

Lehallgatási környezetek: stúdióktól az otthonokig

1. Bevezetés

Az akusztikai minőség fogalma annak ellenére gyakorlatilag ismeretlen a kiszolgált közönség számára, hogy mérnöki értelemben egyre pontosabb, torzítatlanabb, nagyobb sávzélességű reprodukcióra képes a felvételi, az átviteli és lejátszó rendszer egyaránt. A problémák leginkább csak akkor derülnek ki, amikor a probléma szembetűnő és már nincs korrekciós lehetőség.

Ugyanakkor, ha az alkotók szempontjait vizsgáljuk, bizony fontos, hogy a műélvezőhöz pontosan a tervezett üzenet és hatás jusson el. Ne több, ne kevesebb. Mérnökként ez a cél, amikor a rendszertechnikát tervezzük, és

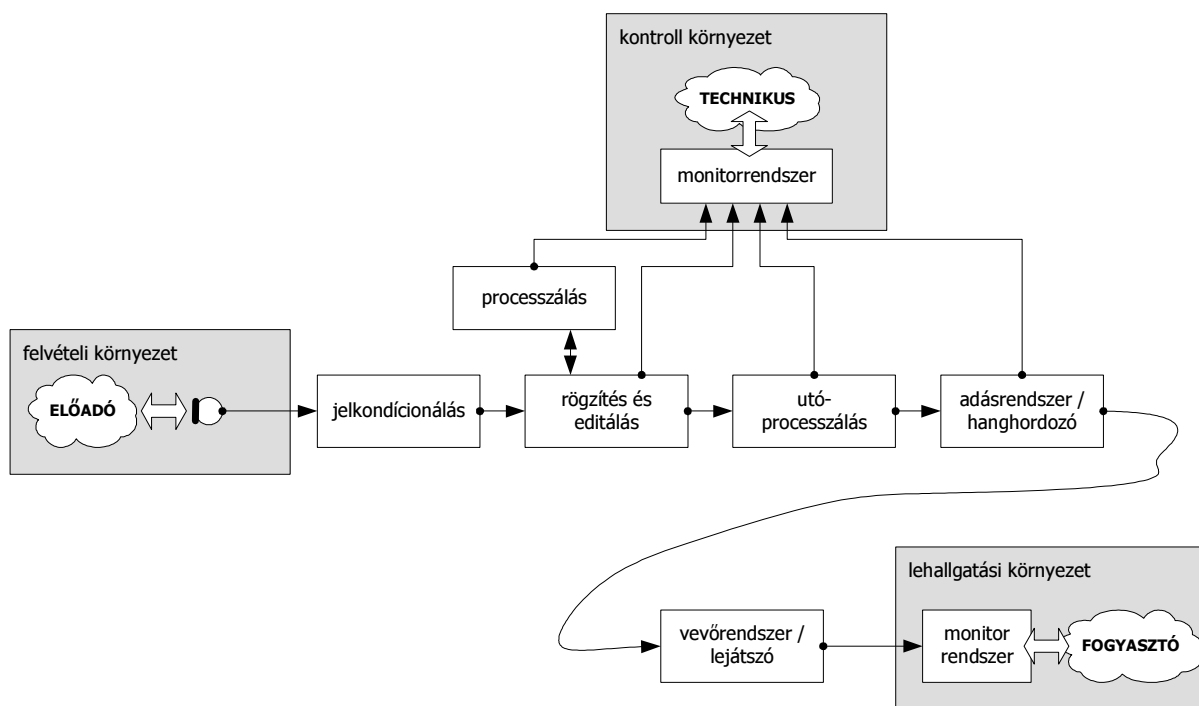
ugyanazt a célt kell követni az akusztikai környezetek tervezésénél is.

A cikk az akusztika rendszertechnikai szerepéből kiindulva vizsgálja a felvételi és a lehallgatási környezeteket a tartalom születésétől kezdve.

