

Gillar allmänheten stereo i PA?

Marcus Eitzenberger

Filosofie kandidatexamen
Ljudteknik

Luleå tekniska universitet
Institutionen för konst, kommunikation och lärande

Gillar allmänheten stereo i PA?

C - uppsats

2011 – 05 – 24

Sammanfattning

Denna studie har undersökt publikens upplevelser och preferens om stereo i PA sammanhang. Två högtalare krävs för stereo, men två högtalare som täcker samma yta ger också upphov till kamfiltereffekt. Frågan är om vanliga konsertbesökare stör sig på detta kamfilterproblem så mycket att de skulle föredra att lyssna på en högtalare i en monosituation. Eller om de föredrar att höra båda högtalarna och få en stereoupplevelse. Denna studie utför ett lyssningstest som försöker svara på denna fråga med hjälp av en studiomix anpassad för att likna en PA mix. Testet genomfördes inomhus i en stor men väl dämpad lokal med en volym på 7046 m^3 och en efterklangstid under 1 sekund. Försökspersonerna stod väl inom efterklangsradien och dominerades av direktljud så lokalens påverkan på resultatet bedöms minimal. På grund av en ojämn frekvensgång off-axis i systemet som brukades i testet reagerade en stor del av försökspersonerna istället på spektrala förändringar och något definitivt statistiskt svar på frågan uppnåddes inte. Det är dock tydligt i den kvalitativa analysen att den generella lyssnaren i första hand tolkar helhetsperspektivet och i detta lägger störst vikt på det spektrala. Bara en väldigt liten del uttrycker kommentarer som skulle kunna vara relaterade till kamfilter men samtliga dessa kan lika gärna vara andra ord för en skillnad i diskantmängd. Bland de lyssnare som anses ha reagerat på något spatialt är det väldigt tydligt att de föredrar en stereosituation. Slutsatsen är därför att om omständigheterna tillåter så bör PA tekniker vinkla in sitt PA för att skapa stereolyssning för så många lyssnare som möjligt.

Innehållsförteckning

Gillar allmänheten stereo i PA?.....	1
Sammanfattning.....	2
Innehållsförteckning.....	3
Introduktion.....	4
Bakgrund.....	4
Syfte.....	4
Avgränsningar.....	4
Teori.....	5
Line Array Teknik.....	5
Stereoljud.....	6
Kamfilter.....	6
Teori slutsatser.....	7
Metod.....	9
Inspelningen.....	11
Högtalarval.....	11
Utrustningslista.....	12
Resultat.....	14
Analys.....	17
Slutsatser.....	19
Referenser.....	20
Bilagor.....	21

Introduktion

Bakgrund

I PA branschen råder det delade meningar mellan tekniker gällande stereoljud. En del tekniker anser att man bör använda PA systemet som ett vänster höger system med en mix som delvis är i stereo på grund av den bredare ljudbilden och andra positiva egenskaper, t.ex. bättre positionering av sångljudet ovanför sångaren. Andra tekniker menar att om mer än en högtalare täcker samma yta så skapas ett kamfilter som gör att ljudet försämras så att det inte är värt att satsa på ett stereoljud. I teorin så uppstår alltid en kamfiltereffekt när flera korrelerade ljudkällor träffar samma yta så detta är korrekt, men det är också sant att för att kunna uppleva ett stereoljud så måste lyssnaren kunna höra både vänster och höger högtalare. För att försöka reda ut denna situation och ta reda på vad man bör göra i praktiken behövs kunskap om vad konsertbesökarna föredrar.

Syfte

Denna studie syftar till att undersöka publikens preferens gällande stereoljud i PA. Ska ljudtekniker vrida högtalarna innåt och skapa stereolyssning för en större del av publikytan? Materialet som användes i testet var inspelningar gjorda och mixade av författaren och modifierade för att innehålla realistiskt stereomaterial för en PA situation. Syftet med studien var att ta reda på om den generella lyssnaren upplever kamfiltret negativt eller om de föredrar stereobredden trots att kamfiltret är där. Målet var att få ett resultat att rapportera tillbaka till livljudteknikerna så de kan fatta beslut om horisontell vinkel på PA:t baserat på fakta om publiken istället för egen preferens.

Avgränsningar

- Denna studie har inte undersökt om det finns några skillnader i preferens i detta relaterat till genre. Genren som används i detta test är hårdrock, detta på grund av att det fanns tillgängligt material och att mixen kunde anpassas till ändamålet.
- På grund av årstiden kunde testet inte genomföras utomhus vilket annars hade varit optimalt. Den lokal som användes för testet var ljusgården i C-huset på LTU i Luleå. Denna lokal har långt till närmaste reflekterande sidovägg och en kort efterklangstid i förhållande till sin storlek.
- Ljudtekniker kan lyssna aktivt efter kamfilter och användes därför inte som försökspersoner. Vanligt folk lyssnar inte efter ett ofärgat ljud utan bestämmer sig bara för vad de föredrar.
- Testet i denna studie använde sig av ett line array system för att det är vanligast förekommande i branschen nuförtiden men resultatet bör gå att överföra till punktkällor också.
- Det finns självklart andra saker att ta hänsyn till som gör att man inte kan vinkla PA:t hur man vill. Det kan spela in på scenen, det kan finnas väggar som skapar reflektioner eller publikytan kan vara så bred att man inte kan vinkla in PA:t utan att tappa täckningen av flankerna. Denna studie syftar dock till att undersöka hur PA:t bör vinklas de gånger man har möjligheten att göra som man vill. Det vill säga de gånger som det är ett subjektivt beslut angående stereo och denna studie har därför förutsatt att de inte finns annat att ta hänsyn till.

Teori

Line Array Teknik

Ett Line array är en vertikalt uppställd pelare av högtalare. Närheten av varje element till det nästa gör det möjligt för dem att koppla samma akustiskt och spela en enhetlig vågfront. Vågfronten kan vara både flat eller böjd. Detta låter arrayet ge en vertikal täckning praktiskt taget fri från kamfilter. Det ger ett jämnare frekvenssvar och en jämnare ljudtrycksnivå över en större publikyta än vad ett horisontalt klusterarray kan leverera. Den vertikala upphängingen av högtalarna ökar också högtalarnas riktning i det vertikala planet. Detta minskar risken för störande kamfilterskapande reflexer i golv och tak om högtalarna används inomhus. Ett väldigt långt array som inte är kurvat kan ha så liten vertikal spridning som en grad.

