződve kerülnek feldolgozásra. Az irányított mikrofonok érzékenysége a főiránytól eltérve csökken, azonban nem minden frekvencián egyformán. Egy vese karakterisztikájú mikrofon kis frekvencián például nyomás-átalakítóként viselkedik.

Frequency responses

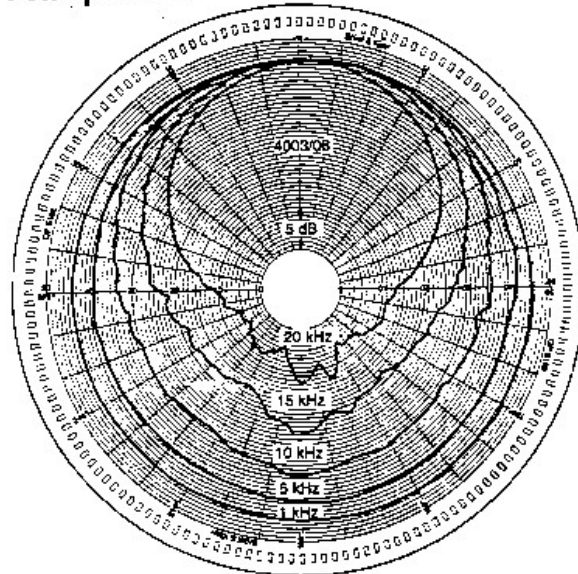


On-axis and diffuse-field responses of Types 4003 & 4006 with the Nearfield Grid DD0251 fitted.



On-axis and diffuse-field responses of Types 4003 & 4006 with the Diffusefield Grid DD0297 fitted.

Polar patterns

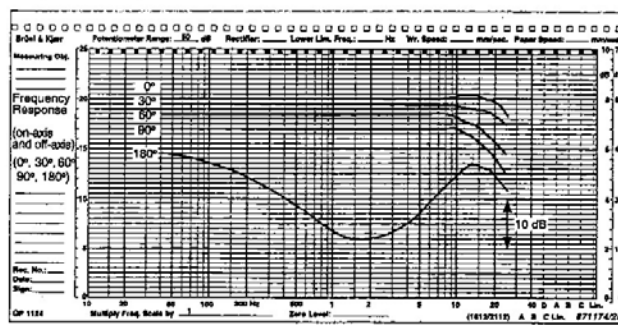


1. ábra

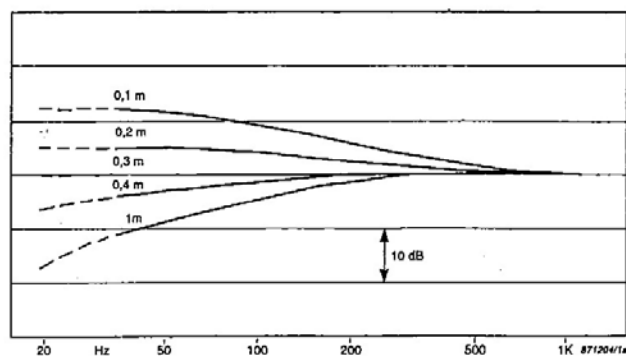
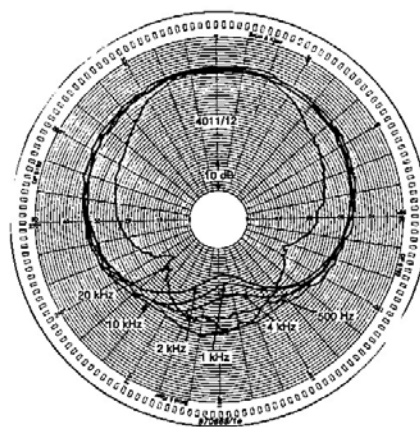
A DPA (korábban Brüel & Kjær) cég által gyártott nyomásmikrofon frekvenciamenete, illetve iránykarakterisztikája²

² DPA Product Catalogues, 2000.

Frequency responses



On- and off-axis responses of Types 4011 & 4012 measured in 30cm (11.8in).

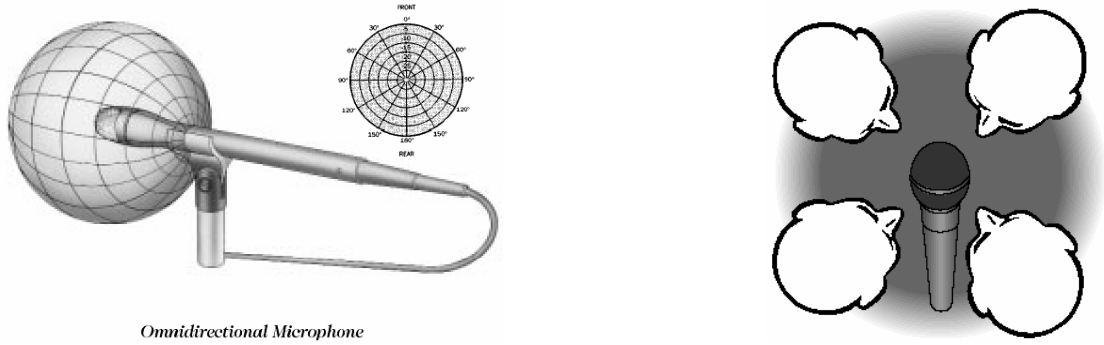


The proximity effect exhibited by the Types 4011 & 4012.

2. ábra

A DPA cég által gyártott nyomás- gradiens átalakító frekvenciamenete, illetve irányjelleg-görbéje. A harmadik ábra az ún. közelhatás (proximity-effect) jelenségének mérési eredményeit mutatja (a mélyfrekvenciás kiemelést a hangforrás távolsága függvényében). Megfigyelhető, hogy a távolság növelésével ellenkező hatás lép fel, a mélyfrekvenciás átvitel romlik³

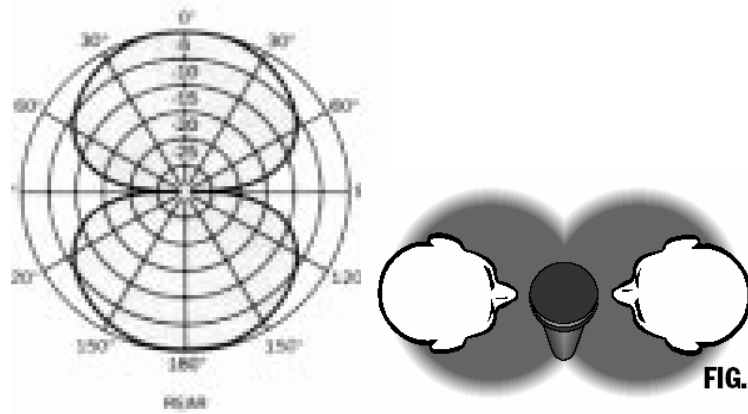
³ DPA Product Catalogues, 2000.



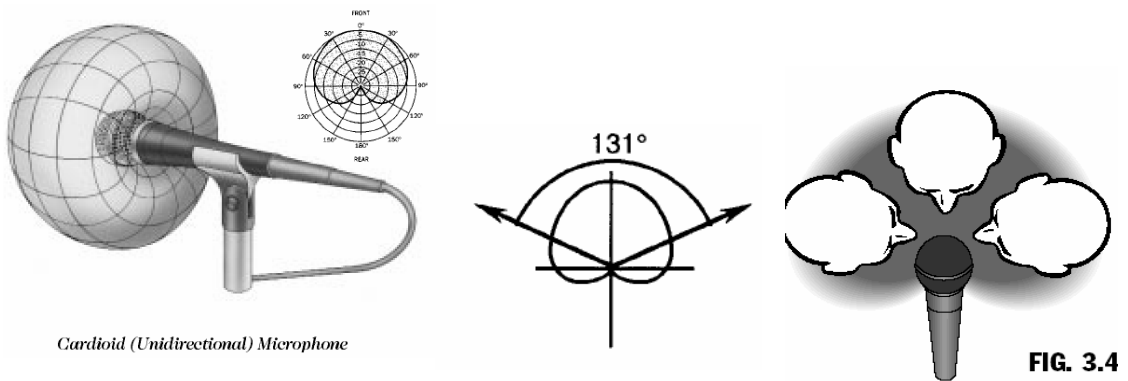
Omnidirectional Microphone



3. ábra
A gömb karakterisztika szemléltetése



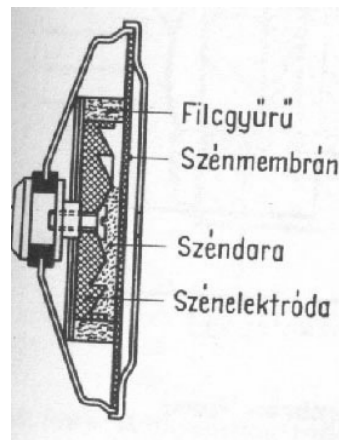
4. ábra
A nyolcas karakterisztika szemléltetése



Cardioid (Unidirectional) Microphone

5. ábra
A vese karakterisztika szemléltetése

A szénmikrofon a legegyszerűbb kivitelű nyomásmikrofon. Felépítése: szigetelőanyagból készített serleg felett könnyű, rugalmas fémmembrán, a serleg alján pedig vékony szénlemez van elhelyezve. A membrán és a szénlemez közötti teret lazán érintkező, apró grafit szemcsék töltik ki. A lazán érintkező grafit szemcsék viszonylag nagy ellenállást jelentenek az elektromos áram útjában, és ha a szerkezetet egyenáramú körbe kapcsoljuk a membránon és a grafit szemcséken át csak igen gyenge, néhány 10 mA-es egyenáram folyik. Ha a mikrofon membránját hangnyomás éri, az rezegni kezd és a hangrezgés ütemének megfelelően változó mértékben a szemcséket összenyomja. A grafit szemcsék átmeneti ellenállása csökken, így az összenyomás hatására változik az átfolyó áram erőssége. Az általában használt mikrofonok közül a szénmikrofon szolgáltatja a legnagyobb (akár voltos nagyságrendű) kimeneti váltakozó jelfeszültséget. Működése igen nagy üzemi zajjal jár, érzékenysége kb. 250 mV/ μ bar, frekvenciamenete 5 kHz-ig terjed, azonban ebben a tartományban is igen változó. Napjainkban gyakorlati jelentősége igen csekély.



6. ábra
A szénmikrofon felépítése⁴

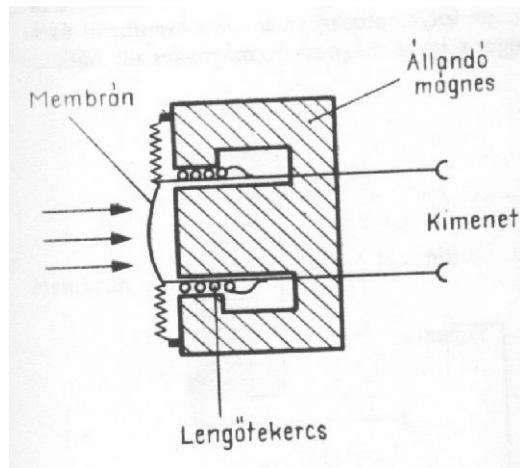
A kristálymikrofon működése piezoelektromos elven alapul. Kétféle változatban készülhet. Az egyik az ún. membrános, a másik a hangcellás

⁴ Csabai: A hangfelvétel-készítés gyakorlata, 1977.

típus. A membrános típusnál a rugalmasan mozgó membrán rezgéseit három ponton rögzített kristálylapocskák érzékelik, amely merev kapcsolatban áll a rezgő membránnal. A rezgés hatására folyamatosan deformáló erő hat rá, s ennek következtében az igénybevétel mértékével arányos nagyságú feszültség vehető le a kristály két oldalára ragasztott fémfegyverzetekről.

A hangcellás típusú mikrofonban nincs külön membránfelület, hanem a hangrezgések közvetlenül a négyszögletes kristálylapocskákra érkeznek. Ahhoz, hogy ez a mikrofon elegendően nagy jelszintet szolgáltatson, több kristálylapot építenek a mikrofonházba. A kristálymikrofonok kimeneti feszültsége néhány tized voltos nagyságrendű. Frekvencia átvitelük maximálisan 10 kHz-ig, kapacitásuk 200-20000 pF-ig terjed, mely a frekvencia függvényében változik. Impedanciájuk változása miatt csak nagyimpedanciás erősítőhöz illeszthetők. Mechanikailag igen érzékenyek, sérülékenyek. Mára gyakorlati jelentősége megszűnt, korábban beszédátvitelre használták.

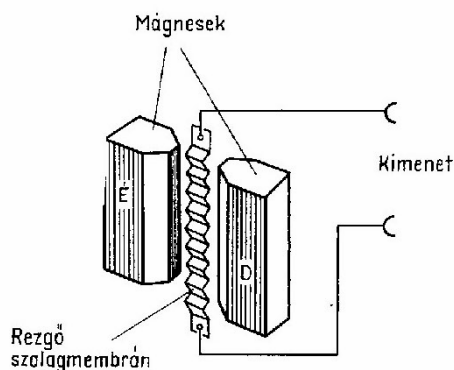
A dinamikus vagy mozgótekerceses mikrofon a jelenleg leggyakrabban használt mikrofonfajta. Felépítésében hasonlít a dinamikus hangszóróhoz, vagy a dinamikus fejhallgatóhoz. Egy rugós felfüggesztésű műanyag membránhoz kisméretű, gyűrű alakú tekercs van erősítve, amely a hanghullámok hatására a membránnal együtt rezegni kezd. A gyűrű alakú tekercs állandó mágneses térben mozog, aminek hatására a tekercsben a hengrezgés változásaival arányos feszültség indukálódik. A tekercs végpontjairól az indukált váltakozó feszültség elvezethető és felerősíthető. A dinamikus mikrofon igen kis jelfeszültséget szolgáltat, mindössze néhány tized mV-ot. Frekvenciamenetük 40 Hz-20 kHz-ig terjed, kimeneti impedanciájuk ~200Ω. Mivel az elektro-dinamikus átalakítás megfelelően gondos kivitel esetén torzításmentes, a dinamikus mikrofonok torzítása igen kicsi. A membrán és a tekercs tehetetlensége miatt azonban érzékenyséjük meglehetősen csekély, így elsősorban hangosítási, illetve közel mikrofonozást igénylő alkalmazásoknál használják (pl. hangosítás, ének-felvétel, stb.).



