

# **VIRTUELLE INSTRUMENTE**

Simulation realer Instrumente

## **Simulation realer Instrumente**

### **Einleitung**

- Definition
- Anwendungsgebiete
- MIDI-Protokoll
- VSTi-Schnittstelle

### **Ansätze**

- Synthese
- Physical Modeling
- Sampling

### **Anwendbarkeit auf verschiedene Instrumentengruppen**

### **Fazit & Ausblick**

## Definition

## Definition

Ein virtuelles Instrument, auch Software-Instrument genannt, ist eine Software-Anwendung, mit dessen Hilfe am Computer Sounds erzeugt oder abgespielt werden können. [...]

Es gibt zwei Arten von virtuellen Instrumenten. Die einen generieren wie ein Synthesizer selbst Sounds, indem sie Wellenformen erzeugen und modulieren. Die anderen basieren auf Samples, d. h. sie spielen Töne ab, die zuvor von Musikern gespielt, aufgenommen und als Sample-Library zusammengestellt worden sind.

Quelle: VSI-Website  
<http://vsl.co.at/de/65/72/106/23.vsl>

## Definition

Ein virtuelles Instrument, auch Software-Instrument genannt, ist eine Software-Anwendung, mit dessen Hilfe am Computer Sounds erzeugt oder abgespielt werden können. [...]

Es gibt zwei Arten von virtuellen Instrumenten. Die einen generieren wie ein Synthesizer selbst Sounds, indem sie Wellenformen erzeugen und modulieren. Die anderen basieren auf Samples, d. h. sie spielen Töne ab, die zuvor von Musikern gespielt, aufgenommen und als Sample-Library zusammengestellt worden sind.

Quelle: VSI-Website  
<http://vsi.co.at/de/65/72/106/23.vsl>

⇒ *Beschränkung auf virtuelle Nachbildungen realer Instrumente*

## Anwendungsgebiete

## Anwendungsgebiete

- Filmmusik (v.a. TV-Musik)
- Demomaterial
- Popmusik

## Anwendungsgebiete

- Filmmusik (v.a. TV-Musik)
- Demomaterial
- Popmusik

⇒ *Wenn aus Zeit- / Kostengründen auf echte Musiker verzichtet werden muss.*

## MIDI – Protokoll

## MIDI – Protokoll

- 1982 entwickelt
- wichtigstes Protokoll zur Übertragung von Musiksteuerdaten

## MIDI – Protokoll

- Note-On, Note-Off, Note-Velocitybefehle  
⇒ Übertragung von Tonhöhe und Tondauer
- 16 MIDI-Kanäle  
⇒ Unabhängige Ansteuerung mehrerer Klangerzeuger (multitimbral)
- Control Change Parameter  
⇒ Übertragung von 127 kontinuierlichen Werten  
im 7bit-Wertebereich (0...127)
- SysEx & MMC-Daten

Einleitung

## MIDI – Protokoll

Wichtige CC-Nummern:

- 01: Modulation-Wheel
- 02: Breath-Controller
- 11: Channel Volume
- 64: Sustain Pedal
- 67: Expression Pedal

Zusätzlich:

- Pitch-Bend - erhöhter Wertebereich (14bit)
- Aftertouch - Tastendruck

Einleitung

## VSTi - Schnittstelle

- Teil der VST-Technologie
- 1996 von Steinberg entwickelt (proprietäres Format)
- dient Einbindung von Klangerzeugern in Sequenzerprogramme
- ermöglicht komfortable Bearbeitung des aufgenommenen Materials

⇒ Ein VSTi-Instrument verarbeitet MIDI-Daten zu Audio-Daten

Einleitung

## Synthese

- erste Form der Instrumentensimulation
- **Nachbildung des Klanges** durch Kombination aus Frequenzgeneratoren, Filtermodulen und Hüllkurven (subtraktive Synthese)
- Beispiel: Klarinette
- Ungeradzahlige Obertöne => Dreieck- / Rechteckschwingung
- Leise Töne ähneln Sinuswelle => Tiefpassfilter
- Lautstärkeverlauf per Hüllkurve + CC-Parameter

