

Einführung in audioforensische Untersuchungen

(Introduction to Audio Forensic Investigation)

*Uwe Seyfert**, *Gordon Reid ***

* For-Tune / u.seyfert@gmx.de

** Cedar Audio / gordon.reid@cedaraudio.com

1. Einleitung

Aufzeichnungen von Telefongesprächen, Verhören oder verdeckten Ermittlungen sind ein wichtiger Bestandteil der Strafverfolgung. Trotz oft schlechter Qualität, sind sie als Beweis zugelassen, wenn verständlich und den gesetzlichen Richtlinien genügend. Dabei ist wichtig, dass die Aufnahme deutlich ist und darüber hinaus die enthaltene Information leicht vom Gericht und den Schöffen zu erfassen ist.

Abschriften sind oft unerlässliche Beweismittel, die nur bei Vorlage deutlicher Aufnahmen verfasst werden können. Verständlichere Aufnahmen reduzieren Ermüdungseffekte und Fehlerraten.

In dieser Abhandlung wird der wachsende Bedarf an Filtersystemen in Überwachungseinrichtungen diskutiert. Komplexe Filter erlauben es dem Sicherheitsspezialisten, Störeffekte zu unterdrücken, die in audiotechnisch schwierig zu überwachenden Umgebungen entstehen. Im Vortrag werden Hörbeispiele die Leistungsfähigkeit von Single- und Cross-Channel Adaptivfiltern und anderen das Signal verbessernden Techniken veranschaulichen.

2. Hintergründe zur Audioforensik

Die Verwendung von Tonaufnahmen sind Bestandteil gerichtlicher Untersuchungen in verschiedenen Formen:

- Abschriften von Tonaufnahmen
- Präsentationen vor Gericht
- Informationen für laufende Ermittlungen

3. Probleme bei der Aufnahme

3.1. Aufnahmegeräte am Körper

Immer kleinere Aufnahmegeräte führen zu schlechterer Aufnahmequalität.

3.2. Installation von Aufnahmegeräten, Wanzen

Es gibt normalerweise nur eine einzige Gelegenheit eine Sonde zu installieren. Danach sind ist die Aufnahme den Ereignissen in der Umgebung ausgeliefert

3.3. Umgebung

Zu überwachende Umgebungen wie Haus, Arbeitsplatz oder Fahrzeug sind in der Regel Generatoren akustischer und elektrischer Störungen - häufig gleichförmiger oder sich wiederholender Art. Häufig auftretende Störungsarten sind:

- Klimaanlage oder Haushaltsgeräte
- Wind und Regen
- Fahrzeuge, Flugzeuge, Maschinen
- Unterhaltungen im Hintergrund, Radio, TV oder Live Musik
- Brummen und/oder Summen von Beleuchtungs- oder anderen Einrichtungen
- Beeinträchtigungen durch Übertrager wie Mobiltelefone
- Starker Nachhall und Reflektionen
- Defekte Mikrofone und Aufnahmegeräte, medienbedingtes Rauschen

4. Warum und wo ist es sinnvoll die Störungen zu entfernen?

4.1. Abschriften

Störungen und ungewollte Geräusche können zur Ermüdung und Fehlern bei Abschriften führen.

- Reduktion oder Entfernung der Störung unterstützt schnellere und genauere Abschriften

4.2. Präsentationen

Gerichtssäle leiden häufig unter ungünstiger Akustik und einem mangelhaften Wiedergabesystem. Daher ist es wichtig, dass die Tonsignale so sauber und unmissverständlich wie möglich wiedergegeben werden.

- Geräuschreduktion minimiert Ablenkung und Verwirrung

5. Konventionelle Filter

Die Säuberung von Audiosignalen in der Forensik stellt andere Anforderungen als die Tonaufbereitung für CD/DVD oder Rundfunkübertragungen. Im ersten Fall ist die Verständlichkeit das vordergründige Kriterium, im letzteren ist es die Gefälligkeit. Daher sind die benötigten Werkzeuge unterschiedlich und konventionelle Filter oft nicht geeignet.

6. Was sind Adaptive Filter

Falls die Beschaffenheit der Störung statistisch konstant ist, ist es möglich statische Filter anzuwenden, um Sprache und Störung zu trennen.

Meist

- ist das Störspektrum zu kompliziert
- variiert das statistische Verhalten der Störung stark

und man benötigt einen Filter, der seine Koeffizienten den Schwankungen des Eingangssignals anpasst. Dies ist ein Adaptiver Filter.