7. ábra
A dinamikus mikrofon felépítése⁵

A mágneses – vagy közismertebb nevén szalag – mikrofont működési elve alapján állótekerccses mikrofonnak is nevezik. Egy vagy két tekerccsel ellátott állandó mágnes pólusok között vékony lágvas membrán van kifeszítve. A hártyavastagságú membrán a felületére érkező hanghullámok hatására rezegni kezd. A rezgések ütemében folyamatosan változik a membrán és a mágnes közötti légrés szélessége, s így a mágneskör mágneses ellenállása is. Ezáltal a kör fluxusa is ingadozik a rezgés ütemében, s ennek hatására a hangrezgéssel arányos feszültség indukálódik a tekercsben. Az így keletkező hangfrekvenciás jelfeszültség a tekercs kapcsairól elvezethető és felerősíthető. Előnyük, hogy rendkívül kis méretben elkészíthetők, így egyes speciális igényeket ki lehet velük elégíteni. Frekvencia-átvitelük 5 KHz-ig terjed ± 10 dB-es ingadozással, kimeneti jelfeszültségük néhány millivolt nagyságrendű. Elsősorban orvosi műszerekben (nagyothalló készülékek, testhangmikrofonok), illetve speciális víz alatti alkalmazásokhoz használatos.

⁵ Csabai: A hangfelvétel-készítés gyakorlata, 1977.



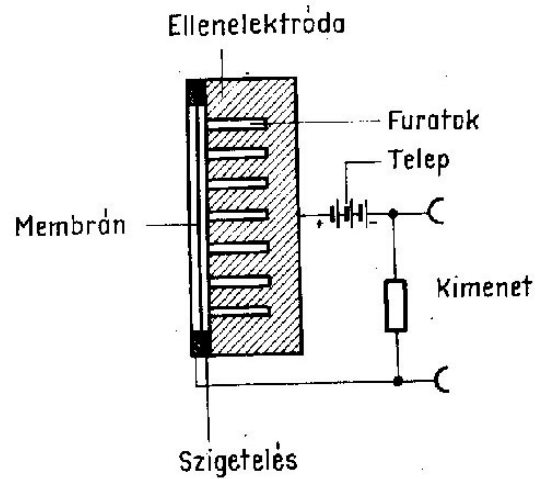
8. ábra
A mágneses (szalag) mikrofon felépítése⁶

A kondenzátor mikrofon a legmagasabb minőségi igényeket is kielégítő, elsősorban a stúdiótechnikában (azon belül az akusztikus zenei felvételek során) használatos mikrofonfajta.

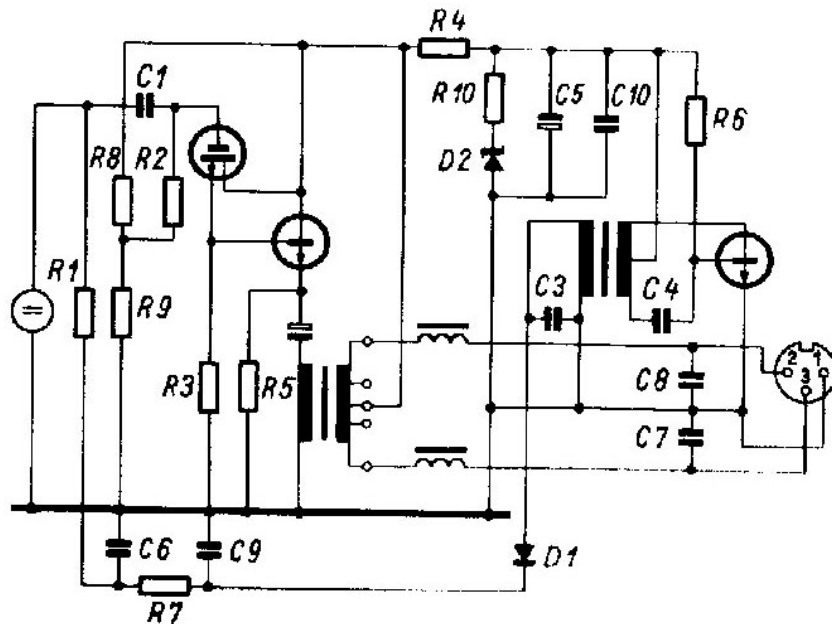
Egy néhány mikrométer vastag fémhártya 20-30 mikrométer távolságra van az ellenelektrodától. A hangnyomás változása kapacitásváltozást hoz létre, ami – ha a rendszert állandó töltéssel tartjuk megfelelő polarizáló feszültséggel – feszültségváltozással jár. Az így keletkező feszültség arányos a membránt érő hangfrekvenciás rezgéssel (hangnyomással). A rendszer igen nagy impedanciája miatt ez a feszültség közvetlenül nem feldolgozható, ezért illesztőerősítő után a néhány megaohmon lévő jelet párszáz ohmos jelként továbbítjuk. A mikrofon házába épített távtáplált erősítő minősége (elsősorban, zaja, túlvezérelhetősége) határozza meg a mikrofon minőségét. (A távtáplálást úgy oldják meg, hogy a mikrofon kimeneti jelvezetékeire szuperponálnak a DIN szabvány szerint +48V-os egyenfeszültséget, a föld (árnyékolás) vezető a 0V-os pont.) A frekvenciamenetet egyértelműen a membrán fizikai méretei határozzák meg. Minél kisebb a membrán, annál lineárisabb az átvitel. Ezzel fordított arányban áll azonban a zaj; minél kisebb a membrán, annál kisebb jelet kell az erősítőnek feldolgoznia, tehát nő a zaj, csökken a túlvezérlés lehetősége. A torzítás szintén az erősítő problémája, a membrán önmagában nem túlvezérelhető. A leírtakból látszik, hogy a kondenzátor-mikrofonoknak két csoportja között kell különbséget tennünk; a kismembrános modellekre a korrekt frekvencia és fázismenet, míg a nagymembránosokra a nagyobb kimenő feszültség mellett az elszínezettebb (színesebb, „melegebb”) hang a

⁶ Csabai: A hangfelvétel-készítés gyakorlata, 1977.

jellemző. A nagymembrános modelleket többnyire változtatható karakterisztikájúra építik.



9. ábra
A kondenzátor mikrofon felépítése⁷



10. ábra
Kondenzátor mikrofon előerősítőjének egyik alapvető kapcsolása⁸

⁷ Csabai: A hangfelvétel-készítés gyakorlata, 1977.

⁸ Csabai: A hangfelvétel-készítés gyakorlata, 1977.

3. Sztereofonikus alpmikrofon-rendszerek

„...Ha az énekes távolodik az egyik mikrofontól, és közeledik a másikhoz, az ének hangja az egyik fülben gyöngül, a másikban erősödik. A hatás a sztereószkópnek a szemre gyakorolt hatásához hasonlóan hat a fülre.” Az idézet az 1881-es párizsi világkiállításon bemutatott Ader-Hospitaler-Puskás-féle zenei hangközvetítési kísérlet leírásából származik, melyet joggal tekinthetünk a sztereofonikus hangvisszaadás-élmény első hiteles meghatározásának. A korabeli hallgató tulajdonképpen egyetlen mondatban rátapintott a kétcsatornás, sztereofonikus hangvisszaadás- és térleképezés egyik alapvető fizikai törvényére, mely szerint a térbeli lokalizációt a két hangforrásból érkező információk intenzitáskülönbsége nagymértékben befolyásolja. Melyek a további fizikai törvényszerűségek, és hogyan használják fel munkájuk során ezeket a hangfelvétel-készítők? Milyen „standard” mikrofon-elhelyezési (mikrofonozási) eljárások vannak, és ezeket mikor, milyen környezetben használják? Milyen összetételű és elrendezésű „mikrofonpark” használata indokolt, és vezethet jó eredményre az egyes felvételek készítése során? Talán ezek azok a kérdések, melyek mindannyiunkban felmerültek már, egy-egy zenei hangfelvétel hallgatása során. A hangfelvétel helyszínéről szolgáló tér akusztikai megítélésének folyamatát, jellemző fizikai paramétereinek megismerését és az egyes mikrofon-alaptípusok, karakterisztikák bemutatását követően a jegyzet következő részeiben – többnyire konkrét hangzó anyagok tükrében – a hangfelvétel-készítéssel foglalkozom. Elsőként essék szó a mikrofonok használatáról, azaz a mikrofonozásról.

1881-ben a F. X. Ader nevéhez fűződő, nagy érzékenységű szénmikrofon-párat elhelyező technikusoknak minden bizonnyal sokkal könnyebb dolguk volt, mint napjaink hangmérnökeinek. A XIX. század küszöbén a levegő nyomásváltozásainak felismerése, a hangok közvetítése, majd reprodukálása elektronikus eszközök felhasználásával nyilvánvalóan az újdonság elemi erejével hatott a hallgatóságra. A technika fejlődésével – természetszerűen – a hallgatóság igényei egyre kifinomultabbá, értékítéletük megfoghatóvá, részletezővé vált, válik. E folyamat talán a leginkább figyelembe vett technikai paraméterek megemlékezésével követhető, mintegy korszakonként;

legkézenfekvőbb példa a felvételekkel szemben támasztott dinamikai követelmények alakulása: a "szalagos" korszakban az átlagosan elfogadott 40-50 dB-es dinamikaátfogással szemben ugrásszerű változást jelentett a "digitális forradalom", melynek során a korábbi dinamikai lehetőségek kb. kétszer nagyobb mozgásteret engedtek meg a hangfelvétel-készítőknek. Természetesen egy hangfelvétel elkészítése során a hangmérnököknek - szerencsés esetben - rendkívül sok beavatkozási lehetőségük van a hangfelvételi lánc minden egyes pontján, azonban a legmeghatározóbb láncszem az első, azaz a mikrofon, hiszen az akusztikus információ ebben alakul át elektromos jellé. Az első láncszemek elhelyezése, minősége nagyban befolyásolja az egész lánc jellegét, illetve meg is határozza az esetleges további (kiegészítő) láncszemek használatának módját, szükségességét. Az előbbi hasonlatnál maradvá elmondható az is, hogy az első láncszemek száma befolyásolja az egész lánc hosszát is; több mikrofon több kiegészítő berendezést (zengetőt, dinamika-szabályzókat, hangszínszabályzókat, csoportosító eszközöket) igényel, mivel meg kell teremteni a rendszer egészének áttekinthetőségét, illetve a különböző (nagy számú) mikrofonokból érkező információt úgy kell alakítani, hogy a homogén összbenyomás követelménye teljesüljön (pl. ne kerüljenek egyes hangszerek más térbe).

A fentiek szerint első megállapításunk az lehet, hogy minél kevesebb mikrofont alkalmazunk egy felvétel készítése során, annál könnyebb dolgunk akad, és a produktum is jobb minőségű lesz, hiszen így könnyen kiküszöbölhető a hosszú hangfelvételi láncsal együtt járó zaj-, fázisfenet-, harmonikus torzulás is, nem is beszélve a sok berendezés együttes kezelési nehézségeiből adódó véletlenszerű tévedéseinkről. Mérlegelnünk kell azonban, hogy a mikrofonok számával fordított arányban változik a beavatkozás lehetősége a hangképbe, következésképpen a „kétmikrofonos” felvételek – két csatornás sztereofonikus hangvisszaadást feltételezve – a legkiszolgáltatottabbak az eredeti hangeseménynek. Az előbbi technológia alkalmazása során nagyon pontosan meg kell határozni a mikrofonok térbeli helyét, a hangforrástól és egymástól való távolságát, valamint irányát (irányítottságát). Számos hangmérnök vélekedik úgy, hogy kevés mikrofon használata biztosan csak a kis kiterjedésű (pontoszerűnek tekinthető) és homogén hangforrás esetében lehet célravezető megoldás. Például egy szóló hegedű felvétele esetében többen használnának csupán két mikrofont, mint egy nagyzenekari hanglemez elkészítése során. Ez utóbbi esetében a több

mikrofon alkalmazását az egyes zenei megoldások maradéktalan megörökítése, illetve a zenei rendező, valamint a közreműködő művészek elképzeléseihez igazodó hangkép kialakítása indokolja. Természetesen a mikrofonok számának növekedésével egyenes arányban függetleníthető a felvételen kialakuló térélmény és a hangfelvétel helyszínének akusztikai adottságai. A zenei rendező így sokkal rugalmasabban valósíthatja meg elképzeléseit. A közreműködők létszáma, a felvételre szánt mű nagymértékben befolyásolja a mikrofonok alkalmazásának lehetőségeit és módját. A rögzítés megkezdésekor egy megfelelő helyen elhelyezett ún. alpmikrofon-pár által visszaadott hangélmény alapján a zenei elképzeléseknek fényében dönthetünk újabb mikrofonok alkalmazásáról és azok helyéről. Az újabb ún. segéd-mikrofonok segítségével korrigálhatóak az alaprendszer hiányosságai.

Elsőként tehát meg kell határozni az alpmikrofon-rendszer két tagjának térbeli, valamint egymáshoz viszonyított helyét. Ehhez azonban figyelembe kell venni a sztereo lokalizáció kialakulásának feltételeit. A hangesemény során a két, vagy több hangforrásból (hangszóróból) érkező jelek összegezve jutnak el a hallgatóhoz, az irányhatás az ún. futásidő és intenzitás különbségek együttes hatásaként jön létre. (A helyes térérzet kialakulásához ezért elengedhetetlen az egyenlő oldalú háromszögre hasonlító, mindenképpen szimmetrikus hangszóró elhelyezés). A hangszínbeli, dinamikai- és intenzitáskülönbségek eredményeképpen alakul ki a mélységérzet, vagy a mélységi kiterjedés élménye. A távolabbi hangforrásokból érkező információkat ugyanis halkabban, illetve a levegő diffúz csillapításából következően a magas tartományát kisebb intenzitással, csillapítva halljuk. A lokalizációban tagadhatatlanul nagy szerepe van a direkt/reflexív hangok arányának is; a zengőbb hangot mindig távolabbinak érzékeljük.

