

5.1 oder 5.2 Surround - Ist Surround taktil erweiterbar?

Sebastian Merchel¹, Ercan Altinsoy²

Institut für Akustik und Sprachkommunikation, 01062 Dresden, Deutschland

¹ sebastian.merchel@tu-dresden.de ² ercan.altinsoy@ias.et.tu-dresden.de

Kurzfassung

Bei musikalischen Darbietungen wird der Schall vom Hörer oft sowohl auditiv als auch taktil wahrgenommen. Eindrucksvolle Beispiele sind die Pauken im klassischen Konzert, die Orgel in der Kirche oder Rockkonzerte. Dabei regt der Luftschall die Sitzplätze oder die Körperoberfläche direkt zum Mitschwingen an. Es kann (z. B. bei der Orgel) auch direkt Körperschall von der Schallquelle zum Hörer übertragen werden.

Obwohl in der Realität diese taktilen Komponenten wahrnehmbar sind, fehlen sie oft bei der Reproduktion von Musikaufnahmen im Heimbereich. Das liegt unter anderem an niedrigeren Pegeln und am eingeschränkten Frequenzbereich der Wiedergabelautsprecher. Im Surround-Standard [1] ist für die Reproduktion tieffrequenter Effekte ein zusätzlicher Kanal (LFE) vorgesehen. Dieser wird üblicherweise über einen Subwoofer wiedergegeben. Die Reproduktion von taktilen Komponenten ist dabei nur eingeschränkt möglich. Eine Erweiterung des Systems durch einen elektrodynamischen Schwingerreger zur Wiedergabe von Ganzkörperschwingungen kann sinnvoll sein.

Dieser Beitrag untersucht welchen Einfluss solche Erweiterung auf die authentische Reproduktion von Musik hat. Kann die Gesamtqualität, Präsenz und Natürlichkeit eines reproduzierten Konzerterlebnisses durch zusätzliche Wiedergabe von Vibrationen verbessert werden? Verschiedene Wiedergabemöglichkeiten werden in einem Pilotversuch verglichen. Die Ergebnisse werden mit Hinblick einer möglichen Erweiterung für Surroundwiedergabe diskutiert.

Einleitung

Messungen in realen Konzertsituationen zeigen deutlich überschwellige Ganzkörpervibrationen. Diese korrelieren stark mit den akustischen Aufnahmen. Bei der Wiedergabe von Konzertaufnahmen stehen solche Messungen in der Regel nicht zur Verfügung. Daraus ergeben sich folgende Fragen: Ist es möglich ein Vibrationssignal aus den Audiospuren zu erzeugen? Welchen Einfluss hat die Tiefpassfrequenz? Wie hoch sollte die Amplitude sein?

Bisherige Arbeiten konzentrieren sich hauptsächlich auf die Wahrnehmung von Synchronität auditiver und taktiler Stimuli ([2], [3], [4], [5]). Walker et. al. [6] untersuchte die Wahrnehmung taktiler Komponenten bei der Wiedergabe von Actionfilmen.

Experiment

An diesem Pilotversuch nahmen vier Probanden (2 männliche, 2 weibliche) im Alter von 26-46 Jahren teil. Ihr Gewicht betrug 58-85 kg. Alle gaben an, nicht an Hör- oder Wirbelsäulenbeschwerden zu leiden.

Versuchsaufbau

In Abbildung 1 ist das verwendete Setup zur Wiedergabe von Surroundaufnahmen nach ITU [1] dargestellt. Zusätzlich sollten der sitzenden Versuchsperson Ganzkörperschwingungen in vertikaler Richtung wiedergegeben werden. Dafür kam ein elektrodynamischer Schwingerreger zum Einsatz. Das Übertragungsverhalten in vertikaler Richtung wurde ermittelt und mit Hilfe inverser Filter in MATLAB kompensiert.

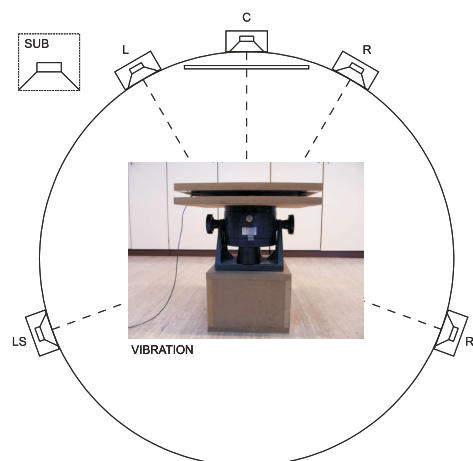


Abbildung 1: Versuchsaufbau mit sechs Lautsprechern gemäß ITU [1]. Zusätzlich werden vertikale Ganzkörperschwingungen über einen elektrodynamischen Schwingerreger wiedergegeben.

Das Übersprechverhalten von Subwoofer und Schwingerreger kann als unkritisch eingestuft werden. Die durch den Subwoofer erzeugten Sitzvibrationen waren kleiner als 0.5 mm/s^2 . Das durch den Sitzschwinger erzeugte Geräusch war 40 dB unter dem durch die Lautsprecher produzierten Signal. Der durch die Lautsprecher erzeugte Schalldruckpegel in der Hörposition betrug im Mittel $68 \text{ dB}(A)$.

Stimuli

In den verwendeten Stimuli sollten folgende Instrumentengruppen, in denen tieffrequente Vibrationen zu erwarten sind, vertreten sein: Orgel, Pauke, E-Bass und Trommeln sowie Kontrabässe. Vier charakteristische Musikstücke wurden ausgewählt:

- Bach – Toccata in D minor,
- Verdi – Messa Da Requiem Dies Irae,
- Blue Man Group – The Complex Sing Along,
- Dvořák – Slawischer Tanz e-Moll.