7. Verschiedene Arten Adaptiver Filter

7.1. Single Channel Adaptiver Filter

Gleichförmige oder sich wiederholende Komponenten sind generell vorhersehbarer als veränderliche wie die Sprache, daher ist es möglich erstere zu identifizieren und beide voneinander zu trennen.

Single Channel Adaptive Filter arbeiten am besten bei tieffrequenten, gleichförmigen oder sich wiederholenden Geräuschen wie

- elektrische und Fahrzeugmotoren, Brummen
- Windgeräusche
- tieffrequente Hintergrundsprache auf öffentlichen Plätzen
- Hall und Reflektionen von Aufnahmen mit harten Wänden

7.1.1. Anwendung eines Single Channel Adaptiven Filters

Einzusetzen bei

- einkanaligen Aufnahmen die von starken, breitbandigen Störungen oder Maschinengeräusche überlagert sind.

Nicht bei

- impulsiven Störungen wie Knacksern und Knistern, leichtes Brummen oder Rauschen (hier funktionieren andere Verfahren besser).

7.1.2. Beispiel für einen Single Channel Adaptiven Filter

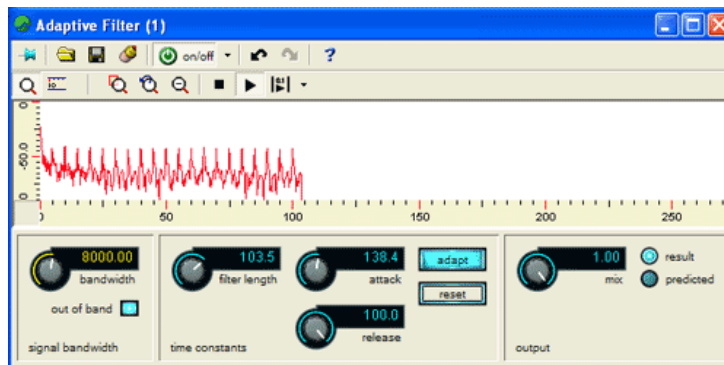


Abb. 1: Beispiel für einen Single Channel Adaptiven Filter im Cedar Cambridge System V3

7.2. Der Lattice Filter

Ein aufwendiger Algorithmus, der tiefer in die Aufnahme eindringt und mehr der Reibelaute und Konsonanten hervorbringt.

Es adaptiert schneller auf neu erscheinende und verschwindende Töne als der einfache Adaptive Filter. Adaptive Filter arbeiten am besten bei tieffrequenten, gleichförmigen oder sich wiederholenden Geräuschen wie

7.3. Den richtigen Filter wählen

- Der Standard-Adaptive Filter entfernt zunächst kräftige Störkomponenten und adaptiert dann auf Geräusche geringerer Amplitude. Der Lattice Filter wirkt auf alle Geräuschstärken mit gleicher Intensität.
- Der Lattice Filter entfernt mehr Geräusche insbesondere dann, wenn das Störgeräusch schnell und stark schwankt. Allerdings ist er stärker geneigt den tonalen Gehalt der Sprache zu beschädigen.

7.4. Cross Channel Adaptive Filter

7.4.1. Anwendung eines Cross Channel Adaptiven Filters

Einzusetzen bei

- Aufnahmen, die durch komplexe Signale wie Musikaufnahmen, Radio- und Fernsehübertragungen gestört wurden und für die eine geeignete Referenzaufnahme verfügbar ist.

Nicht für

- irgendetwas anderes

7.4.2. Anwendung eines Cross Channel Adaptiven Filters

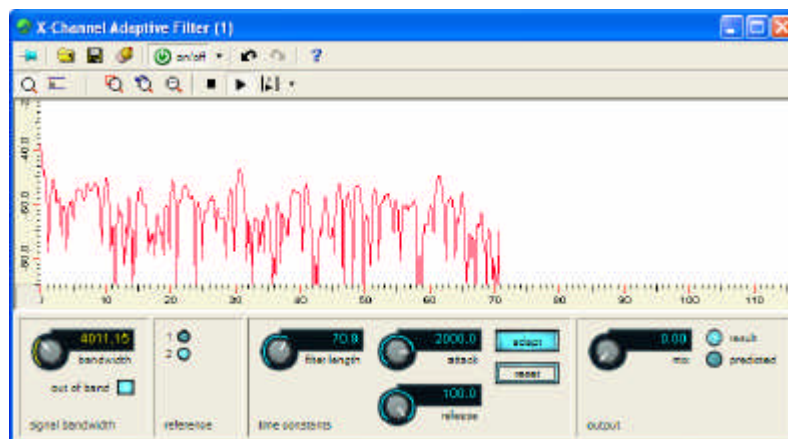


Abb. 2: Beispiel für einen Cross Channel Adaptiven Filter im Cedar Cambridge System V3