Visszatérve a sztereo alap mikrofonozási rendszerekre; természetesen számos bevált és kipróbált módszer létezik a mikrofonok elhelyezését illetően, ezeket általában aszerint csoportosítják, hogy melyik lokalizációs elven alapulnak.

A tér egyetlen pontjában elhelyezett, azaz viszonylag kis bázistávolságú mikrofon-párokat koincidens rendszereknek nevezik. A lokalizációt az egy pontban elhelyezett mikrofon-membránokra érkező jelek intenzitásának különbsége határozza meg, így a két membrán által bezárt szög függvénye a bázis-, azaz a sztereo hangkép szélessége. Gyakorlati nehézséget okoz a

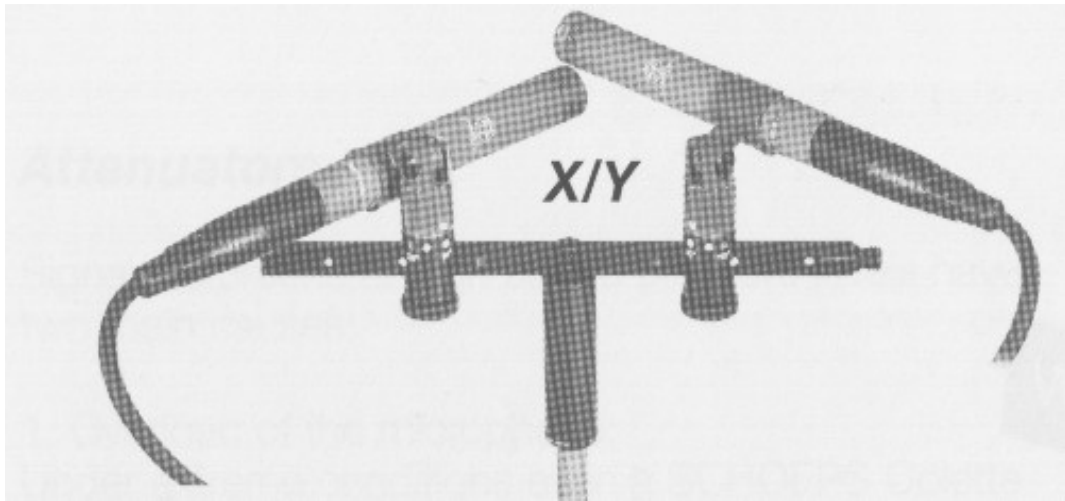
koincidens rendszerek egyik alapvető hiányossága; működési elvükből következően ugyanis a teret „kifele fordítják”, mivel a membránoktól távol eső, szélső pontoktól érkező információk intenzitása lényegesen kisebb, mint a mikrofonokkal szemben elhelyezkedőké. Számos elrendezést ismerünk, melyek elsősorban a membránok által bezárt szögben és a mikrofonok karakterisztikájában térnek el egymástól. A kereskedelmi forgalomban kapható sztereó mikrofonok általában koincidens rendszerűek.

A koincidens mikrofon-elhelyezés úttörője és az MS elrendezés feltalálója H. Lauridsen dán hangmérnök volt, és találmányának lényegét az adta, hogy új értelmezést adott a kétcsatornás sztereofonikus hangfeldolgozásnak, mely szerint a térleképezés egy mono jelből és egy sztereó iránykomponensből áll (12. ábra). A hangforrás irányában egy gömb, vagy vese karakterisztikájú mikrofont helyezt el, majd ennek főirányára merőlegesen (vízszintesen) egy nyolcast. A hangforrásra merőleges mikrofon jele a mono komponens, a nyolcas karakterisztikájú mikrofon az irányinformációt szolgáltatja ($S=L-R$). A bal és jobboldali csatorna jele az $M+S$ és $M-S$ műveletek elvégzésével nyerhető, mivel $M=L+R$. Az MS gyakorlati alkalmazása a két mikrofon elhelyezésének bonyolultsága, valamint a nyolcas karakterisztikájú mikrofonok ára miatt szorult háttérbe, holott a mono hangátviteli rendszerekkel való kompatibilitása a leginkább kézenfekvő, hiszen a mono jel maga a hangforrásra merőlegesen elhelyezett mikrofon jele. Gyakorlati jelentőségét növeli az a tény, hogy a sztereóbázis szélessége elektronikus úton szabályozható (az S komponens jelének erősítésével, vagy csökkentésével). A 180 fokos szélességű bázis (azaz az ellenfázisú sztereó) az M jel keverésből történő kihagyásával érhető el.

A tér több pontjában elhelyezett mikrofonrendszerek a fáziskülönbségek révén létrejövő lokalizáció elvén működnek, másik elnevezésük a futásidő-sztereofónia (fázis-sztereofónia). A lokalizáció a méteres bázistávolságú mikrofonrendszer membránjaira különböző irányból érkező hullámok fázis- és időkülönbsége révén alakul ki, a természetesen fellépő intenzitáskülönbségeken túlmenően. A fázis-sztereofonikus rendszereket AB rendszernek is nevezik, és jellegzetességük, hogy a meghallgatás során „befelé görbített” térélmény alakul ki, azaz a hangforrás két széléről érkező jelek közelebbi érzetet keltenek a közepén elhelyezkedőkhöz képest. Az AB rendszer bázisszélessége határozottan befolyásolja a leképezett tér szélességi és mélységi kiterjedését is (minél nagyobb a bázis szélessége, annál szélesebb a

sztereó kép, és nagyobb a mélységérzet), azonban ez előbbi tulajdonságából következik rendkívül rossz mono kompatibilitása, illetve nehéz kezelhetősége, hiszen a nem megfelelő arányú távolságokkal „térbeli lyukak” keletkezhetnek, azaz a színpad közepe eltűnik, vagy túl hátra kerül.

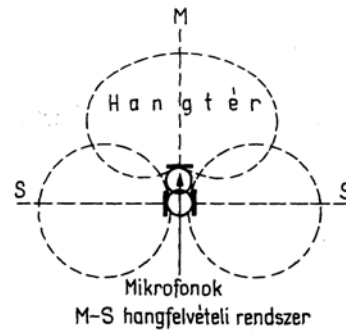
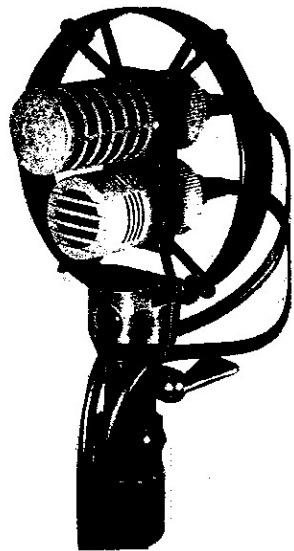
Belátható, hogy a koincidens, vagy az AB rendszerek önmagukban csak nehezen alkalmazhatóak. E két alapvető mikrofon elhelyezés kombinációjával alakultak ki a mai gyakorlatban leginkább alkalmazott mikrofonozási rendszerek, két mikrofontól az akár több tíz mikrofont alkalmazó multi-rendszerekig.



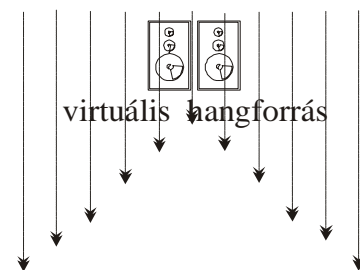
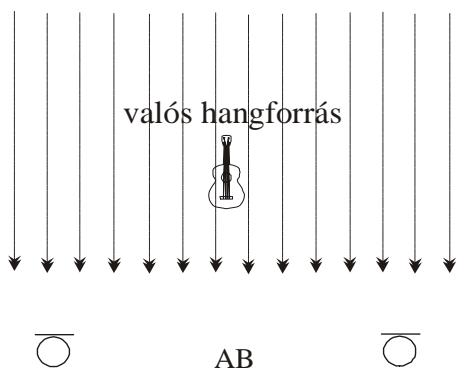
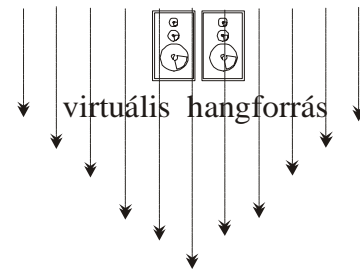
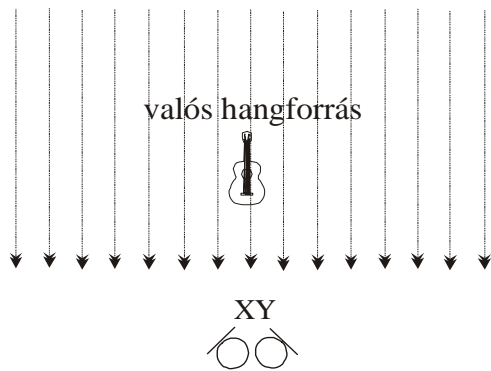
11. ábra

Az egyik legelterjedtebb koincidens mikrofon-elhelyezés. Az általában vese karakterisztikájú mikrofonok membránjai egymással 90-180 fokos szöget zárnak be⁹

⁹ Schoeps Product Catalogues, 2000-2001.



12. ábra
Az MS mikrofon-elhelyezés¹⁰



13. ábra
A koincidens és az AB rendszerek térleképezése

¹⁰ Schoeps Product Catalogues, 2000-2001.

A hangfelvétel-készítéssel foglalkozók legelemibb törekvése az eredeti hangeseemény reprodukálása az eredetivel megegyező akusztikai élményt keltve. Természetes tehát, hogy az „audiofil” hangvisszaadásra törekvő hangmérnökök és elméleti szakemberek elsősorban olyan mikrofonrendszerek, mikrofon-elhelyezési eljárások kidolgozásán törték a fejüket, melyek az emberi fülhöz hasonlóan alakítják át a levegő rezgéseit elektromos jellé. (A technika fejlődésével a hangfelvétel-készítés során a legnagyobb nehézséget egyre inkább a helyes mikrofon-elhelyezés megválasztása jelentette, mivel az egyes készülékek műszaki paraméterei az alapvető követelményeknek mind jobban megfeleltek.) Mivel a mikrofonok átviteli tulajdonságai adottnak tekinthetők (és napjainkra elmondható, hogy egyes típusoké igen kitűnő), kézenfekvő az emberi fülhöz mind vizuálisan, mind pedig akusztikailag hasonló elhelyezésük. Az első ilyen kísérletet 1939-ben Karl de Boer holland mérnök-fizikus végezte el; műfejet készített, amelyen két nyomás-mikrofont (gömb karakterisztikájú) a két fül pozíciójában helyezte el. Az ezzel az eljárással készült, azaz műfejes sztereofónián alapuló felvételek legnagyobb hiányossága az inkompatibilitás a hangszórós lehallgató rendszerekkel; megfelelő térélmény ugyanis csak a fejhallgató lehallgatás során alakul ki. A másik gyakorlati jelentőségű elhelyezéssel Jürg Jecklin dán mérnök kísérletezett. Számptalan mérést, számítás, megfontolást követően végül is egy kb. 3-5 cm vastagságú, kb. 30 cm átmérőjű kör alakú lemez – az ún. Jecklin-tárcsa – egyik kerületi pontjában helyezte el két gömb karakterisztikájú mikrofont.

Az előbbieken bemutatott, a német szakirodalomban „Trennkörperstereofonie”-nek nevezett elhelyezések azonban magukban hordoznak egy igen jelentős problémát; a két nyomás-átalakítót elválasztó felületanyag megválasztásának nehézségét. A felületre elsősorban a mikrofonok „terének” elválasztása miatt van szükség, hiszen csak így tudunk irányt adni a gyakorlatilag egy pontban elhelyezett gömb karakterisztikájú átalakítóknak (gondoljunk bele, hogy elválasztó felület nélkül majdnem teljesen mono jelet kapnánk!) Az elválasztó felület szerepe tehát a két térrész szeparálása, ami a teljes frekvenciatartományon vett hangelnyelésben nyilvánul meg. A gyakorlati nehézséget éppen az okozza, hogy nem könnyű (szinte lehetetlen) olyan anyagot találni, ami a teljes spektrumon egyenletesen csillapít; az elválasztó felületről érkező reflexiók pedig zavarják rendszerünk működését. (Számptalan olyan felvétel kapható kereskedelmi forgalomban, amelyen a két mikrofonnal közvetített térben bizonyos frekvenciatartományban hallható az elválasztó

felület okozta elszíneződés.) Az elválasztó felület frekvencia-független csillapításának megválasztása a műfejes rendszer létjogosultságát igazolja (hiszen a gömb felületére helyezett mikrofonok esetében az útkülönbség megszűnik, szemben a tárcsával, ahol a direkt membránra érkező és a felületről visszavert hullámok összeadódása – a fázis- és időkülönbségek miatt – elszíneződéshez vezet). A gyakorlatban a műfejes sztereofónia kevésbé terjedt el, mint az OSS sztereofóniának is nevezett Jecklin-tárcsa, alkalmazásának nehézségei miatt, továbbá azon megfontolásból, hogy a tárcsa kompatibilis a hangszórós lehallgatással. Mindenképpen meg kell említeni a Francia Rádió és Televízió Társaság által az ötvenes évek derekán kidolgozott ún. ORTF rendszert, melyben a két nyomás-gradiens (vese karakterisztikájú) mikrofonokat az emberi fülek elhelyezkedéséhez hasonlóan helyezik el egymástól 18 cm távolságra úgy, hogy a főirányok 110 fokos szöget zárjanak be. (Létezik még a szakirodalomban számtalan változat az elhelyezés adataira vonatkozóan - pl. 17 cm, 130). Érdekes, hogy az ORTF rendszert nem kevés mikrofonos felvételvelek készítéséhez találták ki: a francia rádió mérnökei több ilyen, ORTF rendszerű mikrofon pár elhelyezésével és keverésével próbálták meg „megkerülni” a keverőasztal panoráma-szabályozóinak használatát. Az ORTF rendszert ún. félkoincidens rendszernek nevezzük; működésének elméleti alapja az, hogy valódi irány-lokalizáció csak a magas frekvenciás tartományban jöhet létre a rövid hullámhossz miatt. Amennyiben a két mikrofon membránja 10-30 cm távolságra van egymástól, és 90-130 fokos szöget zár be, az alacsonyabb frekvenciákon koincidensként viselkedik – tehát intenzitás-sztereofónia jön létre. (Gyakorlati szempontból az előbbieken bemutatott OSS, valamint a műfejes eljárás is félkoincidens rendszernek tekinthető, hiszen mindkét esetben a két mikrofonkapszula egy adott távolságra van egymástól, amelyek egy adott szöget zárnak be.)

