

Binaurale Wiedergabetechniken

Sontacchi A., Noisternig M., Majdak P., Höldrich R.

Mittels binauraler Wiedergabetechniken können bei Kopfhörerwiedergabe Schallereignisse frei im virtuellen Raum positioniert werden.

Das Anwendungsfeld dieser Wiedergabetechniken ist breit gefächert. Denkbar ist beispielsweise die akustische Aufbereitung von Bildschirmhalten, um sehbehinderten Personen die Arbeit mit Computern zu erleichtern. Weiters kann durch die Möglichkeit der Simulation komplexer akustischer Räume der Gesamteindruck bei VR (Virtual Reality) Applikationen realistischer gestaltet werden.

Die Darstellung virtueller Schallquellen mittels binauraler Wiedergabetechniken stellt einen sehr rechenintensiven Prozess dar. Erst der rasche Anstieg der zur Verfügung stehenden Rechenleistung hat die Entwicklung der Binauraltechnik in Form von Echtzeitsystemen ermöglicht.

Grundlagen

Um eine virtuelle Hörwahrnehmung generieren zu können, muss zuerst eine Analyse der tatsächlichen Wahrnehmung erfolgen. Aus der Analyse werden Hörparameter extrahiert. Der Syntheseprozess besteht nun in der Zusammenfügung der extrahierten Parameter. Die begrenzte Genauigkeit der Analyse, sowie die, aufgrund der begrenzt zur Verfügung stehenden Rechenleistung, notwendige Vereinfachung der verwendeten Algorithmen, führen zu Artefakten in der synthetisierten Abbildung der Schallquelle. Diese Artefakte wirken sich in Form von Fehllokalisierung, Verwischung der wahrgenommenen Schallquellenbreite, begrenzte Außerkopflokalisation, sowie Klangverfärbungen aus. Prinzipiell entsteht die Diskrepanz zwischen der Optimierung hinsichtlich der Abbildungsgenauigkeit und der zur Verfügung stehenden Rechenleistung.



Hörversuche

Prinzip

Die originalgetreue Reproduktion eines aufgezeichneten Schallfeldes, sowie die Spatialisation von Monoquellen, erfordert bei Kopfhörerwiedergabe eine Filterung der virtuellen Schallquellen mit sogenannten Außenohrübertragungsfunktionen (HRTFs, Head Related Transfer Functions). Diese beschreiben die Signale an den Trommelfellen beider Ohren in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der Schallwelle. Psychoakustische Versuche zeigen, dass die menschliche Hörwahrnehmung zur Verbesserung der Lokalisation von Schallquellen kleine Kopfbewegungen auswertet. Um dieses Phänomen binauralen Applikationen zugänglich zu machen, ist die Implementierung eines Headtrackers notwendig. Die Realisierung eines dynamischen Systems ergibt jedoch, aufgrund des nur begrenzt zur Verfügung stehenden Speichers, die

Problematik zeitvarianter Interpolation zwischen den verschiedenen HRTFs. Eine Lösungsmöglichkeit bietet die Kodierung der virtuellen Schallquellen mittels verschiedener Panning-Methoden, wobei Änderungen der Kopfposition durch zeitvariante Manipulationen (Rotations- und Translationsmatrix) der kodierten Signale realisiert werden. Die Implementierung der benötigten HRTFs kann nun mittels zeitinvarianter Filter realisiert werden.

Da die HRTFs eine sehr große Personenabhängigkeit aufweisen, führt die Verwendung nicht individualisierter HRTFs zu weiteren Artefakten bei der binauralen Abbildung der virtuellen Schallereignisse. Verschiedene Lösungsansätze modellieren die HRTFs anhand verschiedener Kopfmodelle, um eine parametrisierbare Individualisierung zu erreichen.