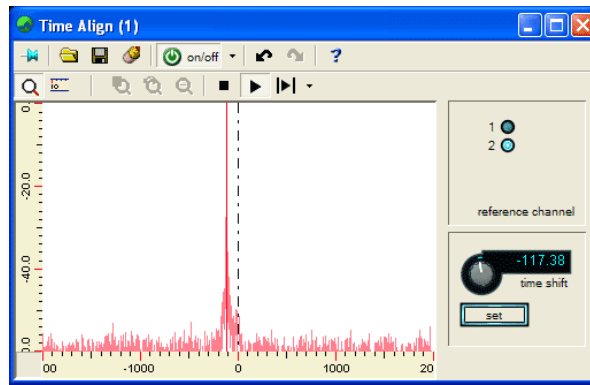


Abb. 3: Time Align Fenster für Chross Channel A.F.

7.5. 2- Band Adaptiv Filter

Aufgrund der hohen erforderlichen Prozessorleistung benutzen die meisten Adaptiven Filter Sample Rate Converter, um die Samplingfrequenz des Signals zu reduzieren. Der Ausgang wird ggf. wieder auf eine gängigen Samplefrequenz konvertiert aber die Bandbreite bleibt reduziert.

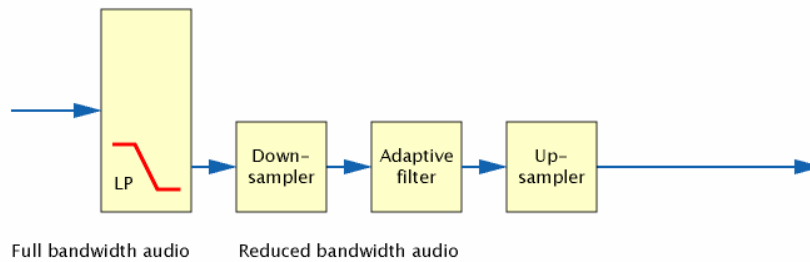


Abb. 4: Prinzipschaltbild für Samplerratenreduzierung beim Adaptiv Filter

Ein 2-Band Adaptiver Filter mischt die gefilterten, hochfrequenten Anteile dem bandbegrenzten und bearbeiteten Signal wieder hinzu und erhält ggf. Zisch- und Reibelaute die eine bessere Verständlichkeit unterstützen.

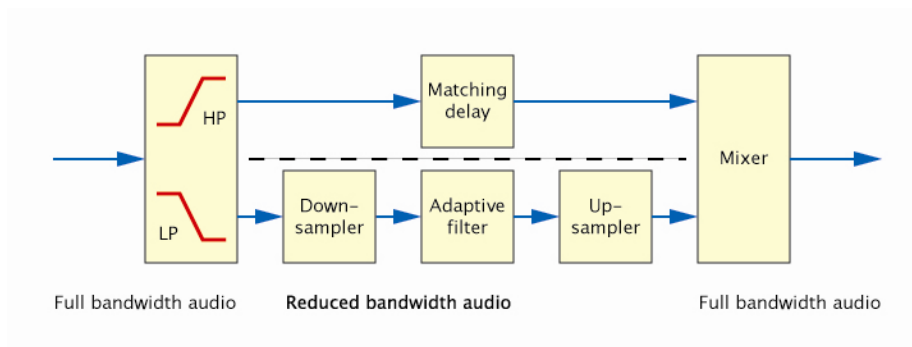


Abb. 5: Prinzipschaltbild des 2 Band Adaptiven Filters

7.6. Adaptive kombiniert mit anderen Filtern

Knackser, Knistern, Knattern oder Rumpeln können die ungewollte Readaption des Filter auslösen. In diesen Fällen ist es ratsam geeignete, hochwertige Restaurationsmethoden vor dem Adaptiven Filter anzuwenden.

