

Hybrid Reverb für Ambisonics

Expose zur Masterarbeit

Alexander Poletajev

Februar 2016

Contents

1	Einleitung und Fragestellung	3
2	Stand der Forschung	4
2.1	Abstandswahrnehmung	4
2.2	Hybrid Reverb	4
3	Methoden	5
3.1	Was soll das Plugin leisten?	5
4	Zeitplanung	6

Abstract

An der TU-Berlin ist ein Ambisonics System aufgebaut, mit dem sich virtuelle Schallquellen auf beliebigen Raumwinkeln verteilen lassen. Leider bietet es aber keine Möglichkeit den wahrgenommenen Abstand der virtuellen Quellen zum Hörer effektiv zu beeinflussen. Im Rahmen dieser Masterarbeit soll deshalb ein Reverb Plugin erstellt werden, mit dessen Hilfe der virtuelle Abstand durch gezielte Hallerzeugung manipuliert werden kann. Dabei fällt die Wahl auf ein Hybrid Reverb, das die Erstreflexionen mit Hilfe eines Widening Algorithmus und den Nachhall mit einem Feedback-Delay-Network erzeugt. Dazu muss ein geeigneter Crossover Filter erstellt werden, mit dessen Hilfe beide Prozesse sinnvoll verbunden werden können.

1 Einleitung und Fragestellung

In den letzten Jahrzehnten ist die elektroakustische Wiedergabe von Klangfeldern verstärkt in das Interesse der Forschung gerückt. Die wichtigsten Verfahren zu diesem Zweck sind die "Wellenfeldsynthese" (WFS) und "Higher Order Ambisonics" (HOA). Beide Methoden basieren auf der Tatsache, dass ein Schallfeld im Innern eines beliebigen Volumens V , eindeutig über die Feldgrößen auf dem Rand ∂V beschrieben werden kann[7]. Demnach lassen sich theoretisch alle möglichen Schallfelder $P(\mathbf{x} \in V, \omega)$ durch gezielte Kontrolle der Randwerte $P(\mathbf{x} \in \partial V, \omega)$ erzeugen.

Unter Verwendung des RAYLEIGH-Integrals ergibt sich das Schallfeld aus:

$$P(\mathbf{x}, \omega) = \oint_{\partial V} G(\mathbf{x}|\mathbf{x}_0, \omega) D(\mathbf{x}_0, \omega) dA(\mathbf{x}_0), \quad (1)$$

mit der GREENSchen Funktion $G(\mathbf{x}|\mathbf{x}_0, \omega)$ eines Monopols und dessen Position $\mathbf{x}_0 \in \partial V$. Um ein Schallfeld exakt nachzubilden, muss die passende Treiberfunktion $D(\mathbf{x}_0, \omega)$ gefunden werden.

Alle Herangehensweisen zur Lösung dieses Problems haben gemeinsam, dass der Theorie die Annahme von Freifeldbedingungen zugrunde liegt. Das hat zur Folge, dass dem Hörer zur Lokalisation von virtuellen Schallquellen ein wichtiges Hilfsmittel fehlt, die Akustik des Raums. Im Freifeld fällt es dem Menschen nämlich schwer den Abstand einer Schallquelle festzustellen, weil der wichtigste Anhaltspunkt (Cue) zur Abstandswahrnehmung das Direktschall-Hall-Verhältnis ist. Daraus ergibt sich die Fragestellung, in wie fern man die

Abstandswahrnehmung in Ambisonics durch gezielte Hallerzeugung beeinflussen kann. Zu diesem Zweck soll ein "Hybrid Reverb" Plugin erstellt werden, das die Erstreflexionen und den Nachhall durch unabhängige Methoden erzeugt.

2 Stand der Forschung

2.1 Abstandswahrnehmung

Nach "Zahorik[9]" sind die wichtigsten Cues zur Abstandswahrnehmung von Schallereignissen die Intensität, das Direktschall-Hall-Verhältnis, das Spektrum und binaurale Cues. Die Intensität als Cue ergibt sich aus dem Abstandsgesetz¹. Das Spektrum als Cue basiert auf der Luftabsorption, vornehmlich bei hohen Frequenzen. Binaurale Cues gewinnen im Nahfeld einer Quelle an Bedeutung, da dort größere Unterschiede zwischen beiden Hörkanälen entstehen. Diese sind für Lautsprecherwiedergabe jedoch irrelevant. Der wichtigste Cue ist das Direktschall-Hall-Verhältnis (direct-reverberant ratio, D/R). Es steht dem Menschen in reflektierenden Umgebungen zur Verfügung und sinkt mit größer werdendem Abstand.

$$D/R = \frac{\int_0^T h^2(t) dt}{\int_T^\infty h^2(t) dt},$$

mit der Integrationszeit $T = (2 - 3)ms$.

"Albrecht und Lokki[1]" haben gezeigt, dass es sinnvoll sein kann eine Erweiterung des D/R zu verwenden. Um der Wahrnehmung von Erstreflexionen und Nachhall besser gerecht zu werden, schlagen sie das "early-to-late energy ratio" vor. Bei diesem Cue wird die Integrationszeit auf $T = 80ms$ gesetzt. Dieser Cue ist verwandt mit dem Klarheitsmaß C_{80} aus der Raumakustik[8].