2. Akusztika a rendszertechnikában

Híradástechnikai értelemben az akusztika csak két ponton kapcsolódik közvetlenül a hanglánc vonalába, pedig a stúdiók kontroll-környezetének akusztikája a hangtechnikus visszacsatolásán keresztül szintén fontos szereppel bír. Az akusztikai környezet csak a fejhallgatós visszahallgatásnál és lehallgatásnál nem számít, de ez speciális esetnek számít.

Ezt az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Az akusztikai környezet szerepe a hangláncban

3. Referenciák, követelmények a felvételi és a kontroll környezetben

A művészi és alkotói szándékok lehetetlenné teszik a műsoranyagok egzakt műszaki minősítését, mivel az alkotói szándék egyaránt lehet a tökéletes élethűségre való törekvés és a tudatos torzítás is. A technikus szerepköre tehát azért is nehéz, mert miközben törekedni kell a művészi értékek érvényesülésére, a technikai lehetőségek és korlátok figyelembe vételével kell élvezhető műsoranyagot produkálni.

A kérdés jogos: mit lehet referenciaként felhasználni a minőség megítélésénél? A válasz egyszerű, mert hasonlóan a hanglánc egyéb elemeihez, az akusztikai közeget is egy minél kisebb torzítást képviselő referenciához kell igazítani. Erre szolgálnak az akusztikai környezettel is foglalkozó ajánlások és szabványok. A sok kérdőjel oka talán még is az lehet, hogy az ezekben az ajánlásokban és szabványokban használt akusztikus paraméterek még annyira sem pontosak a

minőség leírásában, mint az elektromos paraméterek esetében.

Alapvetően kétféle paraméter kerül szóba, ha az akusztikai környezet műszaki értékelése a kérdés:

- háttérzaj,
- utózungési (vagy lecsengési) idő.

3.1. Háttérzaj

Az alapzajt minden esetben üzemi körülmények között (működő gépészeti berendezések és berendezett állapot), de bent tartózkodó személyzet vagy hallgatóság nélkül kell érteni. Az alkalmazott mérték az ügyfél vagy a tervező ízlése, esetleg a hivatkozott szabvány megszokásától (nemzetiségétől) függően változhat:

- összegzett, súlyozott hangnyomásszintek (pl. $dB_{SPL,A}$),
- spektrális maximálisan megengedett tolerancianorma (NC, NR, RC, PNC, stb.).

Nem egyértelmű, hogy az összegzett (tehát spektrális tartalmat nem jellemző) vagy spektrálisan értékelt (tehát az összes zajenergiát nem jellemző) mérték használata jobb. Valamivel bonyolultabb számításokkal lehet az összegzett és a spektrális tartalmat is jellemző mértékekhez jutni (pl. L_{AM}).

Általában az értékelést a vizsgált helyiség több pontján vett eredmények térbeli átlaga és hosszúidejű mérés időbeli átlaga alapján végzik. Ez önmagában nagyon megengedő lehet, ha a helyiség nagyon nagy vagy a környezeti zaj rövid idejű zavarok lehetőségét is rejti magában. Ezért a tervező vagy a szabvány a helyfüggőségre és az időbeli zavarok statisztikai jellemzőire is tehet kitélt.

A felvételi környezetre jellemző zajkövetelmények a $20...30 dB_{SPL@1kHz}$ -re illeszkedő normákat, illetve kb. 5 db-vel nagyobb súlyozott összeghatárokat jelentenek. Lehallgatási környezetre ez engedékenyebb $5...10 dB$ -vel. Mit jelent ez a gyakorlatban?

A professzionális felvételi mikrofonok ekvivalens saját zaja tipikusan $20 dB_{SPL,A}$ fölötti, az átalakító (kapszula) zajspektruma kisfrekvenciák felé, az erősítő zajspektruma a nagyobb frekvenciák felé emelkedik. A mikrofonok saját zajának spektruma szempontjából tehát a spektrális normák túl szigorúak, illetve igen nehezen ellenőrizhető¹. A

¹ A valós jellemzéshez gömbi iránykarakterisztikájú, azaz kismembrános mikrofonok szükségesek, amikre a $20 dB_{SPL,A}$ saját zaj jellemző. Kisebb saját zajt csak

gyakorlatban ennek ellenére mégis hasznos a szigorú zajkövetelmények betartása, mivel a produkció rendszerint több „zajforrás” egyidejű bekapcsolásával jár.