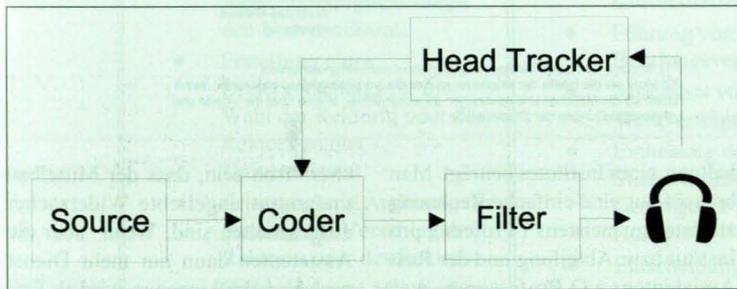
Optimierung des Systems und Implementierung

Die Auswirkung der Optimierung der Parameter des Systems auf die menschliche Hörwahrnehmung kann nur anhand von Hörversuchen ermittelt werden. Da dies einen sehr zeitaufwendigen Prozess darstellt, muss die Anzahl der zu evaluierenden Parameter auf ein Minimum begrenzt werden. Es wurde ein mathematisches Modell entwickelt, welches eine Simulation und Optimierung des Systems bezüglich der Lokalisation un-

ter Betrachtung psychoakustischer Effekte ermöglicht. Die Verifizierung des mathematischen Modells erfolgte anhand von Hörversuchen.

Weiters wurde ein Prototyp des Systems mittels jMax und PD (zweier Echtzeit Soundverarbeitungstools) auf einem UNIX-Rechner implementiert und auf Qualität und Effizienz überprüft.

Abschließend erfolgte die Implementierung auf verschiedenen DSP-Plattformen.



Prinzipieller Aufbau des Gesamtsystems

Kooperation mit Texas Instruments, das ELITE Projekt

Im Zuge des ELITE-Projektes wurden von Texas Instruments die benötigten DSP-Plattformen, sowie die zugehörige Entwicklungsumgebung zur Verfügung gestellt.

Kooperation mit AKG Acoustics, Wien

Die Kooperation besteht seit einem Jahr. Ziel ist die Optimierung der gefundenen Algorithmen hinsichtlich der Implementierung auf verschiedenen DSP-Plattformen als Vorentwicklung eines Consumer-Produktes.

Weitere Informationen:

Institut für Elektronische Musik und Akustik
Inffeldgasse 10/3
8010 Graz
<http://iem.kug.ac.at>

Handfreies „Tischtennis-spiel“ mit Gedanken

Pfurtscheller G., Scherer R., Krausz G.

Anlässlich der „Science Week 2002“ werden wir erstmals ein System vorstellen, mit dem 2 Personen auf einem Computer-Monitor ein Tischtennispiel ausführen können, wobei die Schlägersteuerung rein mental, d.h. über Gedanken, erfolgt.

An beiden Probanden werden dabei Hirnpotentiale (EEG) registriert, verstärkt und mit Hilfe eines Brain-Computer Interface (BCI) analysiert, klassifiziert und in Steuersignale umgewandelt. Gedanken sind mit Aktivitätsänderungen in neuronalen Netzwerken verbunden und führen dadurch auch zu messbaren Änderungen im EEG. Handelt es sich bei der mentalen Aktivität z.B. um das Vorstellen rechter oder linker Handbewegungen, so wird dadurch die bioelektrische Aktivität in der zentralen motorischen Handrepräsentationsarea in beiden Hemisphären charakteristisch verändert, und kann somit mit 2 bipolaren EEG-Ableitungen erfaßt werden. Nach einem Training kann mit den dabei registrierten EEG-Signalen ein personenspezifischer Klassifikator

erstellt werden, der dann für die Online-Klassifikation der Handaktivitätsmuster eingesetzt wird. Eine Bewegung des Schlägers auf dem Monitor nach rechts setzt daher das Imaginieren einer rechten Handbewegung voraus. Eine Linksbewegung wird durch das Imaginieren einer linken Handbewegung eingeleitet.

Die Abbildung (rechts) zeigt das EEG-Verstärkersystem, an dem beide Probanden angeschlossen sind, mit dem Bildschirm und den beiden „Schlägern“, mit denen der „Ball“ getroffen werden soll. Im Vordergrund sieht man zwei Personen mit Elektrodenhaube und EEG-Ableitungselektroden.

Die Erstellung einer personenspezifischen Klassifikation für die Echtzeitverarbeitung von Hirnsignalen stellt die Grundlage einer neuen Interface-

technologie mit dem Ziel dar, den „Mouseclick“ einmal durch einen „Brainclick“ zu ersetzen. Man darf daher nicht vergessen, dass sich die Hirnpotentiale im Bereich von nur einigen Millionstel Volt bewegen und das Gehirn dauernd aktiv ist. Das Signal-Störverhältnis ist somit denkbar schlecht und eine „Nullklasse“ ohne jegliche mentale Aktivität existiert nicht.

beim Tischtennis....