- Ein Kompressor oder Begrenzer vor dem Adaptiven Filter reduziert den Einfluss plötzlicher lauter Geräusche. Das hilft die internen Parameter des Filters zu stabilisieren und schützt das Gehör des Abschreibenden (häufig wird dabei mit hohen Lautstärken abhören).
- Adaptive Filter können das Material verwascht und die Sprache dünn klingen lassen. Oft ist es sinnvoll die nach dem Adaptiven Filter hervorgebrachte Sprache mit einem Equalizer und/oder einem Algorithmus zur Rauschreduktion zu bearbeiten.
- Die Verwendung getrennter Werkzeuge kann funktionieren, ein integriertes System ist oft besser.

8. Der spektrografische Ansatz

Die Anwendung digitaler Filtersysteme war lange begrenzt auf Störungen wie Knackser, Knistern, Brummen, Summen, Rauschen, etc..

Der spektrografische Ansatz bietet eine neue Möglichkeit, die es erlaubt einzelne Worte oder Töne in einer Aufnahme zu identifizieren.

Ist dies geschehen, können die Objekte entnommen, verstärkt oder entfernt werden, oft ohne hörbare Schnittstellen

8.1. Gefahren des spektrografischen Verfahrens

In den falschen Händen kann das spektrografische Verfahren benutzt werden um Aufnahmen zu manipulieren und Beweise zu fälschen. Beispiel:

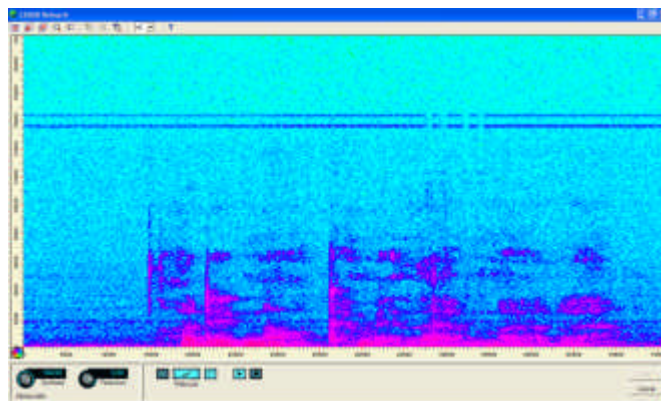


Abb. 6: Spektrogramm „I did not commit that murder“

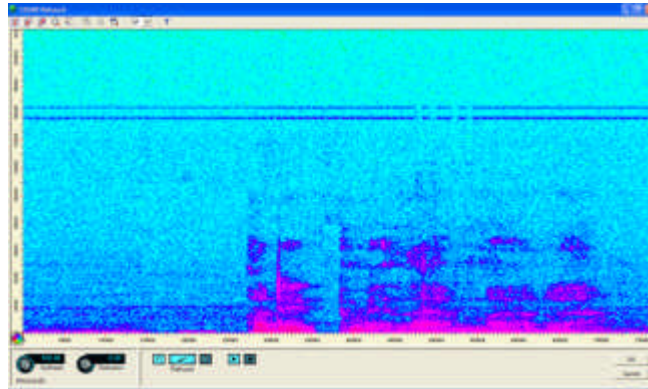


Abb. 7: Spektrogramm „I did commit that murder“

8.2. Seriose Anwendung des spektrografischen Verfahrens

Um individuelle Worte aus dem Hintergrund zu verstärken und die Verständlichkeit von Namen, Orten, Zeiten, etc. zu erhöhen.

Um laute Geräusche wie Sirenen oder Hupen zu entfernen, die Konversationen bei Verbrechen verdecken.

Existierende Anwender finden neue Möglichkeiten zur Unterstützung bei Abschriften.

ABER...der Einsatz der spektrografischen Methode ist begrenzt, da der eigentliche Beweis, ob in Ton- oder Schriftform, hierdurch manipuliert wird.

9. Schlussfolgerung

Adaptive Filter sind leistungsfähige Werkzeuge, die zur Überwachung bei Strafverfolgung, Terrorbekämpfung und anderen Sicherheitsaktivitäten beitragen.

Sie werden sinnvoller Weise in Kombination mit anderen Audiorestaurationswerkzeugen, Equalizern und Dynamikprozessoren eingesetzt; ein integriertes System bietet in der Regel die beste Lösung.

Wundermittel gibt es nicht; der audioforensische Zauberstab ist nicht in Sicht.