

Instrumentalunterricht über das Internet

Projektbericht Urban Lienert, Marcel Vonesch

Abstract

Es gibt viele Anwendungen für Realtime Audio über Netzwerke (Audio over IP) im allgemeinen und dem Internet im speziellen. Wir stellen hier die Lösung vor, die nach unserer Meinung am besten für den Instrumental Einzel- oder Gruppenunterricht funktioniert.

1. Einführung

Als wir während der Corona Pandemie kurzfristig vom Präsenz Unterricht in den Distanz Unterricht wechselten, mussten die Dozierenden für Instrumental- und Ensembleunterricht ihren Unterricht komplett umstellen. Einerseits fehlte ihnen das nötige Know-How und andererseits gab es zu diesem Zeitpunkt keine Tools um über das Internet in befriedigender Qualität Audio zu übertragen. In dieser Zeit haben wir vor allem versucht, die vorhandenen Software Tools mit möglichst wenig zusätzlicher Hardware für den Unterricht zu optimieren und haben uns auf dessen Support beschränkt. Online gemeinsam zu musizieren war aber nicht möglich. Deswegen kam der Wunsch auf, nach besseren Möglichkeiten zu suchen und die Grenzen, die durch die Topologie des Internets und die Anwendung von Digital Audio Audio gesetzt sind auszuloten.

2. Probleme bei Realtime Audio über das Internet

Durch die Digitalisierung von Audio und den Transport über das Internet entsteht eine technisch bedingte Verzögerung (Latenz) an verschiedenen Stellen des Signalwegs.

2.1 Audiointerface

Das Audio Interface benötigt Zeit um das analoge Audio Signal zu digitalisieren und über den USB oder Thunderbolt Anschluss an der Computer zu schicken. Interne Audio Interfaces benötigen grundsätzlich länger als professionelle externe. Natürlich ist auch die Audioqualität bei den internen Audio Interfaces nicht besonders gut und es ist nicht möglich hochwertige externe Mikrofone anzuschliessen. Umso besser der Treibe für das Interface umso kleiner die Latenz.

2.2 Computer

Der Computer verarbeitet digitale Samples in Blöcken. Umso grösser der Block, umso länger die Verzögerung aber umso kleiner die Rechenleistung. Beispiel: Blockgrösse 256 Samples bei einer Samplerate von 48kHz ergibt eine Latenz von 5.3ms. Die kleinste Blockgrösse auf aktuellen Computern beträgt 32 Samples (0.6ms).

2.3 WLAN

Die Übertragung von Daten über ein WLAN ist viel langsamer als über ein Kabel. Der Datendurchsatz ist zwar bei weitem ausreichend für unkomprimierte Audiosignale, aber die Verzögerung ist selten unter 10ms.

2.4 Internet

Die Verzögerung über das Internet ist das grösste Problem und variiert je nach Traffic. Es gibt zwar in verschiedenen Ländern sogenannte Dedicated Internet Accesses, die eine bestimmte Geschwindigkeit und einen minimalen Datendurchsatz garantieren. Diese Anschlüsse sind aber sehr teuer und nur für professionelle Anwendungen sinnvoll. Der Normalfall ist, dass die Übertragungsgeschwindigkeit und der Datendurchsatz sehr stark variieren. Ebenso ist nicht garantiert, dass die Reihenfolge der abgeschickten Datenpakete der Reihenfolge

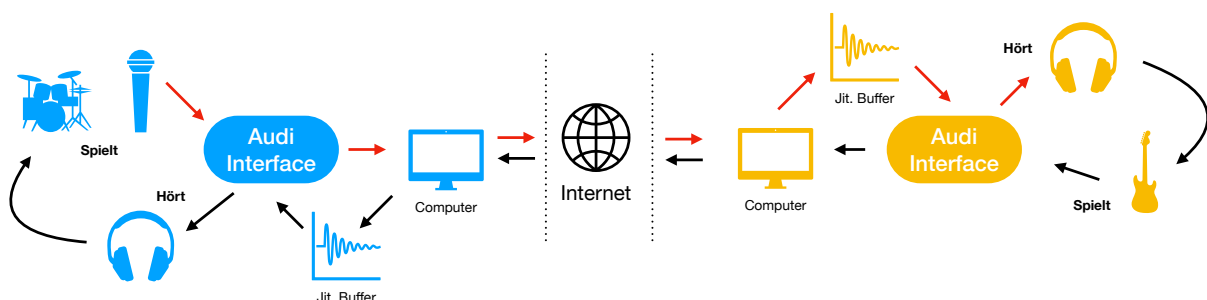


Fig. 1: Signalweg

beim Empfang entspricht, da die Pakete immer den momentan schnellstmöglichen Weg nehmen, bzw. die Router auf dem Netz bestimmen über welche Verbindung mit welcher Priorität die Datenpakete geschickt werden.