Ansätze

## Synthese

### Vorteile:

- dynamisch spielbar (da zu 100% synthetisch erzeugt)
- geringe technische Anforderungen
- Klang kann nach Belieben verformt werden

### Nachteile:

- Qualität des Klanges hängt vollständig vom Programmierer ab
- Obertonstrukturen der meisten Instrumente zu komplex

⇒ *Realismus für heutige Verhältnisse nicht mehr tragbar*

## Physical Modeling

- Weiterentwicklung der Synthese-Technologie
- **Nachbildung des Instruments** durch mathematische Modellierung
- Berechnung des Klanges mithilfe physikalischer Gesetze und dem mathematischen Modell des Instruments
- Beispiel: Klarinette
- Rohrblatt als Klangerzeuger
- Korpus als Resonator (einseitig geschlossener Zylinder)



## Physical Modeling

### Vorteile:

- besserer Klang, da die komplexe Obertonstruktur aus dem mathematischen Modell berechnet wird
- Das Verhalten des Instruments ähnelt dem realen Vorbild: Spezielle Spieltechniken können ohne Mehraufwand simuliert werden

### Nachteile:

- rechenaufwendig
- teilweise künstlicher / steriler Sound

## Sampling

- Audio-Aufnahmen von realen Instrumenten (i.d.R. Einzeltöne)
- Wiedergabe & Ansteuerung mithilfe des MIDI-Protokolls

=> Erzeugung von Musik aus Einzelbestandteilen („Puzzle“)

## Sampling




### Vorteile:

- der Klang eines Instrumentes wird nahezu identisch wiedergegeben
- lebendiger Klang aufgrund realer Instrumentenaufnahmen

### Nachteile:

- großer Produktionsaufwand (z.T. enorme Datenmengen)
- hohe Anforderungen an die Systemressourcen (v.a. Arbeitsspeicher)
- statischer Sound (aufgrund Einzeltonverfahren)

## Vergleich der verschiedenen Ansätze

Synthese 	+ ressourcen-schonend + dynamisch spielbar	- Klang sehr künstlich
Physical Modeling 	+ dynamisch spielbar + verschiedene Spieltechniken + Klang einigermaßen befriedigend	- bei komplexen Instrumenten zu steril - hoher Rechenaufwand
Sampling 	+ Klang	- Hoher Produktionsaufwand - hoher Speicherbedarf - teilweise statischer Klang

⇒ Sampling ist die vielversprechendste Technologie

## Multi Velocity Sampling


- MIDI-Protokoll unterstützt verschiedene Lautstärken
- Klangunterschied zwischen leisen und lauten Tönen
- ein Sample alleine hört sich statisch an


## Multi Velocity Sampling

- Lösung: mehrere Aufnahmen pro Tonhöhe (verschiedene Lautstärken)
- je nach MIDI-Velocity wird das passende Sample abgespielt
- theoretisch bis zu 127 verschiedenen Lautstärkesamples möglich  
⇒z.B.: BFD2: 96 Samples, Vienna Imperial: 100 Samples
- Balance zwischen Aufwand und Klangverbesserung  
⇒musikalische Notation kennt 8 verschiedene Dynamikstufen  
(von ppp bis fff)
- Klang wirkt natürlicher

## Multi Velocity Sampling

Snare-Drum (AcousticSamples)

 ~12 Velocity-Layer

 1 Velocity-Layer

## Round Robin Verfahren

- Bei Tonwiederholung wird das identische Audiomaterial wiederholt
- bei schnellen Passagen sehr störend
- „Machine-Gun-Effekt“

## Round Robin Verfahren

- Lösung: der selbe Ton wird mehrmals aufgenommen
- Bei der Wiedergabe werden die verschiedenen Aufnahmen zyklisch durchlaufen (Round-Robin Kette)
- in der Praxis zwischen 2 und 8 Variationen üblich

## Round Robin Verfahren

Streicher-Ensemble (Sonic Implants)



