

Synkronisering av musik och partikelsystem

KRISTINA ERNSELL
och JANNICA THUN



**KTH Datavetenskap
och kommunikation**

Synkronisering av musik och partikelsystem

K R I S T I N A E R N S E L L
o c h J A N N I C A T H U N

DD143X, Examensarbete i datalogi om 15 högskolepoäng
vid Programmet för datateknik 300 högskolepoäng
Kungliga Tekniska Högskolan år 2012
Handledare på CSC var Michael Minock
Examinator var Mårten Björkman

URL: [www.csc.kth.se/utbildning/kandidatexjobb/datateknik/2012/
ernsell_kristina_OCH_thun_jannica_K12022.pdf](http://www.csc.kth.se/utbildning/kandidatexjobb/datateknik/2012/ernsell_kristina_OCH_thun_jannica_K12022.pdf)

Kungliga tekniska högskolan
Skolan för datavetenskap och kommunikation

KTH CSC
100 44 Stockholm

URL: www.kth.se/csc

Abstract

Music has been used as a tool to emotionally affect people for a long time, but what can be done to enhance the experience of a musical piece? How can you increase the effect? To combine a musical piece with some kind of animation adds an additional modality to the experience.

This report evaluates and compares two different technologies for synchronization of a musical piece and a particle system in the software Blender 2.61. The two technologies evaluated are in the report referred to as *Automatic-sync* and *Manual-sync*. Two animations based on these technologies were simulated and evaluated by the requirements regarding the technologies difficulty, ability of self-influence and the result of the simulations in order to find the technology to recommend.

The simulations were evaluated by an independent group of people. What arose in the evaluation was that *Manual-sync* was the technology to recommend, even if the ultimate one would be to combine the two.

Sammanfattning

Musik har länge varit ett verktyg för att beröra, men vad kan man göra för att förhöja upplevelsen av ett musikstycke ytterligare? Hur kan man påverka mer? Att kombinera ett musikstycke med någon form av animation ger upplevelsen en ytterligare dimension.

Denna rapport utvärderar och jämför två olika tekniker för synkronisering av ett musikstycke och ett partikelsystem i programvaran Blender 2.61. De två utvärderade teknikerna benämns i rapporten som *Automatic-sync* och *Manual-sync*. Två animationer baserade på dessa tekniker simulerades och utvärderades utifrån krav på teknikernas svårighetsgrad, möjlighet att manuellt påverka och resultatet av simuleringarna i syfte att finna den teknik som var att rekommendera.

Simuleringarna utvärderades av en oberoende grupp av personer. Utifrån utvärderingarna framkom att *Manual-sync* är den rekommenderade tekniken även om det ultimata skulle vara att kombinera de båda.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Syfte	1
1.2	Redogörelse av samarbete	2
1.3	Dokumentöversikt.....	2
1.4	Förklaring av begrepp	3
2	Bakgrund	4
2.1	Partikelsystem.....	4
2.2	Programvaran Blender	6
2.2.1	<i>Partikelsystem i Blender 2.61</i>	6
2.2.2	<i>Synkronisering i Blender 2.61</i>	7
3	Metod.....	10
3.1	Animation av partikelsystem	10
3.2	Inställningar för partikelsystem i form av rök.....	12
3.3	Synkronisering.....	14
3.3.1	<i>Automatic-sync</i>	14
3.3.2	<i>Manual-sync</i>	15
3.4	Rendering.....	17
4.	Utvärdering av simuleringar	18
4.1	Automatic-sync	18
4.2	Manual-sync.....	18
4.3	Jämförelse av Automatic-sync och Manual-sync.....	18
4.4	Övriga synpunkter.....	19