2.2 Hybrid Reverb

Hybride Nachhallmaschinen werden immer dann verwendet, wenn es notwendig wird zwei verschiedene Prozesse zur Hallerzeugung zu verwenden. Zum Beispiel lässt sich bei Raumsimulationen Rechenleistung dadurch sparen, dass der Nachhall statt durch Rechenaufwendige Simulationen, durch ein

¹Der Direktschallpegel nimmt um 6dB je Abstandsverdopplung ab

Feedback-Delay-Network (FDN) erzeugt wird[3][6]. In einer neueren Arbeit von "Carpentier"[2] wird ein Hybrid Reverb aufgebaut, der dazu dient auf Raumimpulsantworten gestalterischen Einfluss zu nehmen.

Ein Hybrid Reverb kann demnach in drei Prozesse unterteilt werden: Die Erzeugung von Erstreflexionen, die Erzeugung von Nachhall und den Fade mit Hilfe eines Crossover Filters[4], der die beiden Signale bei der "mixing time" t_{mix} verknüpft. Die Erstreflexionen entstammen meistens entweder aus Simulationen oder Raumimpulsantworten. Für den Nachhall ist FDN sehr nützlich, da es wenig Rechenleistung erfordert und flexibel einstellbar ist. Für t_{mix} stehen verschiedene Auswahlkriterien zur Verfügung, die in [5] zusammengestellt sind.

3 Methoden

Das Plugin soll vorerst in Pure Data² (Pd) erstellt werden. Falls genug Zeit vorhanden sein wird, kann zusätzlich eine Implementierung in einem Vst-Plugin erfolgen. Die Erstreflexionen sollen mit Hilfe eines Widening-Algorithmus[10][11] erzeugt werden. Dieser ist eigentlich zur perzeptiven Verbreiterung virtueller Schallquellen gedacht, kann aber auch zur Erzeugung von Erstreflexionen verwendet werden. Der Nachhall wird durch ein FDN erzeugt. Zum Abschluss der Arbeit wird ein Hörversuch durchgeführt um die Wirksamkeit der Abstandskodierung zu testen. Dafür muss sich im Laufe der Masterarbeit noch klären, ob das "direct-reverberant ratio", das "early-to-late energy ratio" oder eine Kombination von beiden verwendet wird.

3.1 Was soll das Plugin leisten?

Geplant sind zwei Betriebsmodi:

Ein vereinfachter Modus, in dem der Abstand und die Nachhallzeit mit jeweils einem Regler parametrisiert sind.

Ein künstlerischer Modus, der getrennten Zugriff auf das "direct-reverberant ratio" und/oder "early-to-late energy ratio", die Nachhallzeit, das Spektrum und zusätzliche Parameter der Hallsynthese erlaubt. Die zusätzlichen Parameter werden sich bei der Evaluation des Plugins ergeben.

²siehe <https://puredata.info>

4 Zeitplanung

Februar - Implementierung eines multichannel FDN

- Erzeugung unkorrelierter Nachhallsignale für die einzelnen Ambisonicskanäle
- Parametrisierung der Nachhallzeit

März - Implementierung des Widening Algorithmus

April - Implementierung der Crossover-Filters

- Auswahl von t_{mix}
- Zusammenführung zu einem Hybrid Reverb

Mai - Evaluation und Parametrisierung des Plugins

- Implementierung der Modi

Juni - Hörversuche

Juli - Schriftliche Ausarbeitung und Abgabe

References

- [1] Robert Albrecht and Tapio Lokki. Adjusting the perceived distance of virtual speech sources by modifying binaural room impulse responses. 2013.
- [2] Thibaut Carpentier, Markus Noisternig, and Olivier Warusfel. Hybrid Reverberation Processor with Perceptual Control. In *DAFx*, pages 93–100, 2014.
- [3] Hudson Giesbrecht, Will McFarland, Tim Perry, and Michael McGuire. Algorithmic Reverberation. 2009.
- [4] Aaron B. Greenblatt, Jonathan S. Abel, and David P. Berners. A hybrid reverberation crossfading technique. In *Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), 2010 IEEE International Conference on*, pages 429–432. IEEE, 2010.
- [5] Alexander Lindau, Linda Kosanke, and Stefan Weinzierl. Perceptual evaluation of model-and signal-based predictors of the mixing time in binaural room impulse responses. *Journal of the Audio Engineering Society*, 60(11):887–898, 2012.
- [6] Damian Murphy, Mark Beeson, Simon Shelley, Alastair Moore, and Alex Southern. Hybrid room impulse response synthesis in digital waveguide mesh based room acoustics simulation. In *Proceedings of the 11th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-08)*, pages 129–136, 2008.
- [7] Sascha Spors and Jens Ahrens. A comparison of wave field synthesis and higher-order ambisonics with respect to physical properties and spatial sampling. In *Audio Engineering Society Convention 125*. Audio Engineering Society, 2008.
- [8] Stefan Weinzierl, editor. *Handbuch der Audiotechnik*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [9] Pavel Zahorik. Auditory display of sound source distance. In *Proc. Int. Conf. on Auditory Display*, pages 326–332, 2002.

- [10] Frank Zotter, Matthias Frank, Matthias Kronlachner, and Jung-Woo Choi. Efficient phantom source widening and diffuseness in ambisonics. 2014.
- [11] Franz Zotter, Matthias Frank, Georgios Marentakis, and Alois Sontacchi. Phantom source widening with deterministic frequency dependent time delays. In *International conference on digital audio effects (DAFx)*. Paris, France, 2011.