Idag dominerar line array system branschen kring förstärkning av livemusik, både för anledningarna ovan men även för enkelheten med identiska lådor som enkelt kan transporteras, riggas och rivas. Principen för line array är inte ny, vertikal stackning för att få element att koppla har använts ända sen folk hade sina egna hemmagjorda horns system. Tekniken har också använts på flygplatser och tågstationer för att upprätthålla ljudtrycksnivå i talutropshögtalare och därmed ge tydligare tal i klangrika miljöer.

Line array system kan spela höga frekvenser över långa distanser effektivare än vad konventionella klustersystem klarar av. Detta är på grund av att elementen är nära varandra och kopplar samman och spelar en cylindrisk vågfront som endast tappar 3 dB per avståndsfördubbling istället för de 6 dB per avståndsfördubbling som sker vid sfärisk vågutbredning. Efter en viss distans kommer arrayet övergå till 6 dB per avståndsfördubbling igen. Avståndet till punkten där detta sker är beroende på array längd och frekvens. Detta gäller för ett ultimata line array, i praktiken är det svårt att skapa cylindrisk vågfront i diskanten. En del tillverkare skapar line source arrays där varje enskild låda direkt spelar en cylindrisk vågfront, andra använder ett tänk mer likt riktade punktljudkällor för sin högfrekventa del. Praktiska line array kan till viss del skapa kamfilter mellan lådor i det vertikala planet men det är inte alls lika påtagligt som för ett kluster av punktkällor.

Ett rakt upphängt array kan som sagt ha så smal vertikal spridning som en grad, detta är uppenbarligen inte så användbart i praktiska situationer. I praktiken så är arrayet nästan alltid böjt i vertikalplanet. Varje tillverkare tillhandahåller ett dataprogram för att beräkna den korrekta kurvningen på arrayet för en specifik lokal. Programmet räknar fram hur frekvensgången kommer att bli över den angivna publikytan och föreslår en plan för hur systemet ska hängas. Programmen föreslår i princip alltid en progressiv böjning d.v.s. att vinkeln mellan lådorna blir större och större. En progressiv hänging ger ett jämnare frekvenssvar över hela publikytan än ett J-format array som har en lång rak sektion och sedan böjes snabbt på slutet.

Vågfrontsböjningen för varje individuell högtalarlåda är komplex och den ultimata böjningen varierar mellan toppen och botten på arrayet. Det behövs viktiga och svåra kompromisser för att kunna leverera identiska lådor. Om vågfronten ut ur den enskilda lådan är för böjd kommer kopplingen att bli sämre då lådorna saknar vinkel till varann i toppen av arrayet. Är den för smal kommer det att bli diskant hot spots i den zonen som täcks av arrayets mer böjda del. I teorin går det att bygga ett ultimata array där varje låda har en dedikerad plats i arrayet och en fastställd vinkel till lådan under där varje individuell låda har den vågfronts kurvatur som matchar vinkeln mellan lådorna. Detta skulle dock kräva utveckling av lika många diskanthorn som de finns möjliga vinklar mellan lådorna och skulle kosta för mycket. Det skulle också bli svårare att hänga systemet eller ersätta en låda om en blir skadad. Dessutom kräver olika lokaler olika mängd lådor och olika takhöjder tillåter olika mängd lådor så det är mer praktiskt att sälja ett system som går att anpassa inför varje enskild uppgift. Det man bör tänka på är att vinkeln mellan lådorna i allra högsta grad påverkar ljudet i zonen som lådorna spelar för och anpassa sin hänging därefter.

Line array precis som alla andra system måste även fungera i horisontalplanet, det är viktigt att inte glömma bort det i systemdesignen. Frekvensgången ska inte förändras när lyssnaren går off-axis, bara sjunka i nivå. Detta kan vara svårt att uppnå på grund av olika frekvensers riktning ur högtalare naturligt men är ett mål som eftersträvas.[1]

Stereoljud

Stereoljud är en tvåkanals överföring som använder människans binaurala hörande för att återskapa eller skapa en spatialt distribuerad ljudbild. Detta är definitionen på den typ av stereo som ibland finns i livemusik sammanhang, vilket är stereo skapad genom att panorera monomikrofoner till positioner i stereobilden. Det går också att höra vissa instrument och effekter i full stereo te.x. keyboards, reverbs och stereodelays. En del definierar äkta stereo som en reproduktion av ett ljudfält mellan två högtalare men denna definition stämmer endast på material inspelat med stereomikrofontekniker vilket är väldigt sällsynt i livesammanhang.

Stereo kräver en skillnad i signalen mellan vänster och höger kanal. Det går att panorera en mikrofon för att flytta dess upplevda position i stereopanoramats. Signalen blir då starkare i ena kanalen vilket är en skillnad mellan signalerna. Ljudkällan upplevs närmare den högtalaren det panoreras mot och i ändläget kommer ljudet bara ur ena högtalaren. En skillnad i tid mellan en viss signal i vänster och höger kanal kan också förflytta en ljudkälla i stereobilden. Tidsskillnadsstereo kommer oftast från en AB mikrofonteknik men detta är ovanligt i PA (förutom möjligtvis överhänget på trummorna). Det går att använda delay på en signal i endast ena kanalen och åstadskomma en panoreringseffekt men det normala är att man använder panoreringspotentiometern. Genom att använda det mänskliga binaurala hörandet så kan hjärnan luras till att skapa en fiktiv ljudbild mellan högtalarna. Trots att ljudet egentligen kommer från endast två källor så kan hjärnan föreställa sig ett ljud varsomhelst mellan högtalarna.

Om huvudet och således öronen flyttas närmare ena högtalaren så kommer självklart den högtalaren att bli starkare än den andra och den kommer också att nå lyssnaren före i tid. Detta innebär att ena högtalaren både blir starkare och hörs före den andra och kommer göra så att hela stereobilden förskjuts mot den högtalaren. Detta är inget problem i en studiosituation då teknikern är centrerad mellan högtalarna men det är i allra högsta grad en viktig faktor i livemusik. Då är publiken utspridd överallt mellan högtalarna och i vissa fall även så långt ute åt sidan att de är bortanför sin närmsta högtalare och endast vissa få är centrerade mellan högtalarna. Förutsatt att publiken hör båda högtalarna med full bandbredd så kommer de ändå att uppleva en stereobild, dock förskjuten i förhållande till deras position.

