

## Källorienterat ljud – Del 2

**Alf Berntson**

**Detta är del 2 i en artikelserie om källorienterat ljud. I del 1 gick Alf Berntson igenom problemet med fel lokalisering av ljudkällor och hur hörseln lokaliserar ljud. I denna del presenteras tekniska lösningar och några framtidsvisioner.**

### Problemet

Uppgiften som skall lösas är att förstärka flera ljudkällor samtidigt som lokaliseringen av ljudkällorna är riktig. Syn- och hörselintryck skall överensstämma.

Eftersom artisterna rör sig på scenen så skall systemet kunna skapa flera samtidiga virtuella ljudkällor som hela tiden kan ändra position oberoende av varandra. Dessutom bör lokaliseringen fungera för större delen av publiken – inte bara i en ”hot spot” som för konventionell stereo. Om akustiken inte är något problem så kunde en perfekt liten anläggning med osynlig mikrofon och högtalare placerad på varje artist vara en teoretisk lösning. I praktiken lär vi nog få vänta länge på den lösningen...

### Lösning

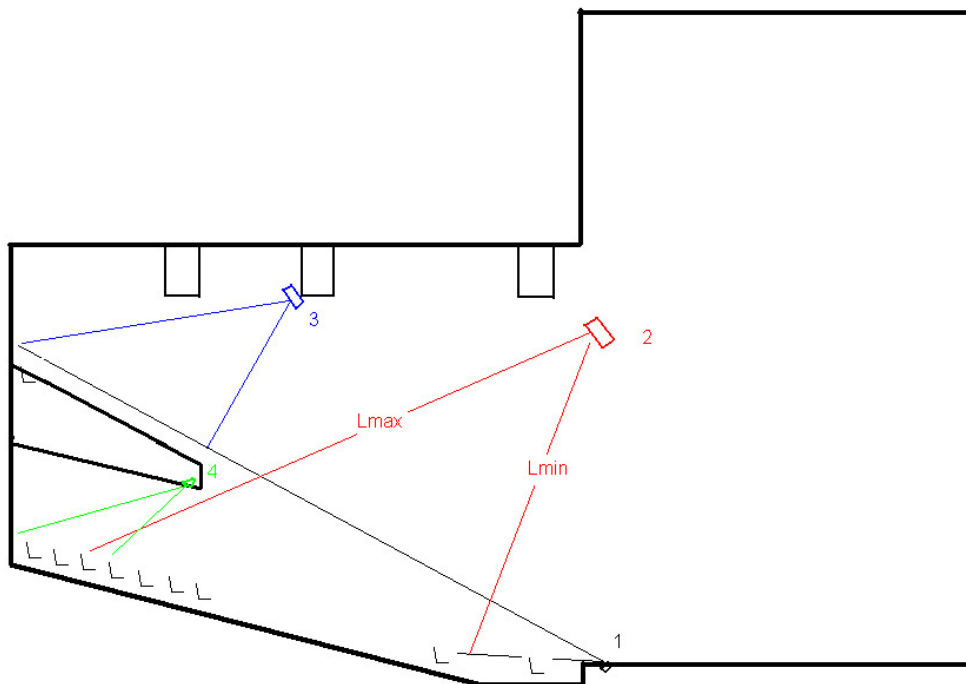
Med hjälp av en matrismixer med möjlighet till reglering av både nivå och fördröjning i korspunkterna kan vi få ”lagen om första vågfronten” att fungera och åstadkomma en korrekt lokalisering. Kommerciella ljudprocessorer kan i dag skapa flera samtidiga virtuella ljudkällor på detta sätt. Är högtalarna korrekt placerade, dimensionerade och injusterade så kan lokaliseringen fungera för större delen av publiken.

För att kunna förstärka maximalt utan att få fel lokaliseringen så skall högtalarljudet fördröjas ca 10-30 ms relativt direktljudet.