Aus der Summe der drei vorderen Audiokanäle und (wenn vorhanden) dem LFE Kanal wurde ein Vibrations-signal generiert (Abbildung 2). Für die hier ausgewählten Stimuli erwiesen sich zwei Tiefpassfrequenzen als sinnvoll ($f_1 = 100\text{ Hz}$, $f_2 = 200\text{ Hz}$). Mit zwei Probanden wurde die Amplitude der Ganzkörperschwingung so eingestellt, dass diese leicht überschwellig wahrgenommen wurde ($a_1 = 0\text{ dB}$). Um den Einfluss der Vibrationsamplitude zu untersuchen, wurden zusätzlich um $a_2 = 6\text{ dB}$ verstärkte Vibrationen generiert. Der Spitzenwert der Beschleunigung in vertikaler Richtung erreichte 250 bis 600 mm/s^2 . Die Stimuluslänge betrug 1.5 Minuten.

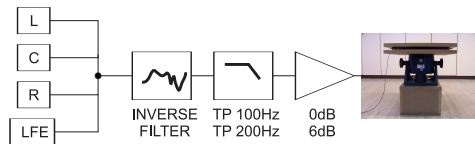


Abbildung 2: Erzeugung eines Vibrationssignales aus vier der sechs DVD-Audiospuren mit Frequenzgangkompensation des Schwingerreggers und variablem Tiefpass sowie variabler Verstärkung.

Versuchsdesign

Es wurden alle Wiedergabevarianten (Tiefpassfrequenzen und Vibrationsamplituden) einer Musiksequenz nacheinander präsentiert. Die Präsentationsreihenfolge der Varianten einer Musiksequenz, sowie die Reihenfolge der Musiksequenzen, wurde dabei mit Hilfe eines Williams Square randomisiert. Die Versuchspersonen sollten die Gesamtqualität des Konzerterlebnisses auf einer kontinuierlichen Skala von schlecht bis ausgezeichnet beurteilen. Zusätzlich wurden Präsenz und Natürlichkeit des Konzerterlebnisses mit Hilfe einer fünfstufigen Rohrman Skala bewertet.

Ergebnisse und Diskussion

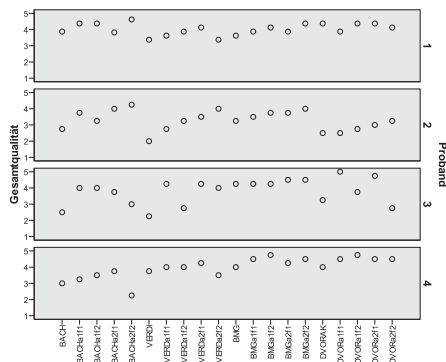


Abbildung 3: Gesamtqualitätsurteil der vier Probanden für alle 20 Stimuli.

In Abbildung 3 sind die Urteile aller vier Probanden bezüglich der wahrgenommenen Gesamtqualität des Konzerterlebnisses mit und ohne Vibrationsdarbietung dargestellt. Die vier unterschiedlichen Vibrationsvarianten sind durch Amplitude (a_1, a_2) und Tiefpassfrequenz (f_1, f_2) gekennzeichnet. Es ist erkennbar, dass die Konzertreproduktion mit Vibration im Mittel besser beurteilt wird als ohne. Allerdings streuen die Urteile stark, so dass für statistisch signifikante Aussagen größer Versuchspersonenzahlen notwendig sind. Zudem deutet sich eine Abhängigkeit der Urteile von Tiefpassfrequenz sowie Musiksequenz an. Ähnliche Ergebnisse wurden für Natürlichkeit und Präsenz erzielt.

Betrachtet man Qualität nach Jekosch [7] als Ergebnis der Bewertung der wahrgenommenen Merkmale im Hinblick auf die erwarteten Merkmale, so kann die beobachtete Qualitätsverbesserung erklärt werden.

Zusammenfassung

- Die wahrgenommene Gesamtqualität, Präsenz sowie Natürlichkeit des Konzerterlebnisses wurde mit Vibration meist besser beurteilt.
- Das Vibrationssignal lässt sich für die hier ausgewählten Stimuli aus dem tiefpassgefiltertem Summensignal der Audiokanäle generieren.
- Zur Bestimmung der idealen Tiefpassfrequenz und Amplitude sind größere Versuchspersonenzahlen notwendig. Weitere Versuche finden zur Zeit an der TU Dresden statt.
- Surroundwiedergabe ist durch das Hinzufügen einer weiteren Sinnesmodalität erweiterbar.

Literatur

- [1] ITU-R BS.775-1: Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture, 1992
- [2] Altinsoy, Blauert und Treier: Intermodal effects of non-simultaneous stimulus presentation, 7th International Congress on Acoustics, Rome, Italy, 2001
- [3] Daub und Altinsoy: Audiotactile simultaneity of musical-produced whole-body vibrations, Joint Congress CFA/DAGA, Strasbourg, France, 2004
- [4] Martens und Woszczyk: Perceived Synchrony in a Bimodal Display: Optimal Delay for Coordinated Auditory and Haptic Reproduction, ICAD, Sydney, Australia, 2004
- [5] Walker, Martens und Kim: Perception of Simultaneity and Detection of Asynchrony Between Audio and Structural Vibration in Multimodal Music Reproduction, AES 120th Convention, Paris, France, 2006
- [6] Walker und Martens: Perception of Audio-Generated and Custom Motion Programs in Multimedia Display of Action-Oriented DVD Films, HAID, 2006
- [7] Jekosch: Voice and speech quality perception - Assessment and Evaluation, Springer, Berlin, 2005