Om två högtalare är osymmetriska på något sätt, till exempel att diskanterna sitter på vänster sida av båda högtalarna så kommer center positionen i stereobilden vara på olika positioner för olika frekvenser. Detta smetar ut ljudbilden av ett visst instrument i stereobilden. På samma sätt om en åskådare i en livemusik miljö träffas av en högtalares mellanregister men inte diskant så kommer mellanregisterdelen av ett visst ljud att förflyttas i stereobilden medan diskantdelen av samma instrument inte kommer att flyttas. Resultatet blir även i detta fall en utsmetad stereobild.[2]

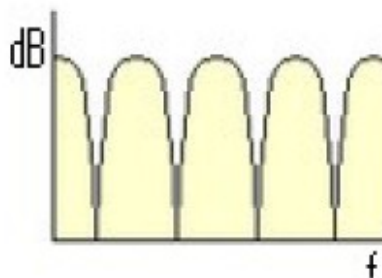
Kamfilter

Två ljudvågor som startar samtidigt och där båda två går mot ett ljudtrycksmax eller ljudtrycksminimum sägs vara i fas. Om den ena går mot ett minimum och den andra mot ett maximum så är de helt i motfas och kommer att fasa ut varandra akustiskt. Om den ena ljudvågen startar senare än den andra eller måste färdas en annan distans till en given position så kommer ljudvågorna att vara mer eller mindre ur fas med varandra. Detta kan ske av många olika anledningar:

- Samma ljud når två eller flera mikrofoner vid olika tidpunkter på grund av olika positioner på mikrofonerna.
- Två högtalare levererar samma ljud men från olika positioner, ljudet kommer därför att nå lyssnaren vid olika tidpunkter.
- Direktljudet och en reflex från samma ljudkälla når örat eller en mikrofon vid olika tidpunkter.
- Tidsfördröjning i elektronisk utrustning te.x. A/D och D/A omvandlare.
- Kablar med polaritetsfel.

Två identiska ljudvågor exakt i fas kommer att adderas och forma en identisk ljudvåg som är 6 dB starkare. Två identiska ljudvågor 180 grader ur fas kommer att fasa ut varandra. Två ljudvågor med något annat fasförhållande kommer att färga ljudet mer eller mindre beroende på hur mycket fasförskjutning det är och hur starka ljudvågorna är i förhållande till varandra. Lika starka ljudvågor kommer att fasa ut varandra mer än om den ena är svagare. Eftersom att ljudvågor färdas 340 meter per sekund och den högsta hörbara frekvensen har en våglängd på bara 1,7 cm så kommer väldigt små skillnader i tid eller sträcka ha en effekt på ljudet.

Då skillnaden i väg är lika med halva våglängd för en viss frekvens så kommer den frekvensen att fasa ut. Höga frekvenser är känsligare för att fasa ut på grund av deras korta våglängd. Skillnad i fas påverkar inte bara en enskild frekvens utan flera. Detta leder till kamfiltereffekten. På samma sätt som en del frekvenser fasa ut så kommer vissa att förstärkas. Detta på grund av att för vissa frekvenser så kommer tidsskillnaden att göra att ljudvågorna är helt i fas och denna frekvens kommer därför att förstärkas på denna position. Den första påverkade frekvenser är beroende på avståndet mellan högtalarna. Förstärkning kommer sedan att ske för alla jämna heltalsmultiplar på denna frekvens. d.v.s om den första förstärkningen ser vid t.ex. 1000 hz sker den nästa vid 2000 hz, 3000 hz, 4000 hz etc. Utsläckningen kommer då att ske vid 1500 hz, 2500 hz etc. Den resulterande frekvenssvarskurvan kommer därför att se ut som en kam, därav namnet kamfilter.[3]



Figur 1: Ett typiskt kamfilter visat grafiskt som förhållandet mellan ljudtryck och frekvens

Teori slutsatser

- I testet användes ett line array system på grund av att det inte lider lika mycket av kamfilter i vertikalplanet som ett point source cluster gör. Detta gör det möjligt att täcka in hela ytan med försökspersoner utan bekymra sig om vertikalt off-axis svar. I praktiken finns visst kamfilter mellan inbördes lådor på grund av hornens konstruktion och vågfrontens böjning. Det är däremot inte alls lika hörbart som ett kamfilter mellan två stycken hiQ högtalare i ett klustersystem. Dessutom finns fördelen med den vertikala täckningen som motiverar valet av högtalarsystem.

- Om en person ska uppleva en stereoljudbild så måste personen kunna höra både vänster och höger högtalstapel.
- Centrum i en stereobild kommer att skifta mot respektive högtalare om lyssnaren inte är centrerad mellan högtalarna. Om frekvenssvaret fortfarande är linjärt i lyssnarens position så kommer denna att uppleva en välljudande stereobild men med en förskuten mitt. Detta är den enda möjliga stereo att ge en livepublik om man inte begränsar sig till de åskådare som står absolut centrerat.
- Lyssnarna måste hela tiden vara inom täckningsvinkeln för de högtalare de ska höra just då. Om lyssnaren träffas av offaxis ljud som inte är frekvensrakt så kommer det att påverka stereobilden.
- Högtalarna i en uppställning för livemusik är korrelerade ljudkällor för M signalen i materialet. Lyssnarna kommer därför att uppleva en kamfiltereffekt då de träffas av båda högtalarna om det finns en skillnad i avstånd från lyssnaren till respektive högtalare.

Metod

Experimentet var ett lyssningstest med LTU:s d&b audio T system i ljusgården i kårhuset på LTU i Luleå. Lokalen har en totalvolym på 7046 m^3 då man tar hänsyn till de angränsande utrymmen utan vägg mellan som ljudet kan klinga ut i (grönmarkerat område)(se bilaga 2). På bilagan så hänger PA:t inom det röda området längs den övre kortsidan, ca 7 meter ut från väggen och centerat i lokalen med 8,5 meter mellan upphängningspunkterna. Avståndet från PA:t till närmsta reflekterande vägg är 2,95 m och den första reflexen kommer i båda fallen att studsas bakom försöksytan vilket blir tydligt på figur 2 och 3 där väggen är placerad ungefär där det gråa fältet slutar. I de vinklade fallet kommer reflexen från den borte högtalarkolumnen i väggen längst bort från denna att kunna träffa försökspersonerna men denna reflex kommer vara så svag i förhållande till direktljudet från den närmsta högtalaren att dess påverkan på testet är försumbar. Väggarna är dessutom täckta av absorberande material överallt förutom på vissa ställen där det finns glasrutor. Trots den stora volymen har ljusgården en väldigt kort efterklangstid på grund av den stora mängden absorbenter. Golvet i ljusgården är av sten och är därför en reflekterande yta. Testpersoner i detta experiment befinner sig dock väldigt nära högtalaren och är dessutom omgivna av andra personer som absorberar och stoppar ljudvågor på väg mot golvet. Reflektioner i golvet bör därför inte ha påverkat testresultatet i någon större utsträckning. Vid tidpunkten för experimentet fanns även ett hundratal personer som ytterligare bidrog med absorption. Efterklangstiden i lokalen mättes vid en annan tidpunkt för ett annat test och då befann sig ca 20 personer i lokalen. Efterklangstiden vid genomförandet av detta experiment kan därför antas vara något kortare än de i tabell 1. Efterklangstiden är under en sekund i samtliga frekvenser och i vissa band även väldigt mycket kortare än så. Detta får anses som väldigt kort för en lokal som har större volym än vissa kyrkor och katedraler. Detta är också anledningen att jag valde denna lokal då ett utomhustest inte gick att genomföra. Efterklangen mättes med CLIO och är medelvärdet av mätning i fem punkter.