Ligger vi i det området så kan högtalarljudet vara uppemot 10 dB starkare än direktljudet. Men vi måste ha tillräcklig direktljudsnivå för att trigga lokaliseringen. För sångare med svagare röster eller om förstärkningen är hög så måste direktljudsnivån höjas. Ett sätt att åstadkomma detta är att placera högtalare i scenframkantsområdet (markerade 1 i figur 1). Vanligtvis räcker tre eller fyra högtalare för att ge tillräcklig upplösning i sidled. För varje position som skall ha direktljudsförstärkning används en eller flera fördröjda scenframkantshögtalare så att en virtuell ljudkälla inne på scen bildas. Det är viktigt att dessa högtalare täcker större delen av publikplatserna till skillnad från konventionellt ”front-fill” som endast skall täcka de främsta platserna.

Varje ljudkälla (eller grupp av ljudkällor som har samma position) som skall kunna lokaliseras kräver en ingång i matrismixern. Varje högtalare som behöver justering av fördröjning eller nivå för olika källpositioner kräver en separat utgång på matrismixern.

Idealiskt skall varje utgång (utom de för eventuella direktljudshögtalare) täcka en väl avgränsad del av publiken med en jämn ljudnivå, då kan vi åstadkomma maximal förstärkning. Placeringen av högtalare för en utgång och ytans storlek som skall täckas skall helst vara sådan att skillnaden mellan kortaste och längsta avstånd till högtalaren blir mindre än ca 7 m. Då kan vi med korrekt fördröjning hålla oss inom ca 10-30 ms fördröjning relativt direktljudet. Figur 1 visar en principlösning i en teater.



**Figur 1.** Högtalarsystem för källorienterad förstärkning av ljud från scen. Om den naturliga nivån från sångarna är svag så används högtalarna (1) för att förstärka direktljudet. Typiskt antal är 3-4 stycken fördelade över scenens bredd. Ljudet från dessa skall täcka alla publikplatser. Övriga högtalare (2-4) skall helst täcka väl avgränsade delar av publikytan så att  $L_{max}-L_{min}<7$  m.

En ljudlokalisering eller "ljudbild" skapas vanligtvis av flera utgångar och högtalare för att kunna täcka hela publiken. Antalet lokaliseringar eller "ljudbilder" är obegränsat och oberoende av antalet in- och utgångar i matrismixern. Men vi kan inte ha fler **samtidiga** "ljudbilder" än antalet ingångar i matrismixern. För de flesta teatrar är det tillräckligt att dela upp scenen i nio lokaliseringzoner, (tre i sidled) x (tre i djupled) för förstärkning av artister på scenen. Till detta läggs lämpligen ett antal "ljudbilder" för avancerade effekt-ljud i salongen.

Val av högtalartyp samt högtalarnas antal, placering och täckning kräver noggrann projektering. Beräkning i simuleringsprogram av typ CATT Acoustics (ref 1) med möjlighet till auralisering (lyssning) är till stor hjälp. För att få en så realistisk upplevelse som möjligt så kan både auralisering och visualisering göras. Avancerade multimediapresentationer

med både auralisering och visualisering kan i dag göras på vanliga PC-datorer med hjälp av mjukvaror som CATT Acoustics och 3D Studio. För närvarande sker utveckling av en produkt kallad Acoustic Studio som förenklat har till uppgift att agera tolk mellan 3D Studio MAX och CATT Acoustics (ref 2).

Viktigt att komma ihåg:

- Val av högtalartyp, antal, placering och täckning kräver noggrann projektering. Beräkning i simuleringsprogram typ CATT Acoustics är till stor hjälp.
- Svaga ljudkällor eller hög förstärkning kräver minst 3-4 scenfrankantshögtalare för att förstärka direktljudet. Dessa högtalare skall täcka hela publiken.

- Det krävs lika många ingångar i matricmixern som antalet källpositioner som samtidigt skall kunna förstärkas.
- Noggrann injustering av EQ för högtalarna krävs. Inställningarna får inte ändras.