5	Resultat	20
5.1	Teknikernas svårighetsgrad	20
5.2	Möjlighet att manuellt påverka	20
5.3	Resultatet av simuleringarna	20
5.4	Rekommendation av teknik	20
6	Diskussion	21
6.1	Analys av synkroniseringar	21
6.2	Begränsningar för arbetet	22
6.3	Utmaningar under arbetet	22
6.4	Tankar om fortsatt arbete	23
6.5	Tillämpningar	23
7	Slutsats	24
8	Referenslista	25
	Bilaga A: Utvärdering av simuleringar	27

1 Introduktion

Partikelsystem används idag ofta för att visualisera naturliga fenomen såsom eld, vatten och rök. I och med att tekniken inom 3D-grafik ständigt förbättras ökar också möjligheterna för dess användningsområden. 3D-grafik syns idag i bland annat reklam, film och datorspel, men listan kan utökas ytterligare med användningsområden där endast fantasin sätter gränser.

Mycket i dagens samhälle, framförallt inom reklam, bygger på intryck och frågan är hur man kan få människor att komma ihåg budskap. Vad kan man göra för att sticka ut? Musik har länge varit ett verktyg för att beröra och för att förstärka upplevelsen av ett musikstycke ytterligare kan man ta 3D-grafik till hjälp och i många situationer passar naturliga fenomen bra. För att synkronisera musik med animationer kan man använda sig av programvaran Blender. Det finns två huvudsakliga tekniker för att genomföra sådana synkroniseringar, men av dessa två är det svårt att avgöra vilken som är att föredra för olika ändamål.

1.1 Syfte

Arbetet som utförts gick ut på att jämföra två olika tekniker för att synkronisera ett musikstycke med ett partikelsystem i form av rök i rörelse. De tekniker som simulerades och utvärderades benämns i rapporten som *Automatic-sync* och *Manual-sync*. Syftet var därefter att avgöra vilken av dessa två tekniker som är att rekommendera utifrån krav på teknikernas svårighetsgrad, möjlighet att manuellt påverka och resultatet av simuleringarna.

1.2 Redogörelse av samarbete

Denna rapport är ett kandidatexamensarbete av Kristina Ernsell och Jannica Thun, båda studenter inom Civilingenjör Datateknik vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Arbetet som ligger till grund för rapporten har till största del utförts gemensamt. I startfasen när mycket information samlades in delades dock arbetet upp. Jannica har stått för insamlandet av information om de två tekniker som jämförs i denna rapport och Kristina har gjort bakgrundsundersökningen. Det följande arbetet, det vill säga skapandet av simuleringarna, utvärderingen av dessa samt utformandet av rapporten har utförts gemensamt.

1.3 Dokumentöversikt

Under detta avsnitt ges en kort översikt av upplägget för denna rapport. Efter introduktionen följer avsnittet *Bakgrund* där information om partikelsystem, Blender samt synkronisering av ett musikstycke och en animation inom Blender 2.61 kortfattat presenteras. Under avsnittet *Metod* behandlas tillvägagångssättet för de simuleringar som konstruerats samt de för arbetet viktigaste inställningarna i Blender 2.61 återges.

Simuleringarna utvärderades i form av en utvärdering med oberoende deltagare. Resultatet från denna utvärdering återges och diskuteras under avsnittet *Utvärdering av simuleringar*.

Under avsnittet *Diskussion* diskuteras de resultat som framkommit, samt de begränsningar som funnits för arbetet. Här ges också förslag på tillämpningsområden och tankar om fortsatt arbete. Det sista avsnittet är *Slutsats* där de slutsatser som har dragits presenteras.

1.4 Förklaring av begrepp

Under detta avsnitt följer kortare förklaringar för begrepp använda i rapporten.