Hogyan alkalmazhatóak a sorozat keretén belül a mindezidáig bemutatott mikrofon-elhelyezések? Mikor, melyik rendszer használata vezet kielégítő eredményre? Azt kell mondanunk, hogy az előbbi kérdésekre nem adható egyértelmű válasz, hiszen minden akusztikusan megszólaló hangesemény felvételének módját alapvetően két dolog szabja meg: 1. a felvételre kerülő esemény típusa (prózai, vagy zenemű) és a hangforrás összetétele (pl. a zenekar összetétele) 2. a hangesemény helyszíne (színház, katedrális, koncertterem) és akusztikai tulajdonságai.

Nem ritka, hogy egyes elvárásaink első hallásra fizikailag ellent mondanak egymásnak; egy énekes hangját egyszerre szeretnénk szépen zengő térben hallani, ugyanakkor meg kell értenünk, hogy mit is énekel. Nyilvánvaló, hogy az előbbi kettős elvárásunknak egyetlen mikrofon-pár alkalmazásával egyáltalán nem, vagy – ha éppen szerencsénk van – csak nehezen, számtalan beállítást kipróbálva tudunk eleget tenni. Feladatunk csak nehezül, ha az énekeshez betársul néhány hangszer is, melyek dinamika-átfogása természetsszerűen nagyságrendekkel meghaladja énekesünkét. Ilyenkor valamennyi hangmérnök az előbb bemutatott rendszereket próbálja meg ötvözni, illetve kiegészíteni ún. spot- vagy segéd-mikrofonok használatával.

4. Mikrofonfüggöny, függesztett multimikrofon-rendszer a Zeneakadémia Nagytermében

Az előzőekben bemutatásra kerültek az ún. sztereó alapmikrofon-rendszerek néhány, a gyakorlatban leginkább alkalmazott típusa, valamint példát láthattunk olyan hangfelvételi eljárásra, melynek során az egyes sztereómikrofon-rendszerek kombinatív keverésével valósul meg az eredeti hangesemény megörökítése, leképzése. A következőkben a multimikrofonozás alapelvei, az ún. mikrofonfüggöny működése, illetve a budapesti Zeneakadémia függesztett mikrofonrendszere kerül bemutatásra.

Sokan állítják, hogy az igazán jó minőségű hangfelvételek készítésekor minél kisebb számú (lehetőleg egy) sztereómikrofon-rendszer alkalmazására kell törekedni, hiszen csak így érhetünk el minél kisebb frekvenciamenet-, fázis-, dinamikatorzulást. Természetesen ez az állítás minden tekintetben korrektnek mondható, azonban a gyakorlatban más (nem kifejezetten műszaki) szempontokat figyelembe véve a megfogalmazott technikai kívánalmak kényszerűen háttérbe szorulnak. De melyek ezek a szempontok?

Egy hangfelvétel hallgatása során alapvető elvárásunk, hogy a hangfelvételt készítők mind vizuálisan, mind dramaturgiailag, mind pedig zeneileg a tér lehető legideálisabb pontján (ún. „sweet point”) helyezték el a hallgatót. Ebből következően kíváncsiak vagyunk a közvetített előadás minden részletére; szeretnénk tisztán hallani az egyes hangszerszólókat, ugyanakkor esetenként elvárjuk, hogy a szimfonikus zenekari hangzás a „szobánkba költözzön”, megtartva az egyes hangszercsoportok térbeli helyét, illetve játékuk részleteit. Problémát jelent azonban, hogy a rendelkezésünkre álló helyszínen (tehát abban az akusztikai térben, ahol a hangesemény történik) - annak akusztikai, fizikai hibáiból következően - sem biztos, hogy egyértelműen kijelölhető az az ideális hallgatási, megfigyelési helyzet, ahonnan az egész hangeseményt követve minden kívánalmunk teljesül. Például egy hangversenyterem térfogata alapvetően meghatározza az abban ideálisan hallgatható művek körét, elsősorban a közreműködő zenekari apparátust figyelembe véve. Ha egy kisebb térfogatú teremben csendül fel Berlioz

Requiemje - ahol az előadói apparátus több mint 300 fő! - a dinamikusabb, hangosabb részeknél a hangenergia nagysága miatt a terem telítődne, és csak összerosódott, nagyon hangos, „gyomorrengető” élményben részesülnénk, már-már a fájdalomküszöb környékén. De példaként említhetnénk a terem más akusztikai korlátait is, például az utözengési időt, vagy azt a paradox helyzetet, amikor a zeneileg, dramaturgiailag meghatározott sweet point-ban valamilyen káros akusztikai jelenség - mint pl. csörgővisszhang - zavaró hatása lép fel. Az előbbieket miatt az egyetlen alapmikrofon-rendszer alkalmazása ellen szól tehát az a maximális kiszolgáltatottság, ami az eredeti hangkép kialakítása során a mikrofon-pár elhelyezése jelent. Többek között ezen okból a szimfonikus, nagyzenekari apparátust felvonultató klasszikus zenei produkciók hangfelvételének elkészítésekor világszerte az ún. multimikrofonos felvételtechnika terjedt el.

A multimikrofonos elnevezés sok mikrofon együttes használatát jelenti. Minden multimikrofonos hangrendszer alapját egyetlen sztereómikrofon-pár adja (mint azt a korábbiakban megmutattuk, a hangmérnök „füleként” az eredeti hangeseménynek teret adó akusztikai közegben), melyet kiegészítenek ún. segéd- (spot-, vagy stütz) mikrofonok, illetve mikrofonrendszerek. A segédmikrofonokat általában szólamonként helyezik el, egyes esetekben a zeneileg kiemelten fontos szerepet játszó hangszereket, szólistákat (pl. versenyművek esetében) külön mikrofonozzák. A multimikrofonos rendszer kialakítása során az egyik követelmény, hogy az egyes spot mikrofonok párban sztereó mikrofonrendszert alkossanak. Az így kialakuló spot mikrofonrendszerek kezelése például a mélységi kiterjedés kezelése során egyszerűbb, hiszen a kialakuló hangkép mindvégig szimmetrikus marad, megőrizve az eredeti hangesemény szimmetriáját. Az egyes spot mikrofonrendszerek és az alap sztereómikrofon-rendszer alkalmazása során a legszembetűnőbb különbség az egyes rendszerek bal és jobboldali információ kialakítása között van; míg az alaprendszerek baloldali információját a baloldalon elhelyezett mikrofon jele szolgáltatja, addig a spot mikrofonrendszerek esetében ez nem kézenfekvő: a keverőasztalok ún. panoráma-szabályzó segítségével elérhető, hogy a rendszer mindkét tagja mindkét oldali információ kialakításában egyenlő arányban részt vegyen – azaz mono jelet kapjunk. (A panoráma-szabályzó szerepe tehát a sztereó erősítőkön és magnetofonokon megszokott balance („egyensúly”) szabályzóéhoz hasonló; ennek segítségével állítható be, hogy az adott csatorna - mikrofon - jele melyik

irányban legyen intenzívebb, azaz milyen arányban oszlik meg az adott jel a két oldal információjának kialakításakor.) Például az egyes spot mikrofonrendszerek egyre szűkülő panorámázásával a térélmény mélységi szűkülését érhetjük el. Ennek fontossága a „természetes” közegben történő megfigyelésekre vezethető vissza: a távolba tekintve a teret folyamatosan szűkülőnek látjuk, és ha szemünket becsukjuk, a távolról érkező hanginformációk alapján is hasonló kép tárul elénk. A hangmérnök az egyes művek felvételének készítésekor az előbbieket fokozott kihasználására törekedhet elsősorban dramaturgiai, koreográfiai szempontokat figyelembe véve (pl. hangjátékok, operák, vagy a leggyakrabban a szimfonikus zenekarok vonóshangzásának kialakításakor, ezáltal elősegítve a belső szólamok megfelelő térbeli elhelyezkedését a hangképben.)

A panoráma-szabályzás kialakulásával egy időben lehetővé vált az ún. mikrofonfüggöny alkalmazása. Kezdetekben igen nagy problémát jelentett, hogy a hangeseemény szélességi kiterjedését nem megfelelően tudták visszaadni a hangfelvételeken: az eredmény vagy túl széles (pl. nagy bázisú AB rendszer alkalmazásakor), vagy pedig szűk lett (koincidens rendszerek alkalmazásakor), továbbá az alkalmazott mikrofonrendszertől függően a hangkép tere vagy „befele” (széles AB), vagy pedig „kifele” (XY) görbült. (Az első esetben a széleken elhelyezkedő, míg a második esetben a középben elhelyezkedő hangforrás hangját hallja intenzívebben a hallgató.) Mivel a szélességi kiterjedés nagymértékben befolyásolja a megfelelő térélmény kialakulását, érdemesnek látszott az AB rendszerű mikrofon-elhelyezésekből kiindulni. Legfontosabb feladatnak a „térkifordulás” jelenségének kiküszöbölése mutatkozott, mivel a hagyományos AB rendszerek esetében a bázis függvényében a hangkép középben „kilyukadt”. Kézenfekvő megoldás volt tehát egy harmadik mikrofon elhelyezése, mellyel a közepet lehet definiálni, azonban mellette két „kisebb lyuk” keletkezett. Az előbbieknél megfelelően így helyeztek el egyre több és több mikrofont, és ekképpen alakult ki az egy vonalban elhelyezkedő, általában 5-7 mikrofonból álló ún. mikrofonfüggöny. Az egyes mikrofonok holtterében kialakuló „lyukak” mérete egyre inkább elhanyagolhatóvá vált a mikrofonok számának növelésével. Az egyes mikrofonok esetében a panoráma-szabályzók használata ideális esetben úgy történik, hogy a két szélső mikrofont a bal, illetve a jobb oldalra panorámázzuk, a többit pedig „egyenletesen elosztva” panorámázzuk szét a két oldal között. Ügyelni kell azonban például arra, hogy egy szimfonikus zenekar felvétele során a

mikrofonfüggöny két belső tagja, mely a koncertmester, illetve a cselló szólamvezető felett helyezkedik el, ne legyen túlságosan szétpanorámázva, mert az a hangkép kilyukadásához vezethet, illetve olyan szokatlan helyzetbe kerül a hallgató, mintha a karmester helyén állna, vagy mintha a két első pult a színpad két szélén ülne. A jól felépített mikrofonfüggöny a folyamatos szélességi kiterjedés benyomásának kialakulását segíti elő, és semmiképpen sem hamisítja meg a valós ültetési rend szélességét, valamint a tér mélységi kiterjedését. Érthető okokból számos klasszikus zenei hangmérnök igazi zenekari alpmikrofonnak a zenekar előtt elhelyezett mikrofonfüggőnyt tekinti (a kissé távolabb elhelyezkedő nem koincidens, koincidens, vagy félkoincidens sztereo alpmikrofon-rendszert ebben az esetben térmikrofonnak, vagy ún. zengő-alapnak nevezzük, hiszen elsődleges feladata az akusztikai térből érkező – tehát túlnyomóan visszavert hangokat tartalmazó – információk közvetítése). A térmikrofon-rendszer típusát, valamint a mikrofonfüggöny méretét elsősorban a felvételre szánt apparátus összetétele, nagysága, illetve a mű keletkezésének ideje határozza meg (pl. egy Bach kantátát egy barokk teremben, vagy templomban érdemes felvenni, és ebben az esetben különleges hangsúlyt kell fektetni a térmikrofon elhelyezésére, mivel a mű hallgatásával szemben támasztott követelmények - templomi hangzás - a zengő alap fokozottabb használatát követeli meg).

Az előbbieket során láthattuk, hogy a felvételre szánt hangesemény rögzítésekor alkalmazott mikrofonozási struktúrát számtalan objektív (akusztikai), valamint szubjektív (zenei, dramaturgiai) tényező befolyásolja, így előfordulhat, hogy viszonylag nagy számú mikrofon alkalmazásával tudunk csak maradéktalanul megfelelni a támasztott igényeknek. De hogyan valósítható meg az egyes hangversenytermekben a napi hangfelvételi, rádiós közvetítési munka mindezek figyelembevételével?