Frekvens (Hz)	Efterklang (s)
31,5	0,231
63	0,933
125	0,672
250	0,633
500	0,589
1000	0,912
2000	0,974
4000	0,699
8000	0,582
16000	0,324

Tabell 1: Efterklangstiden för ljusgården mätt i oktavband. Värdet för 31,5 Hz är inte tillförlitligt då ljudkällan som användes vid mätningen inte klarar av att leverera så låga frekvenser.

$$R = 0,14 * \sqrt{0,16 * V / T}$$

Formel 1: Efterklangsradien

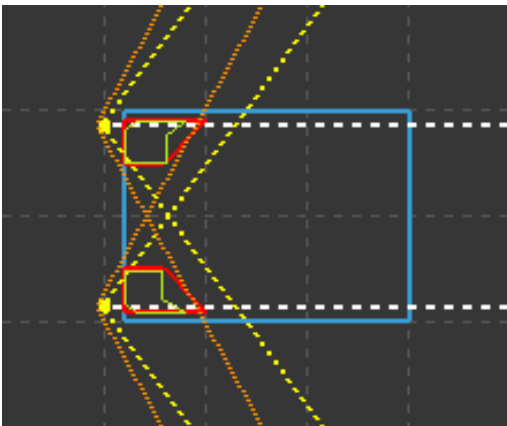
$$0,14 * \sqrt{0,16 * 7046 / 0,974} = 4,76$$

Formel 2: Uträkning av

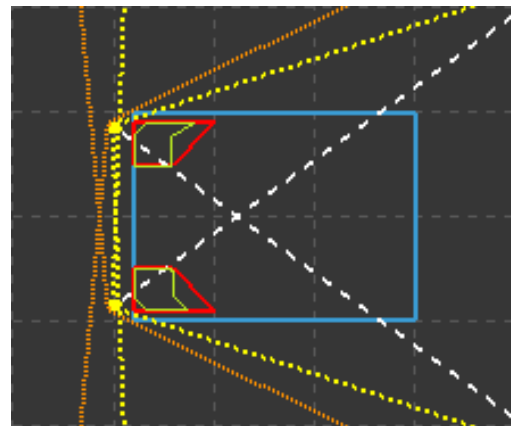
efterklangsradien i ljusgården

Efterklangsradien går att räkna ut med hjälp av formel 1. Det kortaste efterklangsradien fås vid den längsta efterklangstiden som i detta fall är 2000 Hz och 0,974 sekunder. Efterklangsradien vid denna frekvens i ljusgården är 4,76 meter. Försökspersonerna kunde som mest stå 4 meter bort från högtalarna och den nedersta lådan hängde på 2,89 meters höjd. Snittet på öronhöjd för en människa som används vid beräkningar av PA system är 1,7 meter. Pythagoras sats ger oss då ett maximalt avstånd till ljudkällan en försöksperson kan ha haft på 4,17 meter. Samtliga försökspersoner står alltså väl inom närfältet och domineras således av direktljud. Detta är ytterliggare ett bevis på att lokalens akustik bör ha haft ytterst liten påverkan på resultatet.

Försökspersonerna var 31 stycken studenter vid Luleå Tekniska Universitet utan ljudteknisk bakgrund. Detta som sagt på grund av att ljudtekniker aktivt lyssnar efter kamfilter vilket den vanliga konsertbesökaren normalt inte gör. Vid testet användes endast 2 vinklar på PA:t, ett där lyssnarna utsätts för kamfilter och stereo och ett där bara ena högtalaren träffar dem. Om man står i mitten en bit bak (t.e.x. mellan scen och mixplats dock ej exakt centrerad vilket ej skulle skapa kamfilter) och PA:t vrids in mer och mer så kommer lyssnarna efter ett tag utsättas för kamfilter och få en stereobild. När högtalarna sedan vrids in mer kommer stereobilden bli tydligare på grund av mer on-axis ljud men kamfiltret är fortfarande lika djupt. Djupet på utfasningarna kan skifta något om man inte står exakt på centerlinjen. Detta eftersom högtalarnas frekvensgång ändras vid vridningen och inte kommer vara exakt samma för höger och vänster sida om försökspersonen står osymmetriskt placerad. En viss nivåskillnad kan då finnas för en viss frekvens mellan vänster och höger som faktiskt skulle skapa en mindre djup utfasning. Generellt för en någorlunda centrerad person hade det dock inneburit väldigt små skillnader i kamfilterdjup vid vridning men tydligheten i stereobilden skulle öka ju mer on-axis ljud som träffar försökspersonerna. Detta skulle gynna en högre vinkel automatiskt utan att egentligen undersöka det som syftas. Därför används bara två positioner på PA systemet. För att åstadkomma detta på och av test så är grupperna uppdelade på två zoner med samma förhållande till PA:t men ingen står i mitten.



Figur 2: här syns PA:t då det är riktat rakt fram och spelar för endast den närmaste gruppen.



Figur 3: här är PA:t vridet 35 grader inåt så att båda grupperna kan höra båda högtalarna.

Försökspersonerna var utspridda inom de gröna zonerna på bilden. Den blåa zonen är den publikyta som PA:t är riggat att spela för. Det är alltså inte optimerat speciellt för att spela för dessa två grupper utan hängt realistiskt som det skulle hängt för att spela för den vanliga publikytan i ljusgården. Tanken var först att använda de röda zonerna 2x2 meter närmast högtalarna (inte den vinklade delen) för att placera försökspersonerna i, men vid lyssning upptäckte jag diskantbortfall i hörnen längst ut och gjorde om zonerna till de gröna. Men som bilderna tydligt visar så har ena fallet stereo och kamfilter och det andra bara en enkelhögtalare. Vissa personer står oundvikligen närmare högtalarna och vissa lite mer off-axis. Teoretiskt beräknat så skulle samtliga i båda

grupperna dock få ett on-axis ljud i båda fallen då dessa högtalare sprider 110 grader.