6xRR



Ohne RR

## Round Robin Verfahren

Verbesserungsmöglichkeit:

- statt zyklischer Rotation eher Zufallswiedergabe
- Wahrscheinlichkeit einer exakten Tonwiederholung von  $1/n$

## Release-Trigger Sampling

- Ausklingverhalten lässt sich über Hüllkurven steuern
- Im Ausklingvorgang verändert sich der Klangcharakter
- steriler Klang („Fade-Out“)

## Release-Trigger Sampling

- Lösung: Der Ausklingvorgang wird separat aufgenommen  
⇒ *Release-Sample*
- bei einem Note-Off-Befehl wird das Release-Sample abgespielt
- natürliche Verlauf des Tones bleibt erhalten

## Release-Trigger Sampling

Gezupfter Kontrabass (AcousticSamples)



Mit RS



Ohne RS

## Dynamic Crossfading

- dynamische Spielweisen
- Nachbildung möglich per Control-Change Modulation
- Problem: unterschiedliche Klangcharakteristik
- Resultat klanglich schwächer als Original-Verlauf

## Dynamic Crossfading

- Lösung: mehrere Lautstärke-Samples
- per MIDI-CC wird zwischen den Samples hin- und hergeblendet
- Klangcharakteristik verändert sich bei lauter Spielweise
- Problem: Überlagerung zweier Töne mit gleicher Frequenz  
⇒starke Kammfiltereffekte beim Übergang



## Dynamic Crossfading

Fagott (VSL)



Echtes Crescendo



Ohne X-Fade



mit X-Fade

## Artikulationen

- verschiedene Spielweisen (staccato, legato, crescendo, flautando)
- Klangcharakteristik zu unterschiedlich
- steriler Klang

## Artikulationen

- Lösung: Aufnahme verschiedener Spieltechniken
- multibraler Sampler
- Spielweisen pro Note
- lebendigerer Klang
- hoher Programmieraufwand („Puzzle“)

## Artikulationen

Möglichkeiten der Spielweisensteuerung:

- Key-Switches
- MIDI-Channel
- MIDI-CC
- Velocity
- Spieltempo

## Artikulationen

Fagott (VSL)



Sustain-Patch



Crescendo + Staccato - Patch

## Legato - Intervalle

- musikalische Phrasen sind mehr als eine Aneinanderreihung der Einzeltöne
- Übergänge zwischen zwei Noten sehr unmusikalisch

## Legato - Intervalle

- Lösung: Übergänge werden ebenfalls aufgenommen (Legato-Intervall-Samples)
- bei gebundener Spielweise wird der jeweilige Übergang abgespielt (+- 1 Oktave).
- Gesamtphrase klingt musikalischer

## Legato - Intervalle

Fagott (VSL)



Ohne Legato-Intervalle



Mit Legato-Intervalle

## Anwendbarkeit auf Instrumentengruppen

- Schlaginstrumente
- Tasteninstrumente
- Saiteninstrumente
- Blasinstrumente
- Streichinstrumente

## Schlaginstrumente

- Percussion / Schlagzeug, Vibraphon, etc.
  - Schlag auf Instrument regt den Klangkörper zur Schwingung an
  - Ausklingvorgang immer gleich
- ⇒ Gut mit MIDI-Befehlen rekonstruierbar
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
1. Multi-Velocity Sampling
  2. Round-Robin Verfahren

## Schlaginstrumente

- Percussion / Schlagzeug, Vibraphon, etc.
  - Schlag auf Instrument regt den Klangkörper zur Schwingung an
  - Ausklingvorgang immer gleich
- ⇒ Gut mit MIDI-Befehlen rekonstruierbar
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
1. Multi-Velocity Sampling
  2. Round-Robin Verfahren



*Schlagzeug (Addictive Drums)*

Anwendbarkeit auf Instrumentengruppen

## Tastinstrumente

- Klavier / Orgeln / E-Pianos etc.
  - Tastendruck versetzt Saite in Schwingung
  - Ausklingvorgang kann zeitlich variiert werden
- ⇒ Gut mit MIDI-Befehlen rekonstruierbar
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
1. Multi-Velocity Sampling
  2. Round-Robin Verfahren
  3. Release-Trigger Verfahren