A budapesti Zeneakadémia Nagytermének kihasználtsága számos megkötöttséget jelent a hangmérnökök számára: pl. az egyes koncertek között szinte minimális idő alatt kell a mikrofonokat elhelyezni, ráadásul úgy, hogy az másnap más számára ne okozzon kellemetlenséget (tehát gyorsan, „nyom nélkül” kell leszerelni). A kezdeti hangfelvétel-készítésben nem is jelentett semmilyen problémát az, hogy a mono felvételeknél alkalmazott kevés számú mikrofont az egyes koncertek előtt elhelyezzék a teremben. A sztereo felvétel-

technika térhódításával azonban a nagy számú mikrofon gyors, esztétikus elhelyezése egyre inkább problematikusává vált (hiszen ne felejtsük el, hogy koncertekről lévén szó, a felvétel ténye nem jelenthet zavaró hatást a közönség számára). A nagyobb előadói apparátust igénylő művek felvétele során a mikrofonállványok is nehezen helyezhetőek el a megkívánt helyen, sok esetben zavarva a közreműködőket (nem beszélve a televíziós felvételeknél az operatőrökről). Világszerte alkalmazott módszerré vált tehát a mikrofonok függesztése a terem (ál)mennyezetéről, mely sok hangszer esetében előnyösebb mikrofon-pozicionálást tesz lehetővé a hangmérnök számára (sok hangmérnök véleménye, hogy ezáltal levegősebb – hiszen magassági korlát egyedül a terem belmérete –, dúsabb hangzás érhető el - mivel közvetlenül a hangszerek fölé lehet elhelyezni a mikrofont). A mikrofonfüggesztés során a mikrofonokat saját (igen nagy szakító szilárdságú) kábelük tartja, a síkbeli pozicionálást pedig – a Zeneakadémia esetében – pl. damilokkal teszik lehetővé.

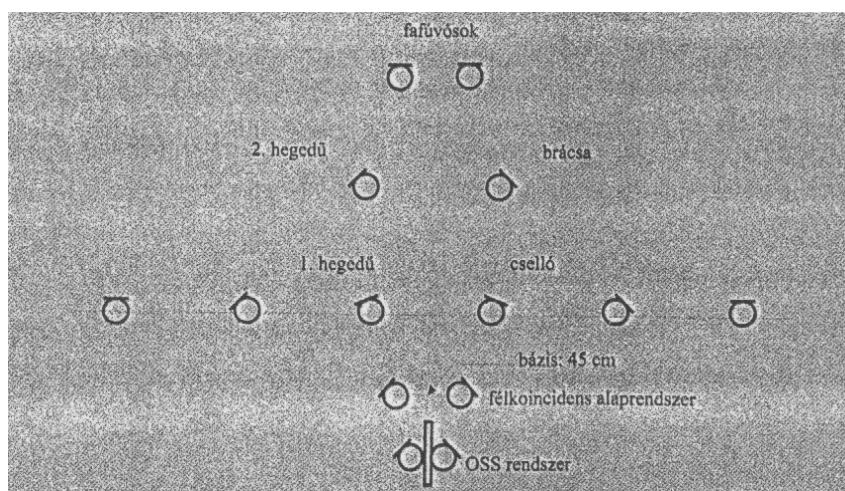
A mikrofonfüggesztés méretét alapvetően a terem akusztikai tulajdonságai, valamint az elhangzó művek átlagos összetétele határozza meg. Mivel a budapesti Zeneakadémia Nagyterme viszonylag kis méretű, és a szimmetria- középvonal mentén egy igen sajátos csörgővisszhang tapasztalható, ezért nagy számú függesztett mikrofon egészíti ki az alaplakon-rendszert (amely vagy egy OSS, vagy pedig félkoincidens sztereó mikrofon-pár az egyensúlyi felületen¹¹, vagy attól kissé távolabb). A mikrofonfüggesztés kialakítása lehetővé teszi az akár 6 tagú mikrofonfüggöny alkalmazását is (ennél többre a terem szélességi kiterjedésének korlátai miatt nincs szükség).

A mikrofonfüggöny hasonlóan a koincidens, félkoincidens, AB rendszerű mikrofonozási megoldásokhoz, felvételtechnikailag igen fontos mikrofon-elhelyezési séma, melynek során egy sorban több (többnyire azonos karakterisztikájú és típusú) mikrofont helyeznek el, az AB rendszernél megismert holtterek, „lyukak” kiküszöbölésére a hangképben. A mikrofonfüggesztés (függeszték) rendszer tulajdonképpen csak egy, a mikrofonállványok használatát mellőzendő, a mikrofonok térbeli pozicionálását elősegítő megoldás. Természetesen a klasszikus mikrofonfüggöny tagjai függesztve kerülnek elhelyezésére, talán innen a hasonló elnevezés.

¹¹ az a felület, ahol a direkt (hangforrásból közvetlenül érkező) és a visszavert hangok energiaaránya egyenlő

Ezen megfontolások alapján a világ szinte valamennyi hangversenytermében kiépítésre került valamilyen mikrofonfüggeszték-rendszer, néhány fix telepítésű sztereó alpmikrofon-rendszerrel kiegészülve. Ezek a rendszerek alapvető rendeltetésüket, szisztémájukat tekintve kivétel nélkül megegyeznek; a cél az, hogy minden hangszercsoport rugalmasan (nagy szabadsági fokkal) és egyúttal esztétikusan mikrofonozható legyen, természetesen az adott hangversenyterem akusztikai tulajdonságainak maximális figyelembevételével. A függesztett mikrofonrendszer használata elsősorban a vonós, a fafúvós, esetleg a rézfúvós hangszercsoportok esetén bevált gyakorlat, bár egyes hangversenytermekben (pl. Royal Festival Hall) az üstdob függesztett mikrofonozására is lehetőség van. (Természetesen az egyébként relatíve nagy magasságot igénylő kórus, valamint esetleg az orgona függesztett mikrofonozása is megoldott, de ezek mikrofonozásáról a későbbiekben essék szó, egyelőre maradjunk egy átlagos szimfonikus zenekari apparátusnál.)

Egy függesztett mikrofonrendszer kialakítása nagy körültekintést igényel, mivel annak esetleges fizikai korlátai (bizonyos pozíciók „elérhetatlenné” válása) a későbbiek során számos bosszúságot okozhatnak. A tervezés/megvalósítás során tehát törekedni kell a minél nagyobb szabadságú pozicionálás lehetőségének megteremtésére, ami a színpad bármely pontjának lefedhetőségében nyilvánul meg leginkább. Egy adott mikrofonfüggeszték-rendszer mindezek ellenére – a helyszín akusztikai sajátosságainak figyelembevételével – egy viszonylag konvencionálissá váló mikrofon-elhelyezési sémát eredményez; bár az egyes pozíciókban a mikrofon típusa (karakterisztikája) többnyire szabadon választható. A továbbiakban a budapesti Zeneakadémia mikrofonfüggeszték-rendszerének felépítését, használatának néhány lehetőségét ismertetem.



14. ábra

Függesztett mikrofon csatlakozási pontok a Zeneakadémia Nagytermében

A Zeneakadémia Nagytermében az ábrán látható módon helyezkednek el a mikrofon csatlakozási pontok, tehát elmondható, hogy a kórus és az alaprendszerek leszámításával az ún. zenekari függeszték 10 tagú. Ebből az első 6 alkotja a színpad frontján elhelyezkedő mikrofonfüggönnyt. A függöny igen rugalmasan alkalmazható, mivel 2 tagja a többtől síkban függetlenül pozícionálható, igény szerint más sorokba is áthelyezhető. Ezek az ún. segéd, vagy szólista mikrofonozására szolgáló függesztékek. A hangmérnököknek tehát 4-6 tagú mikrofonfüggöny használatára van lehetőségük.

Mi a szerepe a függöny egyes tagjainak? A két szélén elhelyezkedő mikrofon-pár, mely tulajdonképpen tekinthető egy nagy bázistávolságú AB párnak, alapvetően a zenekar szélességét határozza meg a hangképben, illetve a függöny többi tagjának vonalából a közönség felé kissé kiemelve az egyensúlyi felület felé elősegíti annak térbeli elhelyezését. Az említett kiemeléssel elérhető például a zenekar első sorának kis mértékű „domborítása”, azaz a hátsó pultok kissé távolabbi, zengőbb elhelyezése a hangképben. Mivel ezzel a két szélén elhelyezkedő páros jele több ellenfázisú komponenst tartalmaz, a sztereofónikus hatás szélesebbé, ezzel együtt levegősebbé válik. A két szélső mikrofontól beljebb haladva tulajdonképpen ismét egy AB párost láthatunk, azonban itt – természetesen – a bázis lényegesen kisebb, valamint az iránykeverés során már nem egyértelmű panorámázásról beszélünk (azaz az adott mikrofon jele mindkét oldal

információjának kialakításában részt vesz, koncepciótól függő mértékben). E két mikrofon jele (és felhasználása, azaz panorámázása) talán a legmeghatározóbb a helyes „közép” kialakítása során, mivel túl széles panorámázással elérhető, hogy a közép kilyukad, az első pultok vonásai túlzottan a szélekre kerülnek. Ezt az igen kellemetlen hatást kerülendő, alkalmazható páratlan tagszámú mikrofonfüggöny, így a középső mikrofon jele monoként keverhető a többiéhez, ezzel mono-kompatibilissá téve felvételünket, illetve definiálva a zenekari középirányt (hasonlóan a korábban említett M-S rendszer mono tagjához). Persze a függöny belső tagjainak helyes irányelhelyezése még így is rendkívül fontos, hiszen a mikrofonfüggöny tagjai együttesen alkotnak egy rendszert, az iránykeverés során ügyelni kell a fokozatos átmenetet biztosító panorámázásra. Szólnunk kell még az esetleges 6. tagról, az ún. segéd, vagy szólista függesztékről. Ennek jelentősége versenyművek felvétele során mutatkozik meg, vagy abban az esetben, amikor a rendezői elképzelések minél markánsabb, folyamatos szélességi kiterjedésű (azaz ne csak az első és utolsó pultok játékát közvetítsük) vonóhangzás elérését kívánják meg, leginkább a vezető szerepű első hegedűszólam esetében.

A mikrofonfüggöny kiemelkedő jelentőséggel bír a szimfonikus zenekari felvételek elkészítése során. Segítségével definiálható a zenekar szélessége, illetve a zenekari irányok. Egyes hangmérnöki elképzelések szerint a függöny széleit alkotó pár, vagy maga a teljes mikrofonfüggöny tekinthető valódi alaprendszernek. Ez utóbbi elképzelés elősegíti az eredeti hangeseménytől kissé (de nem túlzottan!) eltérő irányok definiálását (erre például egyes zenei rendezői koncepciók megvalósítása során van szükség, vagy ha az eredeti térben valamilyen akadályozó tényező – pl. oly gyakori helyszűke – miatt nincs lehetőség az ideális elhelyezésre). A mikrofonfüggönnyt szinte közvetlenül a zenekar előtt, tehát az egyensúlyi felülettől beljebb helyezik el, ezáltal karakteresebb, határozottabb iránylokalizációt tesz lehetővé; például kis hangintenzitású eseményeknél sem tapasztalható „úszkálás” az egész eseménytér leképzésének igénye miatt messzebb elhelyezett alaprendszerekhez képest, amelyek használata során – elsősorban a fúvós hangszerek esetében – az eredeti akusztikai térből érkező reflexiók hatására néhol tapasztalható ez a jelenség. A mikrofonfüggöny megfelelő (nem túl közeli) elhelyezésével, helyesen megválasztott iránykeveréssel globálisan átfogva zenekarunkat igen jó „zenekari alaphoz” jutunk. Az előbbi talán kissé furcsa megállapítás, hiszen ez a szisztéma sok apró holt terével, interferenciáival akusztikailag, technikailag

nem igazán mondható korrektnek, a gyakorlati alkalmazás során azonban mégis a leginkább hasznosítható kiindulópont.

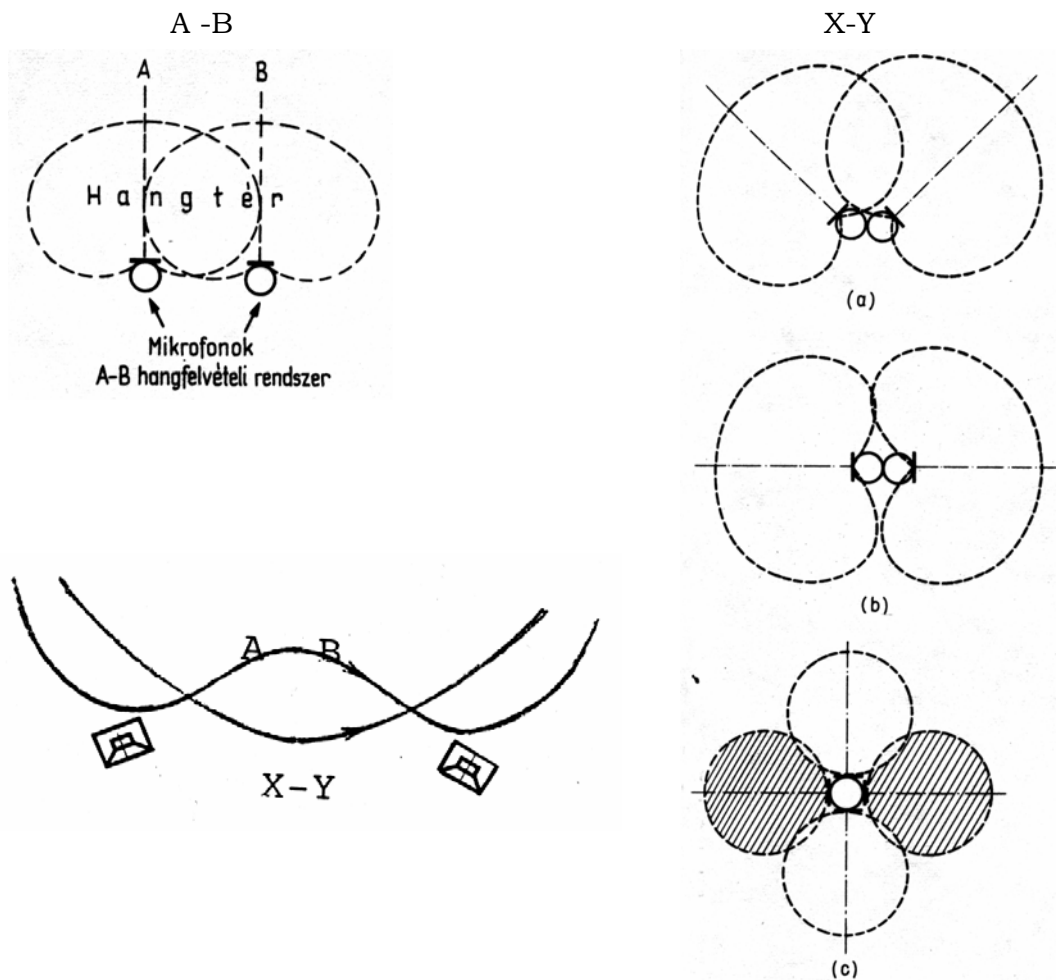
A zeneakadémiai mikrofonfüggeszték-rendszer második sora tulajdonképpen zenekari „belső” segédmikrofon-párnak tekinthető. Feladata a belső vonósszólamok (általában második hegedű, brácsa) leképezése, direkt hangjának közvetítése. Elhelyezkedése alapján tekinthető kisebb bázistávolságú AB rendszernek (amennyiben az első pultokra irányítjuk kb. 50-60 cm-es, ún. „klein” AB). A Zeneakadémián ugyan csak kéttagú a belső függeszték-sor, de azokban a hangversenytermekben, melyek geometriai méretei lehetővé és szükségessé teszik, igen gyakran találkozhatunk ún. belső mikrofon függönnyel, mely mindenképpen kisebb tagszámú, mint az első. A belső mikrofonfüggöny inkább a szólamok felett – és nem előttük – helyezkedik el.