2.5 Jitter Buffer

Um die richtige Reihenfolge der Datenpakete für das Audiosignal zu garantieren, ist in der Software ein Buffer (Zwischenspeicher) eingebaut, der zu spät eintreffende Pakete an der richtigen Stelle einfügt, bevor das Audiosignal abgespielt wird. Damit das funktioniert, muss das Audiosignal mindestens um die Zeit zwischen schnellstem und langsamstem Datenpaket verzögert werden. Falls ein Paket länger braucht als der Buffer gross ist, entstehen Audio Aussetzer.

Wie man beim Signalweg (Fig. 1) sehen kann, besteht die gesamte Verzögerung (Roundtrip Latency), die ein Person beim der Kommunikation über's Internet wahrnimmt aus der resultierenden Verzögerung von:

Audiointerface - Computer - Internet -
Computer - Jitter Buffer - Audiointerface -
Audiointerface - Computer - Internet -
Computer - Jitter Buffer - Audiointerface.

Der Schall legt in einer Millisekunde 34cm zurück. Wenn also eine Audio Verzögerung von einem Ort zum anderen 60 ms beträgt, ist das so, als wenn die Spielenden 20.4 Meter voneinander entfernt wären.

Ab wann eine Verzögerung als zu gross empfunden wird, ist sehr individuell und auch abhängig vom Musikstil. Es ist offensichtlich, dass bei Groove Musik, eine viel kleinere Latenz schon als störend empfunden wird als z.B. bei Klassischer Musik. Die Verzögerung die sich aus der Distanz zwischen MusikerInnen ergibt, ist auch mit ein Grund, wie so es in einem grossen Orchester einen Dirigenten / eine Dirigentin braucht.

3. Recherche zu vorhandenen Tools und bestehenden

Lösungen

Da bestehende Audio- und Video Kommunikationsplattformen wie Zoom, Teams, FaceTime, WhatsApp usw. für die Kommunikation mit Sprache gemacht sind und möglichst zuverlässig in verschiedenen Situationen funktionieren müssen, filtern sie Nebengeräusche (auch Musik) aus dem Audiosignal zur besseren Verständlichkeit und komprimieren (reduzieren) die Daten, damit

bei schlechter Internetverbindung trotzdem eine Verbindung möglich ist. Um Unterbrüche (Dropouts) zu vermeiden, wird ein ziemlich hoher, fixer zusätzlicher Buffer (Zwischenspeicher) verwendet, der die eigentliche Latenz noch vergrössert. Ebenso braucht das Komprimieren der Audiodaten zusätzlich Zeit, was die Latenz nochmals grösser macht.

Da diese Tools für das Zusammenspiel im Unterricht über das Internet deshalb nicht geeignet sind, haben wir eine Aufstellung gemacht, welche Voraussetzungen eine Software idealerweise haben müsste.

Voraussetzungen:

- Unkomprimiertes Audio
- Keine Unterdrückung der Nebengeräusche
- Peer to Peer (Audio wird direkt zwischen den Computern ausgetauscht und nicht über einen zusätzlichen Server geschickt)
- Funktioniert über alle Netzwerke (Anbieter)
- Einfach zu Bedienen
- Funktioniert auf allen Plattformen
- Kostenlos

Wir haben verschiedene Programme gefunden und getestet, die meisten funktionierten aber nicht zufriedenstellend. Hervorzuheben wäre hier aber Quaxtrip (<https://github.com/damonholzborn/Quaxtrip>), dass eigentlich sehr gut funktioniert, aber leider nicht, wenn beide Computer über Salt Fiber verbunden sind, da Salt beim normalen Abo gewisse einkommende Verbindungen nicht zulässt.

Das mit Abstand beste Programm für unsere Anwendung ist Sonobus (<https://sonobus.net>). Es ist Open Source und basiert auf dem plattformübergreifenden JUCE Audio Framework, weshalb es auf MacOS, Window, Linux und sogar iOS und Android läuft.

4. Test und Optimieren der Einstellungen

Wir haben versucht, mit einer normalen Internetverbindung, über Sonobus einen simplen Groove zu spielen. Beim Test haben wir verschiedene Einstellungen gewählt und das Ergebnis zu Vergleichszwecken auf beiden Seiten aufgezeichnet.

Beide Computer waren über Kabel mit dem Internet verbunden. Die Ergebnisse können im Video angeschaut werden.

5. Fazit

Es ist möglich über das Internet zusammen zu spielen. Aber wenn das Timing wichtig ist, macht es nicht wirklich Spass. Die

Konzentration um das Tempo zu halten ist zu gross und lenkt ab.

Für den Unterricht ist die Verbindung aber gut genug. Es ist wichtig, dass man die Latenz so weit wie möglich reduziert. D.h. der Computer muss über ein Kabel am Internet angeschlossen sein, zusätzliche Video Verbindungen sollte man vermeiden und es funktioniert am besten mit einem guten Audio Interface und einem Computer bei dem man die Blockgrösse auf 32 Samples stellen kann. Ebenso sollte man ein bisschen experimentieren mit der Jitter Buffer Grösse um das beste Verhältnis von kleiner Latenz vs. Dropouts zu erhalten.

Es ist sicher keine Lösung die einfach so funktioniert, deshalb werden wir für unsere Dozierenden noch eine Anleitung machen mit den wichtigsten Punkten für eine gute Verbindung.