Anwendbarkeit auf Instrumentengruppen

## Tasteninstrumente

- Klavier / Orgeln / E-Pianos etc.
- Tastendruck versetzt Saite in Schwingung
- Ausklingvorgang kann zeitlich variiert werden

- ⇒ Gut mit MIDI-Befehlen rekonstruierbar
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
  1. Multi-Velocity Sampling
  2. Round-Robin Verfahren
  3. Release-Trigger Verfahren



*Klavier (AcousticSamples)*

## Saiteninstrumente

- Gitarre, Kontrabass (gezupft) etc.
- Saite wird mit dem Finger in Schwingung versetzt
- Ausklingvorgang kann zeitlich variiert werden

- ⇒ Rekonstruktion per MIDI hängt von der Spielweise ab
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
  1. Multi-Velocity Sampling
  2. Round-Robin Verfahren
  3. Release-Trigger Verfahren
  4. Artikulationen

## Saiteninstrumente

- Gitarre, Kontrabass (gezapft) etc.
  - Saite wird mit dem Finger in Schwingung versetzt
  - Ausklingvorgang kann zeitlich variiert werden
- ⇒ Rekonstruktion per MIDI hängt von der Spielweise ab
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
1. Multi-Velocity Sampling
  2. Round-Robin Verfahren
  3. Release-Trigger Verfahren
  4. Artikulationen



*Muted Bariton Ukule (Eigenbau)*

## Blasinstrumente

- Trompete, Flöte, Klarinette, etc.
  - Luft im Instrument wird durch Anblasen in Schwingung versetzt
  - Der Ton kann zu jedem Zeitpunkt moduliert werden
- ⇒ Komplexe Tongestaltung erfordert komplizierte Rekonstruktion
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
1. Dynamic Crossfading (per Breath-Controller)
  2. Artikulationen
  3. Legato-Intervalle



## Blasinstrumente

- Trompete, Flöte, Klarinette, etc.
  - Luft im Instrument wird durch Anblasen in Schwingung versetzt
  - Der Ton kann zu jedem Zeitpunkt moduliert werden
- ⇒ Komplexe Tongestaltung erfordert komplizierte Rekonstruktion
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
1. Dynamic Crossfading (per Breath-Controller)
  2. Artikulationen
  3. Legato-Intervalle



*Trompete (Samplemodeling)*

## Streichinstrumente

- Violine, Cello, etc.
  - Saite wird durch Reibung mit Bogen in Schwingung versetzt
  - Der Ton kann zu jedem Zeitpunkt moduliert werden
- ⇒ Komplexe Tongestaltung erfordert komplizierte Rekonstruktion
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
1. Dynamic Crossfading
  2. Artikulationen
  3. Legato-Intervalle (!)

## Streichinstrumente

- Violine, Cello, etc.
  - Saite wird durch Reibung mit Bogen in Schwingung versetzt
  - Der Ton kann zu jedem Zeitpunkt moduliert werden
- ⇒ Komplexe Tongestaltung erfordert komplizierte Rekonstruktion
- ⇒ Wichtige Sampling-Techniken:
1. Dynamic Crossfading
  2. Artikulationen
  3. Legato-Intervalle (!)



Viola (VSL)



## Fazit

- Sampling bietet die beste Klangqualität
- Resultat abhängig von Instrumentengruppe + Produktionsaufwand
- Ensemble-Klänge klingen besser als Solo-Instrumente
- Bei hohen Ansprüchen an die Klangqualität noch keine Konkurrenz zu realen Instrumentenaufnahmen (insbesondere Streicher + Bläser)

## Ausblick

- Instrumente werden zunehmend besser
- Sample-Modeling-Ansatz vs. VSL-Ansatz
- Zukunft für Studiomusiker gefährdet?

## Anhang: aktuelle Entwicklung

- Symphobia 
- LA Scoring Strings 

Quelle: Hersteller-Website