A megvalósíthatóság nagyban függ az épület szerkezeti és környezeti feltételeitől, de a korszerű technológiákkal a szükséges zaj- és rezgésvédelem akár nagyon előnytelen környezeti feltételek esetén is biztosítható. Rendszerint a szellőző- és klímatechnika, az elektromos falátörések és a nyílászárók hibás kivitelezése okoz problémát.

3.2. Utózungési vagy lecsengési idő

A zárt vagy félig nyitott terekben a határoló felületekről a visszaverődések miatt bentmaradó energia időben elnyúlva cseng le. A lecsengés meredekségét a frekvencia függvényében lényegében a felületek elnyelő képessége és átlagos távolsága határozza meg. Definíció szerint a hangforrás kikapcsolásának pillanatától számítva az energiaszint $60 dB$ -s csökkenéséig eltelt időt lecsengési időnek nevezzük. Ha a lecsengés diffúz (azaz „zajszerű”), utózungésről beszélünk.

Nagyon leegyszerűsítve az egymás utáni visszaverődések egy visszacsatolt késleltető vonalat alkotnak, azaz IIR szűrőnek felelnek meg, jellegzetes impulzusválasszal és frekvencia-átvitellel. Mivel az irányfüggőséget sem szabad figyelmen kívül hagyni, a teremátvitel inkább egy több bemenettel és több kimenettel rendelkező lineáris rendszerrel modellezhető.

A vonatkozó ajánlások és szabványok nem meglepő módon lehetőség szerint a frekvenciától független lecsengési időt kívánják. A fizikai korlátok miatt viszont a tolerancia megengedőbb kisfrekvencián a hosszabb lecsengés, nagyfrekvencián pedig a rövidebb lecsengés irányába.

Sajnos az utózungési idő igen keveset mond az akusztikai környezet minőségéről. Egyszerű hasonlattal élve olyan, mintha egy könyv tartalmát a könyv hosszával akarnánk minősíteni. Az impulzusválasz a hangforrás jelével időben konvolválva és időtartományban önmagában is vizsgálva lényegesen összetettebb, amit csak több paraméterrel együttesen lehetne csak megpróbálni jellemezni.

A vonatkozó szabványok és ajánlások téglatest alakú kisméretű helyiségek esetében a helyiség

nagyobb membránnal lehet mérni, ezek azonban irányított és dinamikában illetve spektrálisan korlátozott mikrofonok. A gyakorlatban az NR25, illetve a $25dB_{SPL,A}$ szinteknél kisebb zajt csak speciális eszközökkel lehet reprezentatív módon mérni.

befoglaló méreteinek arányát is szabályozzák, mivel bizonyos frekvenciahatár alatt a gerjesztések hatására a helyiség modális viselkedése válik hangsúlyossá. A javasolt arányok vagy arány-tartományok elvileg előnyösebb, frekvenciatartományban és térben egyenletesebben eloszló sajátfrekvenciákat valamint módusalakokat eredményeznek. Az arányok csak jó iránymutatást adnak, garanciát nem.

A fentiek ellenére a tapasztalt akusztikai tervező megfelelő anyagismeret birtokában szinte teljes bizonyossággal képes teljesíteni a minimális követelményeket. Mégis érdemes megemlíteni néhány szempontot.

Elméletileg a „tökéletes” akusztika az, amikor a hangforrás és a vevő között csak a direkt hangút létezik, nincsenek visszaverődések. Ez a süketszoba, ami azonban természetellenes és nehezen is kivitelezhető, nem praktikus, azaz nem tervezési cél. A lecsengési időnek rövidnek kell lennie, de épp csak annyira, ami pontossághoz kell de még természetes. Valamennyi visszaverődéssel tehát bizonyosan számolni kell, de ügyelni kell a lecsengési szakasz „semlegességére”.