A színpadon még beljebb tekintve láthatjuk a hátsó függeszték-párt, melynek feladata a fafűvős szólamok megfelelő definiálása, mind irányban, mind pedig hangszin tekintetében. Ezt elsősorban a mikrofonfüggönytől vett távolsága teszi szükségessé (sok esetben túlságosan széles fafűvős-kart kapnánk), illetve elősegíthetjük a megfelelő mélységérzet kialakulását a hangképben. Az előbbi megállapítás talán első pillantásra furcsának tűnhet, hiszen ezek a mikrofonok helyezkednek el a legközelebb a fafűvősökhöz. A korábbiak során azonban szóba került a mikrofonok irányérzékenységének hiányossága, mely szerint a főiránytól különböző irányból érkező hangok erős magasvesztéssel szenvednek, a főiránytól (on axis) való eltérés mértékétől függően. A mikrofonok ezen tulajdonsága esetünkben igen kellemesen hasznosítható, ugyanis mélységérzetünk kialakulásának az egyik oka – a futásidő- és intenzitás-különbségek mellett – a levegő diffúziója miatt bekövetkező csillapítás a magas frekvencia-tartományban. Ha tehát a fafűvősöknél elhelyezett mikrofonokat nem közvetlenül a hangszerre irányítjuk, hanem „felettük elnézve”, akkor a természetes magashang-eséshez közelítő eredményhez juthatunk. A futásidő-, valamint az intenzitás-különbségeket (az alapnak választott mikrofonokhoz képest) megfelelő késleltető és zengető algoritmusokkal érhetjük el. Ennek egyik módja, hogy a fűvősök vonalában, magasabban felettük két gömb karakterisztikájú mikrofont helyezünk el, mintegy természetesen zengetett „fűvős alapként”. Erre azonban csak a nagyobb mélységi kiterjedésű színpaddal rendelkező termek esetében

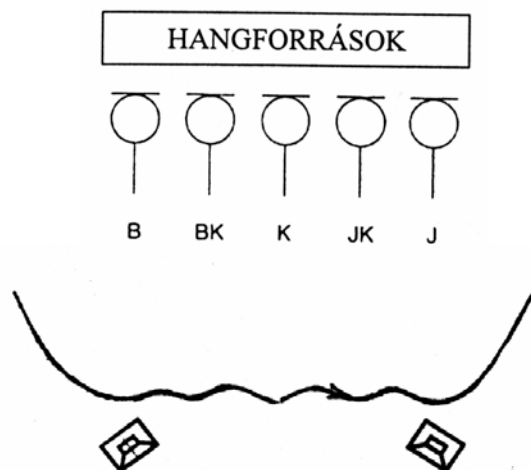
van mód. Kisebb termekben, vagy aránytalanul kis színpadi mélység esetében (mint pl. a Zeneakadémia Nagyterme) mesterséges zengetést alkalmazunk, zengető berendezések segítségével, melyekről a későbbiekben részletesen szó esik.

A teljesség kedvéért megemlítendő, hogy a nagyobb hangversenytermekben a zenekari függesztés rendszere kiegészül rézfúvósok, ütősök mikrofonozására alkalmas függesztékekkel. Ezekre – mint az előbbiekben említett belső és hátsó sorokra – az adott hangszercsoportok direkt hangjának közvetítése miatt, a helyes zenekari egyensúly megteremtése érdekében van szükség. A Zeneakadémián ez utóbbiak használata a rendkívül kis színpadi mélység jellegéből adódóan nem lehetséges, a rézfúvósok – elsősorban a nagy hangintenzitás miatt – a többi mikrofon jelében gyakran túlsúlyba is kerülnek. Ezért szükség esetén viszonylag közel elhelyezett spotmikrofonok használatával egészítik ki a függeszték-rendszert. (Pl. az üstdob esetében fontos a pregnáns ütőhang közvetítése érdekében, hiszen - mivel a többi mikrofon főirányából természetesen kiesik - szükséges a direkt magas hangok pótlása.)

Mint láthattuk, a szimfonikus felvételek esetében nem ritka az igen nagy számú mikrofon használata, általában sok esetben csak így teremthető meg a zeneileg, dramaturgiaiilag megkövetelt zenekari egyensúly, beleértve az egyes szólamok kellő definiálását. A nagy számú mikrofon alkalmazása azonban fázis-, illetve dinamikatorzulásokhoz vezethet, melyek esetenként hasznosíthatók, de többször kellemetlen hatásokat eredményezhetnek.



mikrofonfüggöny



15. ábra

Az AB, az XY és a mikrofonfüggöny rendszerek térleképezésének összehasonlítása (az XY rendszer bemutatásánál látható, hogy ez esetben az elrendezés lényege a mikrofonok egy pontban történő elhelyezése; az a)-c) változatok ezt különböző karakterisztikák esetében mutatják be: a)-b) két vese kar. mikrofon; c) két nyolcas kar. mikrofon – ún. Blumlein rendszer)

5. A természethű térmodellezés általános problémái

A korábbiakban megismerkedhettünk a hangfelvételi gyakorlatban leginkább használatos sztereó mikrofon rendszerekkel, azok néhány alkalmazásával. Gyakorlati jelentősége miatt megkülönböztetett figyelemmel kell(ett) lennünk az ún. multimikrofonozásra, mint a nagy számú sztereó rendszer, valamint néhány segéd-, vagy spotmikrofon elhelyezésének kombinatív keverésével megvalósuló hangfelvételi eljárásra. Több ízben szó esett arról, hogy mi indokolja a viszonylag nagy számú mikrofon használatát. A legfőbb érvekként a dramaturgiai, művészi elképzelések leginkább érvényesíthetősége, az eredeti (a legtöbb esetben az ideálistól igen távol álló) tér akusztikai hiányosságainak ellensúlyozására szolgáltak. Ám a rengeteg érv mellé természetesen ellenérv is társulnak; a hangkép a szükségszerűen közel(ebb)i mikrofonozás miatt túlzottan direktté válhat, megszűnik a mélységi kiterjedés, sok esetben „összeugrik” a sztereó bázis. A következőkben ezen hiányosságoknak kiküszöbölésére, illetve innovatív alkalmazására láthatunk példát egy konkrét hangfelvétel elkészítése kapcsán.

1999. novemberében került sor Karl Ditters von Dittersdorf *E-dúr nagybőgőversenyének* felvételére egy „külső helyszíni” munkánk során, a XIII. kerületi Zeneiskola Nagytermében. A versenymű egy zeneakadémiai hallgató diplomahangversenyén hangzott el. A hangversenyt csak egy rendkívül rövid, zenész zsargonnal élve „akusztikai” próba előzte meg, így nagyon kevés idő állt rendelkezésre az egyes beállítások ellenőrzésére. Mint – sajnálatos módon – mindinkább egyre több esetben, ekkor is „biztosra kellett menni”, azaz jó előre meg kellett határozni a mikrofonozás irányelveit, az alkalmazott mikrofonok típusát, karakterisztikáját, elhelyezését. Természetesen meg kellett ismerkedni a hangeseménynek helyet adó akusztikai térrel is, a zeneiskola hangversenytermének akusztikai sajátosságaival.

Munkatársaimmal kezdetekben fenntartással fogadtuk a helyszín megjelölését, mivel sajnos igen rossz tapasztalatokkal rendelkezünk a magyarországi alsó fokú (többnyire önkormányzati) zeneiskolák épületei, berendezési tárgyai, felszereltsége kapcsán. Kezdeti előítéleteinkkel szemben azonban kellemesen kellett csalódnunk; első benyomásra is egy kifejezetten kellemes légkörű, a vártnál sokkal nagyobb geometriai méretekkel rendelkező, nagyobb térfogatú terem fogadott a helyszínen. A helyiségnek már-már klasszikusnak mondható hangversenyterem-formája van, 10

m körüli belmagasságával, valamint az U alakban, mintegy karéj-szerűen elhelyezkedő erkély-elrendezésével. Akusztikai tulajdonságai közül a kellően diffúz kiképzést, valamint a megfelelő térfogatot emelném ki, bár az összbenyomásra rendkívül károsan hatnak a külső zajok beszűrődése (elsősorban a szomszédos utcában közlekedő trolibusz), valamint a helyenként zavaróan kis utózenngési idő.

A mikrofonozási struktúra kialakításakor egy Schoeps ORTF (MSTC 64g) mikrofon-párt tekintettünk alapnak, azaz a két mikrofon által kijelölt irányok mindenképpen meghatározták a később elhelyezett további mikrofonok, mikrofon-párok iránykeverésének lehetőségeit. A továbbiakban vonós szólamonként egy-egy nagymembrános, vese karakterisztikájú (Neumann TLM193) mikrofont, valamint egy Schoeps (CMC 6g + MK21) széles vese¹² karakterisztikájú mikrofont a fuvolák felett helyeztünk el. A szólista nagybőgő hangját egy régi, mára klasszikussá vált Neumann KM86i típusú mikrofon közvetítette, vese karakterisztikájú átalakítóként.

Bár – mint az előzőekben említettem – a terem méretei igen impozánsak, a zenekari apparátus térbeli kezelése ebben az esetben ismét problémát jelentett, mivel a létszámhoz képest igen kis méretű színpad állt rendelkezésre, és ez esetben is a mélységi kiterjedés hiánya okozta leginkább a fejtörést. A zenei rendezővel konzultálva pontosan ezen okok vezettek a nagyszámú mikrofon használatához, ami első hallásra talán meglepő lehet. Az alaprendszer – ez esetben az ORTF pár – által leképezett teret meghallgatva egy igen szellősnek mondható (a mikrofonok igen jól képezték le a terem előnyös akusztikai tulajdonságát, melyet elősegített a viszonylag magas elhelyezésük), ám mélységi kiterjedésben, valamint centrális lokalizációban (azaz a középirány definiálásában) igen komoly hiányosságok merültek fel. Megoldást jelenthetett volna a páros távolabbi elhelyezése, azonban kielégítő eredményre – elsősorban a mélységi kiterjedés tekintetében – még ez sem vezetett, bár a közepet sikerült pregnánsabban definiálni. Új elhelyezésünket a szomszédos utca folyamatosan beszűrődő zajai miatt kellett elvetnünk. Ezen a ponton joggal vethetjük fel: ha két mikrofon nem tud kellő mélységű teret leképezni, hogyan lehetséges ez több, ráadásul a hangforrásokhoz közvetlenebbül elhelyezett mikrofon használatával?

A kérdés megválaszolásához át kell gondolnunk, hogy melyek a felelős komponensei a mélységi térélmény kialakulásának. Ha egy hangeseményt távolról hallgatunk, legszembeötlőbb a hangok rendkívül kis intenzitása; azaz a távolabbról

¹² a széles vese karakterisztika átmenetet képez a nyomás és nyomás-gradiens érzékenységek között, melyet a nyomás érzékeny (gömb) és a nyomás gradiens (nyolcas) jellegek körülbelül 2/3- 1/3 arányú összegzésével kapunk

érkező hangok intenzitás-veszteséget szenvednek el, elsősorban a közvetítő közeg, a levegő csillapító hatása miatt. Ugyancsak a levegő diffúz csillapításából következik az is, hogy a távoli pontból érkező hangot fakóbbnak, színtelenebbnek érezzük, azaz a magas frekvenciás összetevők aránya csökken. Ha egy zárt akusztikai térben jól megfigyelünk egy távoli hanginformációt, a magas-veszteség mellett észrevehetjük, hogy feltűnően sok reflexió (azaz a zárt akusztikai közeget határoló felületekről visszavert) hangot hallunk az eredeti (direkt) hanghoz képest, azaz a direkt/reflexió arány a reflexiók javára billen, igen leegyszerűsítve visszhangos lesz.

A multi-, vagy sokmikrofonos hangfelvételek készítése során az előbbi hatásokat kell „szimulálnunk”, azaz azokat kellően modellezve tudunk megfelelő mélységi kiterjedést előállítani hangfelvételünkön. A hangmérnök számára több technikai lehetőség kínálkozik ezek megvalósítására: különböző zengető berendezésekkel – az eredeti eseménytér akusztikai paramétereire igazodva – reflexió hangokat keverünk felvételünkhöz, és/vagy a megpróbáljuk a levegő diffúz csillapítását modellezni.