Genomförandet var samma för alla tre grupper förutom att den första gruppen först hörde PA:t rakt och sedan vinklat, grupp 2 och 3 hörde i den andra ordningen. Detta för att kontrollera ordningsfel. De fick höra ca 2 minuter av låten. Sedan skedde förändringen och de fick höra samma del av låten igen. Därefter fick de fylla i blanketten som jag delat ut innan testet (se bilaga 1). Båda högtalarkolumnerna var förtäckta med tyg så att försökspersonerna inte kunde se att högtalarna vreds och på så vis påverkas visuellt. Volymen var satt ganska stark för att likna en livemusik miljö men ändå inte alls nära någon gräns och fick dessutom hållas ned lite extra på grund av tentapluggande studenter i ljusgården och goodwill från min sida.

Inspelningen

Materialet som spelades upp var en egengjord mix anpassad för att likna en PA mix. Riktiga livemusiker hade inte gått att använda då de inte går att garantera att de spelar identiskt två gånger i rad och det hade tillfört faktorer som är mycket mer påtagliga än de försökspersonerna utsattes för. Det mesta av instrumenten i mixen ligger centerpanorerade alltså i mono. Undantaget är kompgitarrerna som är utpanorerade 40 av 100 i Pro Tools. Dessutom finns det effekter som är i full stereo: reverb på sång, bas och vissa trummor, chorus på sång och delay på både sång och leadgitarr samt reverb på gitarrsolo. Mer panorerade instrument hade gett mer skillnadssignal och större chans att försökspersonerna föredrar stereoversionen då det bara är monosignalen i mixen som kan ge kamfilter mellan höger och vänster högtalare. Stereomaterialet ger inte kamfilter på samma sätt, de innehåller skillnader som istället ger hjärnan uppfattning om bredd och riktning. Vad gäller panoreringar som bara har en nivåskillnad mellan vänster och höger så kan de fortfarande fasa ut varandra, men på grund av skillnaden i nivå blir det inte speciellt djupt och därför svårt att uppfatta. Detta kan diskuteras väldigt mycket ända ner till den nivån att om en viss del av ett ljud till exempel två gitarrer är i fas vid en viss frekvens tex 1000 hz vid en tidpunkt så kan de fasa ut varandra även om de är full panorerade. I sådana fall skulle två väldigt tigha gitarrister med samma ljud inställt kunna skapa kamfilter istället för bredd och fett ljud, faktum är dock att väldigt tigha gitarrer ändå snarare uppfattas som en choruseffekt. Poängen är iallafall att skillnaden i stereomaterialet överglänser utfasningen.

Däremot är det ofta så i PA situationer att inte alla i publiken hör båda högtalarna även om många gör det ifall man vinklar in dem. Detta gör att alla instrument ändå måste finnas i båda kanalerna och detta gör att man måste begränsa sina panoreringar i PA mixar. Därför är gitarrerna endast panorerade 40 istället för 100 som i orginalmixen. Att panorera 40 av 100 i pro tools innebär 5dB skillnad mellan kanalerna, alltså gitarren blir 5 dB svagare i den kanal den inte panoreras till. Det är vanligt i PA att hålla sig innanför halva möjliga panoreringen för att man då behåller en ganska kraftig signal även i den högtalaren instrumentet inte panoreras till. Mixen i sin helhet var en hårdrockslåt med trummor, bas och gitarrer som var dubbade då de kompar men gitarrsolot spelas ensamt utan kompande gitarrer.

Högtalarval

Högtalarsystem som inte är line array som te.x. HiQ cluster system lider av kamfilterproblem inom den egna sidan både vertikalt och horisontellt när fler än en högtalare används per sida. Line array lider inte av kamfilter i det vertikala planet om det hängs korrekt enligt modellen framräknad av tillverkarens dataprogram. Line arrays lider bara av kamfilter mellan vänster och höger sida (i en enkelt stereoupställning) vilket är precis det jag vill undersöka tillsammans med stereoupplevelsen och väga detta mot en situation där lyssnaren bara hör ena högtalaren. Av denna anledning användes ett line array system för testet.

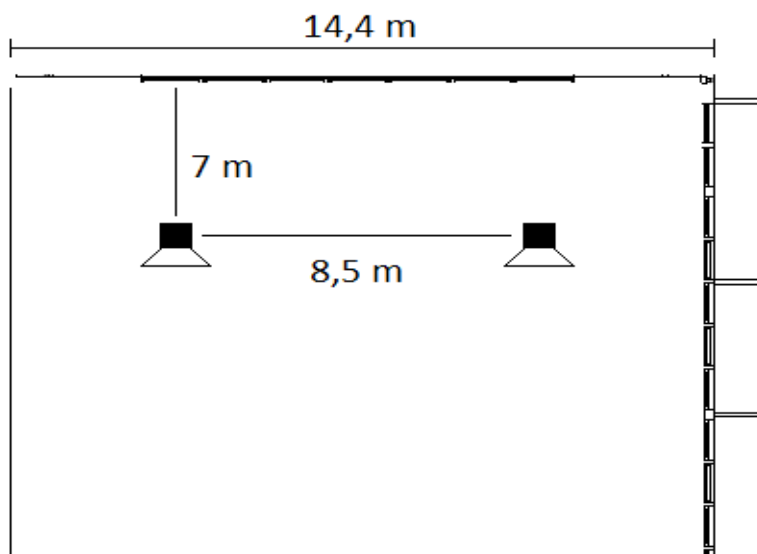
Det fanns några olika array system tillgängliga för testet beroende på budget och möjligt sponsring. LTU:s eget d&b T array som kunde bokas gratis. D&b Q system som fanns att hyra av en lokal PA firma samt ett JBL vertec 4889 från samma firma. Det som skiljer dem åt är främst horisontell spridning, off-axis frekvensgång samt storlek och möjlighet till exakt riktning. Jag kompletterade även med subbasar för att ge en mer realistisk PA känsla.

I litteraturstudien upptäcktes att T systemet hade den horisontella spridning som gjorde det möjligt att genomföra experimentdesignend och valdes därför till testet. Det har däremot inte så rak frekvensgång i sitt off-axis svar. Detta innebär att en vridning av PA:t skulle kunna ge en skillnad i frekvensgång och då framför allt diskantmängd även inom respektive zon. Detta skulle ha medfört att beroende på var i zonen försökspersonen står kan denne ha upplevt antingen mer eller mindre diskant efter vridningen av PA-systemet. Detta eftersom att testet är designat efter de 110 grader spridning som tillverkaren anger. T systemet är dock ett modernt, avancerat och påkostat PA. JBL systemet sprider dock för brett och Q systemet för smalt. Vid valet trodde jag också att T systemet hade en rotary clamp som skulle möjliggjort enkel exakt riktning horisontellt. LTU:s system visade sig dock bara ha vanliga shackel och slingfästen. Omvinklingen av PA:t löstes därför med gradskiva, och markeringar.