A *semlegesség időtartományban* azt jelenti, hogy nincs kitüntetett „ritmus”, feltűnő mintázat vagy kiemelkedő szakasz az impulzusválaszban, ami a hangforrással (pl. zenei ritmika) bármilyen módon összefüggésbe hozható.

A *semlegesség irány szerint* azt jelenti, hogy a lecsengés időbeli lefolyásában nincsenek hangsúlyosan megjelenő, a hangforrás valós irányától lényegesen eltérő irányok. Az irányfüggés értékelésénél mindig figyelembe kell venni a hallás és a mikrofonok saját irányfüggését és jellegzetességeit is.

A *semlegesség frekvenciatartományban* azt jelenti, hogy az átvitel függvény min. 1/9-ed oktávós felbontású értékelésénél nincsenek az átlagostól lényegesen eltérő, kiugró erősítések. Hangsugárzó rendszereknél korrekciós hangszínszabályozással (EQ) lehet segíteni az esetleges hibákon.

3.3. Akusztika és építészet

A felvételi és a kontroll környezetek is építészeti környezetek, ezért a tervezésnél, az értékelésnél és a minőség megítélésénél e szempontokat is figyelembe kell venni.

A zaj- és rezgésvédelmi megoldások elsősorban a helyiségek elrendezését, másodsorban a határoló szerkezetek vastagságát, így statikáját és alapterületét, belmagasságát is befolyásoló tényezők. A mindennapi használatban leginkább

a nyílászárók és a gépészet működése tűnik csak fel.

A felvételi és a kontroll helyiség belső akusztikáját a látszó burkolati szerkezetek, geometriái határozzák meg, de ezek határozzák meg egyben a munkakörnyezetek esztétikáját is, ezért közvetett módon hatnak előadói és technikai oldalon a hangminőségre is.

4. Akusztikai környezet a fogyasztói oldalon

A fogyasztói akusztikai környezet a rendszertechnikai látókörön kívül esik. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a felvételi és előkészítési szakaszban előállított műsoranyag ismeretlen feltételek között, ismeretlen műszaki paraméterekkel rendelkező rendszeren szólal meg. Sajnos emiatt nem csak a közönség, de a szakma is téves következtetésekre jut, téves feltételezésekkel él. Ilyen téves feltételezés például, hogy bizonyos hangsugárzók csak bizonyos műsoranyag (zenei stílus) megszólaltatásában „jók”.

Nem véletlen, hogy az építészek nagy bánatára a színházakban és a hangosított produkciókat befogadó termekben a hangtechnikus és az akusztikus tervező a vezérlő pozíciót (FOH) a legjobb ülőhelyekre szeretné helyezni. Ugyanis ott lehet monitorozni a legjobban azt, amit a közönség kap. Ilyen visszacsatolás hiányában a kontroll környezetben csak elképzelni lehet, hogy mit hallhat a közönség.

A műsoranyag gyakorlatilag mindenféle környezetben megszólalhat, a fürdőszobától kezdve a lakószobákon át az autók utasteréig. Ezek akusztikai értelemben egymástól teljesen eltérők, azonban érthető módon igazi minőségi elvárások csak a lakószobákban és az autókban léteznek, a többi környezetben a beszédérthetőség az egyetlen kimondatlan követelmény.

4.1. Lakószobák akusztikája

A lakószobák zaj- és rezgéskövetelményeire az életminőség és egészségmegőrzés miatt léteznek kötelezően betartandó követelmények. A jelenleg hatályos rendeletek a helyiségeken belül és a homlokzatok előtt állapítanak meg a környezetből származó zajterhelési határértékeket, ami lakószobák esetén tipikusan 40/30 dB helyiségen belül illetve 50/40 dB a homlokzat előtt, A-súlyozású megítélési szintben kifejezve (L_{AM}) a nappali/éjszakai időszakokban

2. Az országos hatályú rendeletet helyi rendeletek módosíthatják, többnyire szigorítással élnek.

A lakások közötti határoló szerkezetek min. 52 dB léghanggátlási követelményéből látható, hogy a kerülő hangutakat és a belső akusztika hatását is számbavevő korrekciós tényezők nélkül sem szabad 82-92 dB_{SPL,A} hangnyomásszintnél nagyobb lehallgatási hangerőt feltételezni szomszédos lakások egymással határos helyiségeiben.