A levegő diffúz csillapításának modellezése – bár első pillantásra egyszerűnek tűnhet – rendkívül összetett problémát jelent. A csillapítás eredménye – mint azt az előbbieknél láthattuk – igen jelentős magas frekvenciás veszteségben mutatkozik meg, mely megfelelő hangszín- korrekcióval, azaz megfelelő törésponti frekvenciájú és jóságú tényezőjű szűrők alkalmazásával – elméletileg – előállítható. A gyakorlatban azonban a szűrő áramkörök ezen felhasználása igen bonyolult, gyakran nemhogy a kívánt hatás nem érhető el sikeresen, de az igen nagy korrekciót tartalmazó csatorna jelében a hangszerek jellegtelenné, levegőtlené, élettelenné válnak. Ennek okai elsősorban a szűrőbeállítások nehéz „eltalálásában” keresendők, amelyek technikai korlátokkal is társulhatnak (például a hangfelvételi láncban alkalmazott keverőasztal equalizációs¹³ lehetőségei nem teszik lehetővé a paraméterek korrekt meghatározását, beállítását). Általános érvényű megállapítás, hogy bármilyen korrekciót végezni a hangfelvételi lánc bármely pontján, bármely elemnél csak rendkívül biztonságosan és tudatosan lehet, mivel az esetlegesen nem kellően átgondolt – azonban pillanatnyilag üdvöztetőnek tűnő – megoldások sokszor későbbi csalódásokhoz vezethetnek. (Az előbbi megállapításban rejlik a multimikrofonos hangfelvételek sokak által emlegetett paradoxonja is; minél több mikrofont alkalmazunk, a kellő zenei és esztétikai hatás elérése érdekében, annál

¹³ hangszín-szabályozás

több korrekcióra van szükség a keverési folyamat során, növelve az esztétikai, technikai megítélés bizonytalanságát).

A mélységi kiterjedés érzetének kialakulásakor nagy szerepet játszó magashang- (vagy felharmonikus) veszteség modellezhető a nyomás-gradiens mikrofonoknál ismertetett jellegzetes mikrofon-irányítottság kihasználásával. Mivel a mikrofonok – és gyakorlatilag még a nyomás-átalakítók is – csak a főirányban tekinthetők korrekt frekvencia-átvitelűnek, azaz a magasabb frekvenciás tartományban erősen irányítottá válnak, kézenfekvőnek mutatkozik a mikrofonon olyan elhelyezése, amely lehetővé teszi, hogy a leképezni kívánt szólam, hangszer direkt hangjai kiessenek a membrán főirányából, ezáltal mintegy „természetes” magas-veszteséget okozva. Ezen alkalmazás során a túlzottan fakóvá, élettelenné váló hangok problémája továbbra is fennáll, azonban korántsem olyan mértékben, mint a keverőasztali equalizációs beavatkozások esetében. Gyakorlati példánkhoz visszatérve a gordonverseny felvétele során a fuvolák felett elhelyezett széles vese karakterisztikájú mikrofon – túl a karakterisztikából fakadó levegős hangzáson – „irányítatlansága” hozta meg a kívánt eredményt. A megvalósítás során nagyon hasznos elemnek tűnt a színpad mögött elhelyezkedő függöny, melyre irányítva a mikrofont, további magas-veszteség vált elérhetővé.

A hangmérnökök másik eszközeként a zengető-berendezéseket említettük, melyeknek gyakorlati jelentősége nem csak a mélységi érzékelés kialakulásában, hanem a végső térleképezésben is jelentkezik. Napjainkban számos cég készít különféle algoritmusokkal operáló, így még különbözőbb karakterű berendezéseket, például a Yamaha, a Lexicon, a TC Electronics, hogy csak a legismertebbeket említsük. Mára ezek a berendezések jelfeldolgozásukat, szervezésüket, kezelésüket tekintve teljesen digitalizáltak. A bemenetekre kerülő analóg jelet mintavételezik, a mintavételezett jelből pedig különböző algoritmusok segítségével állítják elő a kívánt effektust (zengetés, első reflexiós hangok, modulációs effektusok, stb.), melyet később az eredeti jelhez hozzákevernek. (Természetesen a „digitális forradalom” előtt is léteztek zengető-berendezések, ezek elsősorban mechano-elektromos működésűek voltak, de nagy geometriai kiterjedésük, valamint áruk igen beszűkítette alkalmazásuk lehetőségeit.)

A mélységi kiterjedés előállításának problémájához visszatérve láthattuk, hogy a reflexiók, illetve a zengetés arányának megváltozása milyen hatással van a mélységi térélmény kialakulására. Ha tehát a színpadi ülésnek megfelelően az egyes mikrofonozási síkokat („frontokat”) más-más (szükségszerűen egyre növekvő)

arányban zengetjük, kialakíthatunk egy igen impozáns színpadi kiterjedést is. Így egyre növekvő direkt/reflexiós arány érhető el az első hegedű - cselló; második hegedű - brácsa; fafúvósok; rézfúvósok (függőleges) síkokat figyelembe véve.

A mélységérzet kialakulásakor nem kifejezetten a zengő hangoké a főszerep; a reflexiós (különösen az első reflexiós) effektusok befolyásolják leginkább a mélységi térélmény kialakulását. Ezek mesterséges létrehozása azonban rendkívül nagy odafigyelést, jól felépített algoritmus előállítását követeli meg a felvételt készítőtől és a berendezés-gyártótól egyaránt.

Az első reflexiós hangok előállításához hasonlítható a különböző késleltető-elemek használata a hangfelvételi láncban, melyek újabb lehetőséget kínálnak. A megfelelő jelkésleltetések kiszámítása, alkalmazása sokkal könnyebb feladatot jelenthet, mint egy zengető algoritmus beállítása, illetve felépítése, azonban a kívánt hatást a módszer kizárólagos alkalmazásával a lehető legritkább esetben érhetjük el. A valóságostól gyökeresen, nagyságrendekkel eltérő késleltetések alkalmazása kellemetlen, zavaró lehet (a késleltetett jel „elválik” a hangkép többi elemétől), kis mértékű késleltetés azonban nem feltétlenül hozza meg a kívánt eredményt, ezért nem elegendő. Az emberi (ének)hang leképezésekor alkalmazott késleltetés a sziszegő, azaz a magasabb tónusú hangokat irreálisan erősítheti, természetesen ez az effektus zavaró lehet egyes hangszerek, például a cintányér, pergődob esetében is.

Az előbbi problémára megoldást jelent a késleltetett jel (akár csak késleltetett, akár reflexiós) „burkolása” valamilyen nagyobb közepes utózungési idejű zengetéssel. Ennek módjával, a zengető, késleltető algoritmusok további szerepével, a zengető berendezések felépítésével foglalkozom a jegyzet következő fejezetében.

6. Digitális zengető (effekt) berendezések és alkalmazásuk

A sztereó mikrofon rendszerek bemutatása során első pillantásra talán kitérőnek tűnhet az ún. effekt-, valamint jelprocesszáló berendezések említése. A gyakorlati alkalmazások során azonban igen nagy jelentősége van ezeknek a berendezéseknek; általános érvényű megállapításként elfogadhatjuk, hogy a hangfelvétel során alkalmazott mikrofonok számával egyre növekvő mértékben.

A közelmúltban kezembe került a Chesky Records kiadó egyik compact lemeze, mely Csajkovszkij *Patetikus szimfóniája* és az 1812-es orosz hadi sikerek tiszteletére komponált nyitány mellett Smetana Szülőföldjének egyik darabja, a *Moldva* hangfelvételét tartalmazza. Azt hiszem, hogy minden hangfelvétel készítő bizonyos szempontból referenciaként tekinthet e felvételekre. A Chesky munkatársai 1959 és 1960 között rögzítették a lemez teljes anyagát. A lemez végighallgatása után éppen e tény felismerése okozza a legnagyobb meglepetést. Amikor ezek a felvételek készültek, a sztereó hangfelvételek kísérletei még javában folytak! A hallgatónak – más, korabeli felvételekkel egybevetve – meglepő térélményben lehet része, a produkció – még mai füllel hallgatva is – vitathatatlanul magas technikai-művészi színvonalat képvisel.

Az előbbieken magasztalt lemez hallgatása során óhatatlanul eszembe jutott a hangmérnöki gyakorlat talán legnehezebb fázisa; a minden dimenziójában valóságos, vagy igen hihetően koreografált tér leképezése a lehallgatás során, lehetőleg – ésszerű korlátok figyelembe vételével - a lehallgató tér (és rendszer) fizikai paraméterei által a legkevésbé befolyásolt módon. Ez utóbbi természetszerűen elsősorban a produkciós menedzserek elvárása, azonban némiképpen utánagondolva teljesen kézenfekvő törekvés, hogy a lehető legtöbb hangrendszeren (legyen szó a konyhai kisorádiótól kezdve a milliós high-end eszközparkig bezárólag bármiről) kimagasló élményt nyújtson a felvétel hallgatása; tehát az esetleges művészi elképzelések mindenhol átérezhetőek, felismerhetőek legyenek. Visszatérve az említett felvételekre a legmeglepőbb a kialakuló térélmény részletgazdagsága, természetessége. Meglepő azért, mert hallhatóan sok-, azaz multimikrofonos

felvételtől van szó (minden hangszercsoport jól lokalizálhatóan, konkrétan szólal meg, többek között ennek köszönhető a részletgazdag összbenyomás). A fafúvósok közvetlen közelében elhelyezett mikrofonok számottevő alkalmazása (melyről az ún. klapni- (billentyű) zajok intenzitása árulkodik) ellenére valós, szép mélységi kiterjedésű ültetést képzelhetünk magunk elé. A kialakuló hangkép összességében természetesen zengőnek hat, megfelelő utözengési idővel (mára a közönségnek az utözengési időről kialakult elvárásai növekvő irányban módosultak, ezért egy kicsit „zengőbb” tér elképzelhető lenne). De hogyan, milyen eszközök használatával sikerült a produkció hangmérnökének, K. E. Wilkinson úrnak az előbbi hatást elérnie?

Egy hangfelvétel-készítéssel foglalkozó számára a felvétel azért mondható mindenképpen bravúrosnak, mert a készítés időpontjában a hangmérnöknek csak analóg eszközök álltak rendelkezésére. Mivel az említett felvétel egyértelműen több mélységi síkban elhelyezkedő mikrofonrendszer alkalmazásával készült, elengedhetetlen volt valamilyen mesterséges késleltetés, illetve zengetés alkalmazása. A 60-as évek derekán – a teljesen analóg megvalósításból következően – hatalmas fizikai méretekkel rendelkező berendezések voltak csak elérhetőek. A mesterséges zengetés egyik kézenfekvő megoldásaként a következő elrendezés mutatkozott: a zengetni kívánt jelet egy hangszórón kisugározták egy megfelelő paraméterekkel rendelkező zengő térbe, majd egy mikrofonnal az előbbi gerjesztés hatására keletkező hangokat felfogták, így alakult ki a minden zengető ősének mondható zengető-terem, vagy szoba. Nyilvánvaló, hogy ez a megoldás igen költséges, és a felhasználás szempontjából teljesen rugalmatlan (a zengetési paramétereket gyakorlatilag a zengető terem adottságai határozták meg, „operálni” csak a mikrofon és a hangszóró elhelyezésével, valamint a zengetett és az eredeti („száraz”) jel arányának beállításával lehetett. Komoly problémát jelentett még a zengető-terem kialakítása is, mivel igen gondos akusztikai tervezést igényelt, ezáltal kivitelezése jelentős költségeket jelentett. Az előbbieket drága, valamint igen nehézkes alkalmazása miatt viszonylag gyorsan kialakultak az ún. lemezes zengető berendezések. Ezek működési elve – leegyszerűsítve – a következő: a zengetni kívánt jelet mechanikus rezgéssé alakítják, majd egy lemezzugókból álló mechanikai rendszert rezgésbe hoznak, és egy mechano-elektromos átalakító segítségével a lemezzugók rezgését (a rezgés lecsengését is) visszaalakítják hangfrekvenciás jellé. A lemezzugók úgy vannak méretezve, illetve összekapcsolva, hogy a gerjesztés hatására egy zengő tér modellezhető,

mivel a lemezugók mozgásának folyamata (elsősorban a mozgás lecsengése) analóg lehet egy zengő térben adott gerjesztésre kialakuló válasszal. A zengetés paraméterei a zengető teremmel szemben rugalmasabban változtathatók, mivel az egyes lemezek adott esetben a rendszerből kiköthetők, illetve ha a lemezek (lemez-rendszerek) több pontján helyezünk el hangfrekvenciás átalakítókat, a felfogott jelek kombinatív alkalmazásával lehetővé válik a zengetés paramétereinek kreatív beállítása. (Természetesen az előbbieken túlmenően a mélységérzet kialakítása során Wilkinsonnak már a 60-as évek elején lehetősége nyílt a futásidő-különbségek modellezésére a távolabb elhelyezett mikrofonok jelének késleltetésével.)

A mélységi kiterjedés-, illetve az akusztikai terek modellezésében igazi áttörést a digitális jelfeldolgozó eszközök megjelenése jelentett. Mint ismeretes, egyetlen, adott digitális jelfeldolgozó eszköz segítségével gyakorlatilag szoftveres úton megvalósítható több processzus végrehajtása, így lehetővé válik (jelentősen kisebb készülékmeretek mellett!) egyetlen berendezés univerzális használata oly módon, hogy a processzus szinte valamennyi (az analóg feldolgozásnál lényegesen több) paraméterébe (ezáltal folyamatába) beavatkozási lehetőségünk van. De hogyan működnek a digitális térmodellezésre szolgáló berendezések, melyeket a stúdiótechnikai gyakorlatban effekt-, vagy zengető- berendezéseknek hívunk?

A térmodellezés digitális eszközeit alapvetően két csoportra oszthatjuk; az egyik az ún. zengetők csoportja, melyek segítségével csak zengetni lehet, azaz a zenészek leginkább ezt „visszhangosítónak” hívhatják. A másik csoport az ún. multieffekteké, melyek a digitális technika minden lehetőségét maximálisan kihasználva az általános zengetési feladatokon túlmenően számos ún. effekt- (hatás-) beállítást tesznek lehetővé (pl. modulációk, hangmagasság-változtatás, – sztereó üzemmódban – átmenet a bal-, és jobboldali csatornák között az előbbiekkal kombinálva, angol elnevezésekkel élve: modulation, pitch shifter, flanger, stb.). Nyilvánvaló, hogy az akusztikus zenei felvételek esetén nem használhatók ki egy multieffekt-berendezés szolgáltatásai, ezért a továbbiakban a digitális zengetők szemszögéből tekintjük át a XXI. sz. térmodellezést szolgáló effekt-berendezéseinek működési elvét, filozófiáját.