Automatic-sync	En av de utvärderade teknikerna. Är automatiserad.
Blender	Mjukvara som gör det möjligt att skapa 2D- och 3D-bilder samt animationer av hög kvalitet.
F-Curve	En <i>F-Curve</i> är en animationskurva med en mängd <i>Keyframes</i> som representeras av punkter sammankopplade med hjälp av interpolation.
Keyframe	Bild som definierar startpunkt eller slutpunkt för en mjuk rörelse. Dess position definierar tidpunkten för en rörelse.
Interpolation	Metod som generar nya punkter utifrån en redan befintlig mängd punkter.
Manual-sync	En av de utvärderade teknikerna. Utförs manuellt.
Mesh	Ett polygonbaserat objekt. Gör det möjligt för användaren av Blender att skapa ett redigerbart objekt.
OpenGL	Ett API för rendering av datorgrafik i 2D eller 3D.
Polygon	Månghörning.
Rendering	Det steg där man framställer en bild eller animation till ett slutformat som gör det möjligt att titta på resultat utan att använda en programvara likt Blender.
Stokastisk process	Tidsordnad slumpprocess.

2 Bakgrund

Under detta avsnitt presenteras kortfattat relevant teori om partikelsystem, Blender och synkronisering av ett musikstycke med en animation i Blender 2.61 som kan vara bra att känna till vid fortsatt läsning.

2.1 Partikelsystem

Redan under slutet av 60- och början på 70-talet i de tidigaste datorspelen användes många små lysande punkter för att framställa en explosion.¹ Benämningen partikelsystem användes ursprungligen av William T. Reeves när han beskrev den metod som användes vid skapandet av det eldelement som finns med i slutet av Star Trek II: The Wrath of Khan (1982).^{2,3,4,5}

Partikelsystem är idag en väletablerad metod för att modellera och visualisera olika former av oskarpa fenomen, såsom eld, vatten och rök.^{6,7} Det svåra med att visualisera dessa typer av element ligger i att de saknar en jämn väldefinierad yta och att de inte har någon bestående form.^{8,9} I partikelsystem representeras ett objekt av primitiva partiklar som definierar dess volym. Dessa partiklar utgår ofta från en gemensam specifik punkt, vilken benämns som systemets källa.^{10,11} För att få resultatet verklighetstroget används slumpvariabler som gör det möjligt att påverka och variera det som sker i systemet, till exempel riktning, hastighet och livslängd hos partiklarna.¹²

¹ Reeves, Particle Systems A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, 360

² Ibid, 365

³ Martin, Particle Systems

⁴ Shiffman, Particle Systems

⁵ Sims, Particle Animation and Rendering Using Data Parallel Computation, 405

⁶ Ibid, 359

⁷ F Iza & J K Lee, Moment conserving method for modeling multiple collisions in particle simulations

⁸ Reeves, Particle Systems A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, 359

⁹ Umeå Universitet, Partikelsystem och partikelliknande system

¹⁰ Reeves, Particle Systems A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, 359

¹¹ Umeå Universitet, Partikelsystem och partikelliknande system

¹² Ibid

Partiklar är inte statiska utan det genereras hela tiden nya partiklar och gamla faller från det partikelsystem som de är en del av.¹³ Genereringen av nya partiklar sker genom stokastiska processer, det vill säga tidsordnade slumpprocesser, som anger antalet partiklar som ska "födas" till systemet under varje tidsintervall.¹⁴ Partiklar består av massa, position och hastighet och de påverkas av krafter, vilket gör dem till väldigt enkla objekt.^{15,16} Till följd av partiklarnas enkelhet kan man under samma beräkningstid uppnå mer komplexa bilder än med till exempel en polygon, som är den enklaste av ytframställningarna.¹⁷

Arbetsflödet vid arbete med partikelsystem innehåller vissa gemensamma steg oavsett vilket program du väljer att arbeta med. Processen inkluderar att först skapa en källa som partiklarna kan utgå från för att sedan generera nya partiklar.¹⁸ Alla nya partiklar tilldelas specifika egenskaper och de partiklar som har passerat sin tilldelade livslängd förstörs.¹⁹ De partiklar som fortfarande tillhör systemet ändras och rör sig nu enligt dess tilldelade egenskaper, och till slut kan dessa renderas.²⁰ Att rendera innebär att en bild eller videosekvens skapas vilket kan vara tidskrävande för stora animationer.