Utrustningslista

- 12 d&b T10 högtalare
- 2 d&b T-sub basar
- 3 d&b D6 förstärkare
- 1 d&b D12 förstärkare
- 2 d&b T system flygram med tillhörande flygbeslag
- 2 d&b B2 subbasar
- Yamaha 01V mixerbord
- Laptop
- Kablage

Uppställt enligt denna skiss:



Figur 4: Högtalaruppställning med korrekt mått.

T10 – 120 hz – 18 khz (CUT mode 0dB)

T-Sub – 47 hz – 140 hz (+4dB)

B2-Sub – 37 hz – 90 hz (-3dB)

Nedersta T10 högtalaren hängde på 2,89 meters höjd. B2 suben var placerad en bit bakom och närmare mitten än T10 stapeln, ingen delay av högtalarna behövdes då förflyttningen av B2 suben gjorde att avståndet till sub och array blev detsamma från mitten av lyssningsytan på standardöronhöjd.

Uppställningen innebär en nivåskillnad på -5,2 dB SPL och en fördröjning på 16,7 ms från den borte högtalaren, räknat från mitten av testlyssningsområdet. Försökspersonerna stod dock i efterklangsfältet till den borte högtalaren och denna nivåskillnad gäller bara för direktljud. Nivåskillnaden bör ha varit något mindre i praktiken.

Resultat

Tabellerna visar med siffran 1 vad försökspersonen föredrog.

Grupp 1	Lyssnade på rakt system först	
Subjekt nr	Rakt	Vinklat
1		1
2		1
3		1
4		1
5		1
6		1
7		1
8		1
9		1
10		1
11		1
12	1	
13	1	
14	1	
15	1	
16	1	
17	1	
18	1	
19	1	
Summa:	8	11

Tabell 3: Grupp 1

Grupp 2	Lyssnade på vinklat system först	
Subjekt nr	Rakt	Vinklat
1		1
2		1
3		1
4		1
5		1
6		1
7	1	
8	1	
9	1	
10	1	
11	1	
12	1	
Summa:	6	6

Tabell 2: Grupp 2

Båda grupper	Rakt	Vinklat
Summa:	14	17

Tabell 4: Summering

(+) är försökspersonen svar på frågan "Beskriv i ord vad i ljudupplevelsen som gör att du föredrar detta system

(-) är samma försökspersons svar på frågan "Var det något som gjorde att du ogillade det andra systemet? Vad?" (ibland obesvarad)

(f) innebär att svaret verkar vara baserat på frekvensgång d.v.s spektralt relaterad

(S) innebär att svaret verkar vara baserat på en spatial upplevelse, d.v.s stereo eller avsaknad av stereo.

(K) innebär att svaret verkar vara baserat på kamfilter eller avsaknad av detta.

Anledningar från de i grupp 1 som föredrog ett vinklat PA system:

1. Kändes bättre. (+)
Inga applåder. (-)
2. Basen kändes "fylligare" och mer av ljudet behölls om man vred på huvudet något. System A lät i princip bara bra rakt framifrån. (+)(S)
Stor del av ljudet försvann, eller blev väldigt dämpat om man vred på huvudet och lyssnade ur en annan vinkel, blev som "plattare" på något sätt. -(f)
3. Kändes som att basen var mycket skarpare och mer framåt än den första. (+)(f)
4. Basen hördes mer tydligt, gav en trevligare ljudbild då det hela kändes mer melodiskt. (+)(S)

- Basen var dränkt i trummor. Gitarrsolot var väldigt skärande i öronen (så även i det andra testet men mer i det första). (-)(f)
5. Man hörde gitarrsolot bättre samt sångaren var mer i centrum av låten. d.v.s "längst" fram. I system var det också mer POW!! (+)(S)
Gitarrsolot i system A (rakt) lät nå sjukt i diskant.(f) Sångaren var också "långt" bak. Basen var mer i centrum. (-)(S)
 6. Det upplevdes som att de lägre frekvenserna framhölls mer i detta system jämfört med det andra.(f) System B upplevdes som mer balanserat.(S) De höga frekvenserna upplevdes som vassa i båda systemen men det har nog mer att göra med det stora avståndet till ljudkällan. (+)(f)
Nej inte alls. Det funkar med detta system också. (-)
 7. Lite mindre diskant, men ändå hög nog för att basgitarr kunde höras tydligt. (+)(f)
För hög diskant. (-)(f)
 8. Kändes tydligare, man hörde mer av enskilda instrument. (+)(S)
Nu när man jämför A med B så kändes A lite grötigare (S), typ all bas var ett ljud typ, men hade jag bara hört A (rakt) vet jag inte om jag hade tänkt på det. (-)
 9. I system B (vinklat) så hördes instrumenten bättre, dubbeltrampet i baskaggen hördes bättre och allt smälte ihop bättre.(+)(S)
System A (rakt) var mycket grötigare och det var för mycket bas. (-)(S)
 10. Mer diskant, inte så jävla mycket "turkbas". (+)(f)
Lite grötigt, för mycket bas i förhållande till diskanten. (-)(S)(f)
 11. Tycker att man hörde fler "nyanser" i andra systemet. (+)(S)

Anledningar från de i grupp 1 som föredrog ett rakt PA system:

12. Inte lika skarpt ljud dock för lite bas. (+)(f)
För skarpt ljud, det skar sig. (-)(f)
13. Mindre smetigt ljud. Man kunde höra individuella instrument bättre. Mer effektivt och mighty. Djup. (+)(f)
Alla S-ljud lät som skit, cymbaler lät för distinkt. Typ som dålig kvalite. Hela banden lät som "en ljudkälla". (-)(f)
14. Ljudminnet mitt är inte det bästa men den första var bättre. (+)
15. Klarare ljudbild, något starkare kanske. En go gungig låt. (+)(f)(K)
Grötigare ljudbild, lite oklarare sång. (-)(f)
16. Det kändes mer behagligt för örat. Ljudet lät "finare". (+)(f)
Det kändes lite ilande, svårt att förklara. (-)(f)
17. Hade mer bas (lät det som), jag föredrar bas. (+)(f)
För diskant i mina öron. (-)(f)
18. För att det var så. (+)
19. Mindre skarpt ljud som skär i öronen. (+)(f)
Gitarrsolot skar i öronen som tusan. (-)(f)

