



Improving loudspeaker characteristics in low power output conditions using digital signal processing

Andreasson, Jonas
jo7334an-s@student.lu.se

Olsson, Love
lo0016ol-s@student.lu.se

15 Januari 2024 - 3 Juni 2024

1 Bakgrund

Aktiv högtalardesign i lågeffektmiljö är ofta en kompromiss av flera faktorer, t.ex. begränsad förstärkareffekt, fysiska storleksrestriktioner, och behovet av högkänsliga högtalarenheter. På grund av dessa kompromisser, påverkas högtalarens lågfrekventa egenskaper negativt. En lösning på problemet, utan att ändra högtalarens fysiska design, är att applicera diverse digitala signalbehandlingsmetoder för att öka den uppfattade ljudkvalitén. Således, är det av intresse att undersöka vilket slag av signalbehandling som tillhandahåller den bästa förbättringen av den uppfattade ljudkvalitén i lågeffektmiljöer när förstärkaren har tillgång till ytterligare effekt.

2 Mål

Huvudmålen av projektet är:

- Undersök vilket slag av signalbehandling kan användas för att förbättra den uppfattade ljudkvalitén för alla högtalare.
- Undersöka hur signalbehandlingen kan utföras på ett optimal sätt under diverse förhållande (t.ex. olika ljudnivåer eller begränsad bandbredd).
- Hur snabbt kan signalbehandlingen justeras när ljudinnehållet ändras, såsom förändrar signalnivå, utan att orsaka mätstörningar.

3 Metodik och metoder

För att kunna nå upp till målen kommer flera mjukvarualgoritmer skrivas och prövas i realtid på högtalare. Eftersom ljudupplevelse är subjektivt kommer lyssningstester att hållas där deltagare får gradera olika utrop och genrer av musik och på så sätt utvärdera hur bra implementationen är ljudmässigt. Detta hjälper även särskilda algoritmer, t.ex. Virtual Bass Enhancement, där frekvensspektrumet och systemets impulssvar ser väldigt lika ut jämfört med original signalen. Ytterligare kommer algoritmerna utvärderas på hårdvaruanvändning såsom CPU-användning.

Genom studier av publicerad litteratur kommer lämpliga algoritmer undersökas utifrån hur bra resultat de ger inom framför allt ljudkvalité och processorsbelastning men även negativa effekter som kan uppstå så som latens i signalen. Nästa avsnitt beskriver några av de tidigare arbeten som hittats men kommer under examensarbetets gång utökas. När litteraturen undersökts och

lämpliga algoritmer hittats kommer dessa implementeras. Sedan genom bland annat spektrumanalys, inspektion av ljudvågor, och genom att lyssna på det kommer, potentiellt, flera algoritmer gallras så att 2-3 algoritmer kvarstår som utifrån dessa kriterier anses vara bättre än övriga. Dessa algoritmer, tillsammans med de som Axis tidigare använt, kommer sedan att testas på musik och utrop. Genom ett standardiserat och strukturerat lyssnartest, så som [1], kan dessa algoritmer utvärderas på musik. Utrop har inte lika stort frekvensband jämfört med musik och det viktiga är att lyssnaren förstår vad det är utropet vill förmedla. Genom att spela upp varierande utrop på olika ljudnivåer, detta för att simulera avstånd till högtalare, kan vi mäta hur bra utropets budskap förmedlas genom att be deltagare att berätta innebörden av meddelandet.

4 Vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet

För att kunna nå fram till ett så bra resultat som möjligt kommer vi att studera en större mängd artiklar och projekt med fokus på digital signalbehandling och ljudteknik.

Att små högtalare har en signifikant reduktion i effekt på låga frekvenser(bas) jämfört med andra frekvenser är ett väldokumenterat problem[2]. På institutionen EIT finns kunskap och erfarenhet inom digital signalbehandling hos professorer, doktorander och andra lärare som kan stå till hjälp vid svåra problem.

Grundläggande information och forskning kring ämnet finns även i publiceringar så som[3][4][5][6].

5 Bidrag till kunskapsutveckling

Vid ett lyckat examensarbete kommer vi kunna bidra till ämnet genom att förbättra de metoder och algoritmer som används i dagsläget för högtalare samt bidra till en större kunskapsbas inom digital signalbehandling för mindre högtalare.

6 Krav på resurser

Examensarbetet har utvecklats i samarbete med Axis Communications och kommer bedrivas på plats hos dem. För att kunna utföra arbetet kommer Axis se till att datorer, arbetsplats och kunskaper och information inom ämnet finns på plats. Även högtalare, mikrofoner eller liknande material som kommer behövas förses av Axis.

Referenser

- [1] *Method for the subjective assessment of intermediate quality level of audio systems*, ITU-RBS.1534-1, International Telecommunication Union, 2015.
- [2] C. Shi, H. Mu, and W.-S. Gan, "A psychoacoustical preprocessing technique for virtual bass enhancement of the parametric loudspeaker," in *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, May 2013, pp. 31–35.
- [3] W. Gan, S. Kuo, and C. Toh, "Virtual bass for home entertainment, multimedia pc, game station and portable audio systems," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 47, no. 4, pp. 787–796, Nov 2001.
- [4] M. Karjalainen and T. Paatero, "Equalization of loudspeaker and room responses using kautz filters: Direct least squares design." *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, vol. 2007, no. 1, p. 060949, 2007.
- [5] L. K. Chiu, D. V. Anderson, and B. Hoopes, "Audio output enhancement algorithms for piezoelectric loudspeakers," in *2011 Digital Signal Processing and Signal Processing Education Meeting (DSP/SPE)*, Jan 2011, pp. 317–320.
- [6] Y. Fang, H. Zou, and Q. Huang, "Small-sized loudspeaker equalization based svd-krylov model reduction and virtual bass enhancement," in *4th International Conference on Smart and Sustainable City (ICSSC 2017)*, June 2017, pp. 1–5.