## Produkter

Det första systemet för källorienterad förstärkning utvecklades i dåvarande Östtyskland i mitten av 70-talet av bl.a. Gerhard Steinke. Systemet kallas Delta Stereophony och installerades i flera stora "kulturpalats" i östblocket. En artikel i juli/augustinumret av JAES 1983 (ref 3) beskriver flera installationer, bl.a. i den stora salen i Palast der Republik i Berlin. 1987 kom en kommersiell produkt för Delta Stereophony system då AKG startade produktionen av processorn DSP 610M Delta Processor. Denna processor är inte längre i produktion.

Enkla system för källorienterad förstärkning kan baseras på en kapabel ljudprocessor. Exempelvis Yamaha DME32 har färdiga matricmixermoduler med både nivå- och fördröjningsjustering i korspunkterna. Genom att återkalla förinställningar så kan scener med olika ljudbilder återkallas. Det finns inte i dag möjlighet till dynamiska förändringar mellan positioner så som i TiMax (ref 4).

Det kommersiella system som används mest i dag är TiMax från Outboards Electronics i Storbritannien. Den stora fördelen med TiMax jämfört med att använda vanliga ljudprocessorer är användarinterfacet och styrmöjligheterna. Outboard producerar tre olika hårdvaror – TiMax Rack System (från 8 in / 8 ut till 32 in / 32 ut), ImageMaker8 (8 in / 8 ut) och ImageMaker 16 (8 in / 16 ut). Mjukvaran ger bl.a. möjlighet till flera samtidiga steglösa dynamiska förlopp synkroniserade med tidskod. En cue i en playlist kan alltså starta en åkning av flera källor mellan olika zoner/ljudbilder. Vi kan alltså följa flera rörliga skådespelare på scenen, men

eftersom åkningarna är förprogrammerade så måste de röra sig på ungefär samma sätt i varje föreställning. Det finns dock möjlighet till att följa en källa i realtid med musen (endast en åt gången).

Om separata processorer finns för EQ och kompressorer/limiters för högtalarsystemet kan matricmixern kopplas in mellan mixbussutgångarna på huvudmixern (FOH) och processoringångarna. Ett annat alternativ är att inserta matricmixern i mixbussarna. Många moderna heldigitala mixrar har parametrisk EQ, kompressor och delay på varje utgång och någon separat "husprocessor" behövs inte.

## I praktiken på Göteborgs Stadsteater

Nyligen projekterade jag ett nytt ljudsystem för Göteborgs Stadsteater. Efter diskussioner med teatern beslutades att anläggningen skulle dimensioneras för att klara källorienterad förstärkning. Stadsteaterns behov uppfylldes relativt väl med en TiMax ImageMaker 16. Denna har insertats i mixbussarna på mixern Yamaha PM1D. Mixbuss 1-8 insert out går till TiMax in och de 16 utgångarna på TiMax går till mixbuss 1-16 insert in före EQ och kompressorer. Observera att det är viktigt att EQ är justerade för högtalarna innan injustering av TiMax görs. Om kompressorer används på utgångarna bör de vara ställda lika och den relativa nivån mellan utgångarna och på förstärkarna får naturligtvis inte ändras efter injustering.

Scenen är indelad i nio zoner. TiMax är injusterad för att ge korrekt lokalisering av mittpositionen i varje zon. Två varianter finns av detta, dels då de tre högtalarna infällda i främre delen av scengolvet (L-Acoustics MTD 108a) används för direktljudsförstärkning och dels utan dessa högtalare när det naturliga direktljudet har tillräcklig nivå.