Anledningar från de i grupp 2 som föredrog ett vinklat PA system:

20. Kändes krispigare, tydligare, särskilt i nedre register. (+)(S)
Otydligare. (-)(S)
21. Kändes mer balanserat. (+)(S)
Kändes lite obalanserat mellan instrumenten. (-)(S)
22. Var mer cleant, och kändes, mer levande, gillar diskant. (+)(f)
Kändes bullrigt och instängt. (-)(f)
23. Kändes mer levande, mer "live känsla". (+)(S)
Kändes lite platt och mer grötig. (-)(S)
24. Fetare bas. (+)(f)
Känns inte lika skarp. (-)(f)
25. Lät klarare. (+)(f)

Anledningar från de i grupp 2 som föredrog ett rakt PA system:

26. Jag uppfattade systemet som klarare. (+)(f)(K)
27. Starkare ljudupplevelse. (+)(f)
28. Ljudet kändes renare och mer detaljrikt. (+)(K)
29. Det kändes fylligare i musiken. (+)(f)
30. Ljudet upplevdes mjukare i örat, inte lika skärande som första gången mer njutfullt ljud. (+)(f)
31. Det var "mjukare" ljud i system B än i A. Ljudet i system A hade vassare ljud vilket gjorde det mindre trevligt att lyssna på. (+)(f)
Vassare ljud som inte var skönt för öronen. (-)(f)

Analys

Den kvantitativa analysen visar att 3 personers övervikt inte är tillräckligt för att med någon form av säkerhet kunna säga att folk generellt föredrar ett vinklat PA system. Det hade krävts 21 av 31 stycken enligt binominalfördelningen för att med 95% säkerhet kunna påstå det.

Textsvaren innehåller däremot en hel del spännande information om hur folk reagerar på ljud av denna typ. Generellt är det tydligt att en stor del av svaren innehåller något som kopplar till de spektrala planet snarare än det spatiala. Det vill säga folk verkar generellt reagera mycket mer på frekvensgång än stereoupplevelser. En slutsats baserat på detta, men även egen lyssning under testets gång, är att T systemets off-axis svar inte alls håller måttet för att denna typ av experimentdesign ska fungera. De publicerade 110 gradernas spridning är i praktiken en avrullning av diskant redan 25-30 grader ut åt ena kanten. Detta innebär att vridningen av PA:t skapade en skillnad i frekvensgång och då framför allt diskantmängd även inom respektive zon. Detta medförde att beroende på var i zonen försökspersonen stod kommer denne att ha upplevt antingen mer eller mindre diskant efter vridningen av PA systemet. Detta förklarar den stora mängden svar som innehåller något om diskant, skarpt ljud eller vasst ljud men även uttryck som otydligare och "mer bas". Det som är en minskning i diskant kan i vanliga öron även tolkas som en höjning av bas.

Det finns däremot även några intressanta svar som går att koppla till frågeställningen trots högtalarfrekvensgångens påverkan på experimentet. De försökspersoner som gett kommentarer som är kopplade till det spatiala planet har alla föredragit det vinklade PA systemet. "Man hörde gitarrsolot bättre samt sångaren var mer i centrum av låten. d.v.s "längst" fram. I system var det också mer POW!". "Basen kändes "fylligare" och mer av ljudet behölls om man vred på huvudet något. System A lät i princip bara bra rakt framifrån". "Basen kändes "fylligare" och mer av ljudet behölls om man vred på huvudet något. System A lät i princip bara bra rakt framifrån". Dessa kommentarer verkar innehålla spatiala upplevelser och kommer från personer som föredrog ett vinklat system.

Det finns också ett antal kommentarer som nämner balansen mellan instrumenten. Dessa kommentarer kommer också från de som föredrog vinklat PA och kan vara en effekt av stereolyssningen. Eftersom gitarrerna var panorerade kan stereolyssningen ha gjort att då gitarrerna spred ut sig i stereobilden så var de inte längre i konflikt med de centerpanorerade instrumenten vilket i så fall skulle kunna tolkas som bättre balans. En del kommentarer nämner också detaljer i ljudet, i mixen finns effekter i stereo som framträder bättre om lyssnaren har en stereosituation så detta kan möjligen vara baserat på en stereoupplevelse.

Ett fåtal kommentarer innehåller saker som möjligen kan kopplas till kamfilter. T.e.x "Ljudet kändes renare och mer detaljrikt". Dessa kommentarer från personer som föredrog den raka uppställningen skulle kunna bero på att det inte fanns något ljud som låg i motfas med den närmaste ljudkällan. Det kan dock lika gärna vara en spektral tolkning beroende på diskantmängd uttryckt på ett annat sätt.

Experimentdesignen i kombination med den breda spridningen på systemet gjorde att testgrupperna placerades tämligen nära den närmaste ljudkällan (för att den andra skulle "missa" gruppen). Det blir svårt att få någon stereoupplevelse om den ena ljudkällan överöstar den andra för mycket. Möjligt är att diskant och högt mellanregister totalt dominerades av den närmaste ljudkällan men att den bortre lyckades trycka över lite bas och lågt mellanregister. Det finns vissa kommentar som tyder på ett sådant scenario. "Det upplevdes som att de lägre frekvenserna framhölls mer i detta system jämfört med det andra. Sytem B upplevdes som mer balanserat. De högra frekvenserna upplevdes som vassa i båda systemen men det har nog mer att göra med det stora avståndet till ljudkällan." "Fetare bas". Även dessa två kommentar kan möjligen vara ett annat sätt att uttrycka en skillnad i diskant. Men även dessa stödjer teorin om att off-axis svaret och den breda spridningen tvingade fram en positionering i experimentdesignen som i slutändan maskerade det som egentligen

var syfte att undersöka.

Slutsatser

Det är väldigt tydligt att T systemets off-axis svar och spridning påverkade det som skulle undersökas. Hade testet repeterats med ett smalare system med bättre off-axis svar och lyssningszoner korrigerade efter det så hade förmodligen försökspersonernas svar varit mer kopplade till stereosituationen. Avstånden till ljudkällorna hade då kunnat göras kortare utan att omöjliggöra att ena systemet missar lyssnarna i ena fallet och det snyggare off-axis svaret hade förmodligen inte gett samma skillnad i frekvensgång inom den egna lyssnarzonen. D&bs Q system har en spridning på bara 70 grader gentemot T systemets 110 och ett betydligt bättre off-axis svar. Detta system hade förmodligen gett ett bättre resultat. Kanske hade det också fungerat att använda två separata men identiska system och trimma in dem optimalt var för sig. Det skulle förmodligen göras en hel del justeringar då som i sin tur är felkällor som själva kan ge upphov till förändringar i resultatet. I verkligheten trimmar man ju dock in systemet först efter att man vinklat det horisontellt så man hade kunnat tjäna lite realism i det fallet.