A zaj-adatok a hasznos dinamikartományt befolyásolják. A műsoranyag csúcsszintek és RMS értéke közötti különbség („crest-factor”) az utóprocesszalás függvényében 5...15 dB közötti, tehát a legtermészetesebb hangzású műsoranyag esetén is (nagy crest-factor) körülbelül 47...77 dB dinamikartománnyal lehet számolni. Az autók utasterében hasonló a helyzet, bár ott a háttérzaj lényegesen, kb. 30 dB-vel magasabb, viszont rendeletileg nincs limitálva a hangerő.

A hangsugárzók képességeitől eltekintve a problémát a lehallgató terek belső akusztikája jelenti. A hangelnyelést szinte kizárólag a kárpitok jelentik, amik viszont elsősorban a közepes, de inkább a nagyobb frekvenciákon képesek számottevő hangelnyelésre, tehát a kisfrekvenciás problémák nincsenek kezelve, a helyiségek méretarányairól nem is beszélve. Az újabb trendek, divatosabb lakásbelső minimalista, kőburkolatú terei ráadásul akusztikailag szélsőségesen alkalmatlanok a minőségi lehallgatásra.

A lakók ösztönösen otthonosabbnak, „melegebb”-nek hitt hangulatot kárpitokkal igyekeznek megteremteni, holott a minőségérzetet éppen inkább a csillapítottabb és halkabb hangtér teremti meg. A hangelnyelő anyagok használata az otthoni környezetben még nem elterjedt, de már értéknövelő tényező ugyanúgy, mint a fokozottan hanggátló szerkezetkből épített „csendes” otthonok.

A fogyasztói környezetek közül igaz kihívást a házimozsi rendszerek megjelenésével növekvő minőségi követelmények (diszkrét sokcsatornás sztereó, különálló mélysugárzó) jelentik. Az újabb, nagyobb sávzélességű formátumok bevezetése és az adásmínőség általánosan várható javulása akusztikai szempontból csak akkor lesz érezhető a fogyasztói oldalon, ha az megfelelő akusztikai környezetben szólal meg.

Építészeti szempontból a lakóhelyiségek teljesen más kategóriát képviselnek, mint a stúdiók,

mivel nem munkahelyekről, hanem lakóhelyiségekről van szó. Az egyedi felületű, egyedi méretű és elhelyezésű bútorok illetve burkolatok még azonos szerkezeti geometriájú helyiségek esetén is egyedi akusztikát eredményeznek.

A házimozsi piac terjedésének köszönhetően ugyanakkor a fogyasztók is egyre magasabb követelményekkel élnek, sokszor dedikált helyiségeket tartanak fent. Ezek a „szórakoztató” szobák vagy más néven házimozsi helyiségek, multimédia-központok már nem csak a hagyományos audio-video műsorforrásokat, hanem a konzolos játékokat, Internet-böngészést, stb. támogatják olyan akusztikai követelményekkel, amik vetekednek vagy meg is haladják a „közönséges” stúdió-technikai helyiségeket.

5. Összefoglaló

A bevezetőben vázolt problémakör, azaz a tartalomszolgáltatói oldal és a fogyasztói oldal akusztikai környezeti különbségei láthatóan komoly, egyelőre feloldhatatlan ellentmondást hordoznak, miközben a tartalom felbontása nő. Ez ugyanakkor messze nem jelenti azt, hogy a tartalom létrehozásakor a minőségi követelményekből lejjebb lehet adni, hiszen egy növekvő fogyasztói kör nem csak a rendszer eszközök kiválasztásával, hanem az építészeti eszközökkel is törekszik a tartalom minél pontosabb és korrektebb élvezetére.

2007.04.11./2010.05.21.

Fürjes Andor Tamás

² Kisvárosias lakóövezet, lakószoba, 8/2002. EüM-KöM rendelet.