Förutom de nio scenzonerna så finns fem ljudeffektzoner ("Image Definitions"):

1. Främre del av salong vänster
2. Främre del av salong höger
3. Bakre del av salong vänster
4. Bakre del av salong höger
5. Tak i salong

Teatern använder DAR OMR 8 som flerkansals uppspelningssystem. Här kan man då synkronisera ljudeffekterna med åkningar eller statiska virtuella positioner. Om en speciell effekt önskas i en föreställning kan naturligtvis fler "ljusbilder" programmeras exempelvis flygningar med ljud som rör sig även utanför det fysiska rummet.

Högtalarsystemet består av:

- tre huvudsystem för tal/sång för parkett vänster, mitt och höger (L-Acoustics MTD 112)
- tre direktljudshögtalare, vänster, mitt och höger, infällda i främre delen av scengolvet (L-Acoustics MTD 108a)
- tre balkongfillhögtalare, vänster, mitt och höger, infällda i takskärm
- surroundhögtalare runt väggar och i tak (även sub-basar)
- musiksystem vänster och höger toppar (L-Acoustics MTD 115) och två sub-basar (L-Acoustics SB 218 placerade i avtantloger)
- ljudeffekthögtalare inne i scenområdet

## Effektljud

En fördröjningsmatris kan även användas som ett avancerat surroundsystem för ljudeffekter. Utifrån en flerkansals inspelning kan då flera virtuella ljudpositioner placeras i eller utanför rummet. Positionerna kan vara statiska eller så kan dynamiska åkningar tidssynkroniseras med ljudeffekterna.

## Framtiden

Inom en snar framtid är jag övertygad om att vi kommer att se digitala mixerbord med fördröjningsmatriser inbyggda. Hårdvarumässigt är det inga problem, det som är svårare och mycket viktigt är att få användarvänlig hantering. Ljudteknikerna är redan idag hårt pressade och ytterligare krångliga uppgifter måste undvikas.

Slutmålet är dock att få en helt automatiskt styrd matris mixer som sköter sig helt själv. Redan i dag används positioneringssystem för att automatiskt styra följestrålkastare. I föreställningen "The Witches of Eastwick" på west-end-teatern Drury Lane i London används Wybron Autopilot för att förvandla DMX-styrda rörliga strålkastare till automatiska följespottar. I en flygsekvens då häxorna flyger ut över publiken följer ett antal strålkastare med i rörelsen. Systemet består av sändare (max 4 st) som bärs av skådespelarna, åtta mottagare och en DMX-controller. Controllern omvandlar positionsinformationen från mottagarna till pan- och tilt-kommandon till strålkastarna. Maximalt 24 strålkastare kan styras samtidigt. Att utnyttja detta system för styrning av nivå och fördröjning i en matris mixer bör inte vara ett alltför svårt problem att lösa.

## Referenser

- [1] CATT Acoustics. Se [www.catt.se](http://www.catt.se)
- [2] Zachrisson, O. (2003): Acoustic Studio - Ett arbete om akustiken i arkitekturen och datorn som ett auditivt verktyg. Examensarbete vid institutionen för arkitektur, Chalmers tekniska högskola.
- [3] Steinke, G. (1983): Delta Stereophony - A Sound System with True Direction and Distance perception for large Multipurpose Halls. J. Audio Eng. Soc., Vol. 31, No. 7, July/August.
- [4] TiMax. Se [www.outboard.co.uk](http://www.outboard.co.uk)



Artikelförfattaren Alf Berntson arbetar som konsult inom rumsakustik, elektroakustik och styrsystem. Han är teknologie licentiat inom psykoakustik och har de senaste 15 åren arbetat med projektering. Bland annat har han projekterat ljudanläggningar för Göteborgs-Operan, Norrköpings Konserthus och Göteborgs Stadsteater. För Göteborgs stadsteater har han även projekterat det nya inspicient- och show control systemet. Alf jobbar nu bl.a. med projektering av ljud- och inspicientanläggningar för nya operahuset i Oslo. Du kan nå Alf på [alf@artifon.se](mailto:alf@artifon.se) eller på telefon 031-761 88 10.