De slutsatser som går att ta med sig från detta projekt är att den generella lyssnaren i första hand tolkar helhetsperspektivet och i detta lägger störst vikt på det spektrala. Det är alltså en bra idé att lägga mer tid på att se till att frekvensgången på instrument inte blir för bumliga eller för skarpa, än att lägga tid på att skapa en stereosituation. Däremot verkar de individer (i detta test ca 30%) som faktiskt reagerar på det spatiala föredra en stereo situation trots medföljande kamfilter. Så om tid och möjlighet finns bör man sikta på en stereolyssningssituation för så många som möjligt i publiken och sedan i detta system leverera en mix som är i stereo i så stor mån det går utan att det påverkar lyssnarna som har en monosituation negativt. Alltså där enskilda instrument inte faller bort bara för att man inte hör ena kanalen, precis som mixen som användes i detta test.

Detta experiment är designad för att på så många sätt som möjligt likna ett praktiskt scenario. Det finns garanterat många andra sätt att undersöka detta problem på som eliminerar vissa faktorer och gör det till ett mer exakt laborationsexperiment. Allt sånt skapar dock kompromisser mot hur det faktiskt fungerar i praktiken och det är det praktiska scenariot som fokus ligger på i denna uppsats. Detta gör också att denna uppsats som sådan har stor ekologisk validitet.

Referenser

1. Bill Webb and Jason Baird: Advances in line array technology for live sound, AES 18th UK conference, London UK (2003)
2. Hans Evers: Stereoteknik, Sveriges Television Stockholm (2005)
3. Hans Nicklasson: Jakten på det perfekta PA-ljudet, Eget förlag (2006)
4. Datablad för d&b audios T och Q system:
<http://www.dbaudio.com/en/support/downloads/polar-data/> (2010-12-19)

Bilagor

Bilaga 1

Svarblankett lyssningstest

Testgrupp nr:

Du kommer att få lyssna på två system. Ta ställning till vilket du föredrar.

Vilket system föredrar du?

Svara med ett kryss.

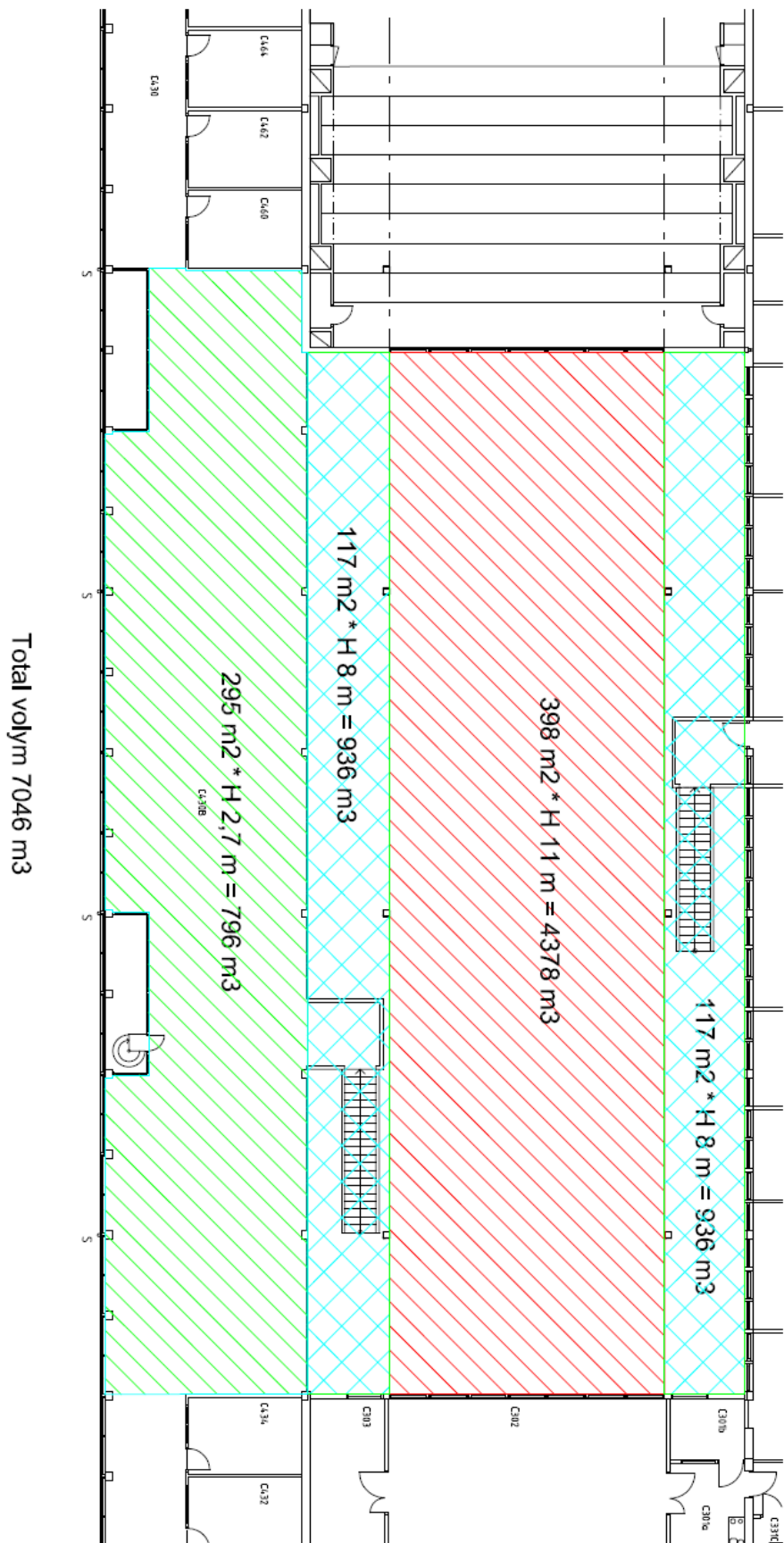
System A:

System B:

Beskriv med ord vad i ljudupplevelsen som gör att du föredrar detta system:

Var det något som gjorde att du ogillade det andra systemet? Vad?

2011-03-17



Källa: Krister Lundberg på Akademiska hus.