Egy digitális zengető berendezés gyakorlatilag teljesen ugyanazt a célt szolgálja, mint analóg elődei; egy – általában valós, vagy hihetően koreografált,

természetesnek ható – akusztikai tér leképezése a bemenetre kerülő ún. dry („száraz”) jel processzálásával, illetve a processzált, és az eredeti jel kombinatív keverésével. A zengető „lelke” az az integrált áramköri elem, amely a processzus ún. algoritmusát tartalmazza. Azonos áramköri felépítésű, azonban különböző algoritmust alkalmazó zengetők gyökeresen eltérhetnek egymástól, még akkor is, ha a kezelőszerveken beállított paraméterek értéke teljesen megegyezik. Az algoritmus nem más, mint egy tisztán matematikailag leírt művelet sor, amelyet a zengető-processzor a száraz jelre elvégez, és az eredmény a zengő, visszhangos (az angol wet szóból eredően használatos még a nedves szó is) jel. A konstrukciós munkák során a tervező-gyártó legnagyobb feladata tehát egy olyan algoritmus – esetleg algoritmusok – megalkotása, mely a legtermészetesebben, minél kevesebb tranziens összetevő hozzáadásával képes a megadott térszimulációs feladatot elvégezni. Általánosan kijelenthetjük tehát, hogy az egyes zengető berendezések minősége nagymértékben függ az alkalmazott algoritmustól.

Mivel az alkalmazott algoritmus a berendezés „lelke”, ezért a gyártók többnyire hétepcsés titokként kezelik azokat. Az algoritmus típusa alapján azonban minden esetben körülírható, ezáltal valamelyest követhető a zengetés művelete. A felhasználó szempontjából alapvetően kétféle típust különböztethetünk meg; az ún. fizikai paraméterekkel, időadatokkal operáló, vagy a virtuális paraméterekkel dolgozó algoritmust, esetleg ezek valamilyen keverékét. A fizikai paraméterezésű zengető kezelőszervei segítségével valós, könnyen megérthető, általában időadatokkal egzaktul definiálható adatokat vár el a felhasználótól a megfelelő beállításhoz. Ezek lehetnek például: közepes utózungési idő, diffuzitás százalékos értéke, az első visszavert jel késése a száraz (gerjesztő) jelhez képest, első reflexiók száma, első reflexió/zengés aránya, első reflexió ideje balról, jobbról, stb. Mivel egy digitális zengető algoritmus működése a paraméterezhetőség ismeretében nagyjából meghatározható, egyértelmű, hogy az előbbi zengető-típus a jel különböző arányú késleltetésével, a késleltetett komponensek és a gerjesztő jel kombinatív keverésével, esetleg frekvenciafüggő különbség-, összegképzéssel operál. A másik alapvető zengető-típus az ún. virtuális paraméterezésű berendezés. Ebben az esetben a hangmérnök számára fizikailag nehezen megfogható, egzakt módon nem mérhető beállításokra van lehetőség. Ilyen paraméter lehet pl. a terem fajtája, a terem mérete méterben megadva, moduláció 1-10 között, világos-sötét hangtónus, energiadúság 1-10-ig, stb.

Ezek a zengető berendezések a felhasználó számára általában kevesebb beállítási szabadságot kínálnak. A harmadik típusú készülék a két alaptípus valamilyen ötvözte, azaz felkínál fizikai-, valamint virtuális paramétereket egyaránt.

Természetesen az egyes paraméterek minden esetben elmenthetőek, és egy későbbi munkafolyamat során előhívhatók. Ma már minden digitális berendezés rendelkezik ún. gyári presetekkel, azaz beállításokkal, melyeket a gyártó a berendezés memóriájába „égetett”, és ajánlja őket különböző alkalmazásokhoz. A mindennapos gyakorlatban általában ezekből a beállításokból érdemes kiindulni, mivel tartalmazhatnak olyan, a felhasználó számára rejtett paramétereket, melyet a gyártó célirányosan az adott felhasználásra fejlesztett ki. Ezek a presetek tehát rejthetnek némi eltérést az alap-algoritmustól, melyből készülékenként és gyártónként változóan 1-10 áll rendelkezésre. A beállításával felkínált paraméterek megadásával a hangmérnöknek lehetősége nyílik az algoritmust „konkrét feladatra szabni”.

Bizonyára sokan nem is gondolnák, hogy az egyes zengető algoritmusok használatát jelentősen befolyásolhatja/befolyásolja az eredeti hangesemény helyszíne, akusztikai adottságai. Kézenfekvő, hogy adott algoritmust teljes körűen „tesztelni”, illetve megismerni csak egy teljesen reflexiómentes, akusztikai szempontból „süket” helyiségben, térben rögzített hangeseménnyel lehet. (Egy angolszász fizikus találó megjegyzését olvashattam egy egyetemi jegyzetben: akusztikailag süketnek nevezhetünk egy adott teret, ha „egyetlen értékelhető akusztikai paramétere az, hogy nincsen értékelhető akusztikai paramétere, hiszen minden mérési sorozat végeredménye divergenciára utal (...).” A süket tér legegyszerűbb példája lehet egy igen nagy kiterjedésű mező, melynek közepén helyezkedünk el.) Az előbbieket alapján érzékelhető, hogy adott zengetés alkalmazásakor komolyan figyelembe kell venni az eredeti tér adottságait. A hangmérnökök a legtöbb esetben tehát az eredeti és a – mondhatni – virtuális akusztikai tér valamilyen kombinatív alkalmazásával, keverésével alakítják ki a felvételen hallható teret.

Azt, hogy milyen arányú az előbb említett „keverés”, azaz, hogy milyen arányban hagyatkozhatunk az eredeti, a zengető berendezésünk szolgáltatásaira, elsősorban az eredeti tér fizikai és akusztikai adottságai, illetve a zenei, dramaturgiai elképzelések határozzák meg. Számos esetben egyszerű műszaki, technikai okokra vezethető vissza a mesterséges zengetés

nagyobb arányú használata, ilyen ok lehet például a multimikrofonos rendszer használata, vagy a rossz helyszínválasztás. (Például ha Bruckner vagy Mahler valamelyik szimfóniáját szeretnénk rögzíteni egy kifejezetten nem zenei célú helyiségben, mondjuk egy művelődési házban. Sajnos igen gyakori példa ez utóbbi, melynek oka elsősorban a hazai, kifejezetten akusztikus (nem feltétlenül szimfonikus!) zenei célú terem kis számából következik. Más esetekben viszont sokszor találkozhatunk kifejezetten zenei célból (át)épített helyiségekkel, melyek hátrányos tulajdonságai az építész és az akusztikus nem megfelelő együttműködésének eredményeképpen alakulhattak ki.)

A virtuális térleképezés algoritmusai rendeltetésüket, illetve alapvető filozófiájukat tekintve többféleképpen osztályozhatók. Az egyik csoportosítási lehetőséggel már a korábbiakban találkozhattunk. Azonban egy másik csoportosítási lehetőség is adódik, ugyancsak az alapvető működés vizsgálatának szintjén. E szerint az egyik csoport tisztán matematikai eljárásokat, metódusokat tartalmaz, és ezeket vagy önmagukban, vagy pedig valamilyen kombinációjukkal alkalmazva végzi el a felhasználó által meghatározott jelprocesszust. A másik típus valóságos akusztikai terekből mintavételezett jeleket használ fel a kívánt zengetés eléréséhez. Természetesen a fejlesztés és gyártástechnológiai szempontból rövidtávon az első verzió lényegesen kifizetődőbb, így nem meglepő, hogy a legtöbb berendezés tisztán matematikai műveleteket végez feladata végrehajtásakor. Az így kialakuló térérzetünk valóban virtuális, a lehetőségeknek csak fantáziánk szab határt. Általánosságban azonban elmondható, hogy ezekben az esetekben a legnehezebb hihetően valósághű eredményt elérnünk; optimális beállítás az esetek többségében egyáltalán nem, vagy csak a nagy mennyiségben felkínált paraméterezhetőséget tudatosan, teljes mértékben kihasználva lehetséges. Egy magasabb minőségi szintet jelentenek a tényleges méréseken, kísérleteken alapuló eljárások. Még ezekben az esetekben is tisztán matematikai műveletekről beszélhetünk, azonban az algoritmust úgy optimalizálják, hogy a valóságos eredmények átlagának mindinkább megfeleljen. (Ezek a berendezések tartalmazták először a – korábbiakban már említett – virtuális paraméterezhetőséget.)

A hangfelvétel-készítés mindennapos gyakorlatában természetesen minden típusnak megvan a megfelelő alkalmazási területe. Ezek bemutatásához azonban ismernünk kell azokat a kihívásokat, feladatokat, melyek megoldását

berendezéseinktől elvárjuk. Az egyik alapvető feladat törvényszerű; az eredeti eseménytér akusztikai sajátosságainak kiegészítése, esetleges „elnyomása” (természetesen ez utóbbi igen szélsőséges esetben). A másik feladatcsoport kiegészítésként párosul(hat) az előzőhöz: a felvételi eljárás, a mikrofonozási technika fizikai hiányosságainak kiküszöbölése. (Gondoljunk a dramaturgiai-esztétikai szempontból indokolt, közeli elhelyezésű spotmikrofonok jelének „térbe illesztésére”!) Természetesen előfordulhat az is, hogy koncepcionálisan szeretnénk a hangesemény egy, vagy esetleg több résztvevőjét valamelyest kiemelni a térből, esetleg másik dimenzióba helyezni. Ez utóbbi cél megvalósításával leggyakrabban a versenyművek, illetve az énekes szólót tartalmazó nagyzenekari művek felvételének elemzésekor találkozhatunk. (Számptalan – egyébként koncepcionálisan – felvétel-technikailag nagyon jól kivitelezett mű esetében érezhetjük, hogy a szólista mintegy előrelép a kísérő zenekarhoz képest.)

Elsődleges alkalmazási célként tehát az eredeti eseménytér akusztikai adottságainak kiegészítését jelöltük meg. E kiegészítés többnyire az utózenegési idő, illetve a tér diffúzitásának növelését, zengőbb leképezésének elősegítését jelenti. E célra egy igen jó minőségű, sztereó jelfeldolgozású (azaz az algoritmus megkülönböztetetten kezeli a két oldalinformációt), viszonylag nagy utózenegési idejű (reverb time) algoritmust tartalmazó berendezést alkalmazhatunk a gyakorlatban. Fontos a magas minőségi igény, mert az effekt esetleges elkülönülése, „leválása” az eredeti jeltől gyakran kiábrándítóbb, mintha az eredeti teret érintetlenül hagytuk volna.

Az előbbi, a szakzsargonban „hosszú”, vagy „main” zengetőnek nevezett berendezések más és más filozófiájú algoritmust alkalmazhatnak. A már megismert félig formális matematikai processzust végrehajtó programok több térleképezési eljárást kínálnak fel, melyek között megtalálhatjuk a 60-as, 70-es évek hangzáskultúráját preferáló, vagy csupán nosztalgiázni vágyó szakemberek által igen kedvelt ún. plate-effekteket, melyek a régi lemezes zengetők hangzását hivatottak modellezni. (Számptalan szakember egyöntetű véleménye, hogy e két évtized hangfelvételeinek jellegzetes és már-már legendás hangzását a csöves eszközök és a lemezes zengetők adottságai határozták meg.) Érdemes itt megemlíteni a valós, mintavételezett jeleket alkalmazó berendezések csoportját. Egy rendkívül újszerűnek mondható elképzelésről beszélhetünk; a világ számos nagy hangversenytermében

rögzítették a terem impulzusválaszait, és megfelelő algoritmus hozzáadásával képezték le újra annak terét – immár a berendezés segítségével. Így mondjuk Békéscsabán készíthetünk garantáltan Concertgebouw, vagy Musikvereinsaal „hangzású” felvételt. A technológia egyetlen szépséghibája az ára mellett az, hogy az effekt egyáltalán nem, vagy kevéssé paraméterezhető. A fő-, vagy hosszú zengetés feladatát ellátó berendezésnek természetesen kevesebb paramétert kell felkínálnia a felhasználónak, tulajdonképpen elegendők a nagyobb számú gyári programbeállítások („presetek”), kisebb fizikai tartalmú, vagy virtuális paraméterezhetőséggel. Alapvető paraméter azonban az utózengési idő, vagy teremméret, a belső késleltetés, a magas és a mély arány.

A hangfelvételi láncban elsősorban a segéd-, vagy rövid zengetőnek nevezett berendezések látják el a mélységi kiterjedés modellezésének feladatát. Ezek beállításának jellemzői a kisebb utózengési idő (ezáltal mintegy „kupolát” alkothatunk pl. a fafűvós hangszerek felett), az első reflexió javára billenő ER/REV arány, esetleg a kisebb diffuzitás érték. A rövidebb utózengési idő alkalmazása a késleltetéshez hasonló hatást eredményez, megfelelő alkalmazásával jelentős termélységet modellezhetünk.

A jelkésleltetés, a rövidebb zengetés alkalmazása elsősorban az impulzusszerű gerjesztésekre adott válaszok tekintetében igen furcsa, kellemetlen eredményre vezethet; a gerjesztésről a válasz jól elkülöníthetően leválik, majd hirtelen, gyakorlatilag lecsengés nélkül eltűnik. E problémát orvosolandó, valamint a multimikrofonos rendszer használatával együtt járó kellemetlenségek miatt szokásos eljárás a hosszú zengetés nagyobb arányú használata, mintegy „burkolva” az előbbieket (ti. szólamon belüli ritmikai pontatlanságok kellemetlen hangsúlyozódása – pl. az első hegedűszólam első és utolsó játékos közötti távolságból következően).