Den viktigaste aspekten med partikelsystem är att de rör på sig och bra dynamik är ofta nyckeln till att få föremål att se verkliga ut.²¹ Resultatet blir därför en modell som kan representera rörelse, formförändringar och dynamik, på ett sätt som inte är möjligt med vanliga ytbaserade framställningar.²²

¹³ Reeves, Particle Systems A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, 360

¹⁴ Ibid, 360

¹⁵ Ibid, 362

¹⁶ Witkin, Particle System Dynamics, C1

¹⁷ Reeves, Particle Systems A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, 360

¹⁸ Reeves, Particle Systems A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, 361

¹⁹ Ibid, 361

²⁰ Ibid, 361

²¹ Reeves, Particle Systems A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, 375

²² Ibid, 359

2.2 Programvaran Blender

Blender är den mest kända mjukvaran med öppen källkod idag inom datorgrafikområdet. Blender gör det möjligt att skapa en mängd olika 2D- och 3D-animationer av hög kvalitet.^{23,24} Den första användbara produkten kom år 1994 och sedan dess har utvecklare och användare gemensamt arbetat för att förbättra dess funktioner.²⁵ Blender finns idag tillgängligt för de flesta operativsystem och erbjuder funktioner för modellering, strukturering, animering och efterredigering av filmer i ett paket.^{26,27} Blender är en mjukvara som gör det möjligt att skapa allt din fantasi kan skapa och det är storleken på din dators kapacitet och ditt tålamod som sätter de praktiska gränserna.^{28,29} Den aktuella versionen av Blender vid arbetets start var Blender 2.61.

2.2.1 Partikelsystem i Blender 2.61

En inbyggd funktion i Blender 2.61 är hantering och modellering av partikelsystem. När man skapar ett partikelsystem utgår man ofta från, som tidigare nämnt, någon form av källa. I Blender kan denna källa vara och är oftast en *Mesh*, vilken är en form av ett polygonbaserat objekt.^{30,31,32}

I Blender 2.61 finns det två olika typer av partikelsystem, *Emitter* och *Hair*.³³ Det system som bygger på en *Emitter* är det som påminner om det traditionella partikelsystem där partiklar sänds ut från en förvald källa, medan systemet *Hair* framställs som så kallade strängar.³⁴

²³ Introduction, Blender

²⁴ Van Gumster, Blender for Dummies

²⁵ Ibid

²⁶ Ibid, 9

²⁷ Introduction, Blender

²⁸ Particles, Blender

²⁹ Van Gumster, Blender for Dummies,

³⁰ 3D-grafik, Google sites

³¹ Blender Underground

³² Particles, Blender

³³ Ibid

³⁴ Ibid

Blender 2.61 gör hantering och skapande av partikelsystem relativt enkelt och erbjuder många möjligheter att tilldela partikelsystemet specifika egenskaper. Blender i sig är känt som ett komplext program som hanterar ett än mer komplext område.³⁵ Vid framställning av ett objekt kan varje objekt innehålla många partikelsystem, och varje partikelsystem kan i sin tur innehålla upp till 100 000 partiklar.³⁶

2.2.2 *Synkronisering i Blender 2.61*

Tillvägagångssättet för synkronisering av ett musikstycke och en animation i Blender 2.61 upplevs av författarna ha brister i dokumentationen. Det finns inget självklart sätt att finna den information som är nödvändig för att på ett tillfredsställande sätt synkronisera musik med ett partikelsystem eller andra animationer. De två tekniker som på något sätt framhävs är att antingen använda Blenders inbyggda funktion *Bake Sound to F-Curves*, eller att manuellt modifiera animationens rörelse efter vågrörelserna i ett musikstycke med hjälp av så kallade *Keyframes*. I denna rapport kommer dessa två tekniker att refereras till som *Automatic-sync* för den förstnämnda och *Manual-sync* för den senare.

Ett grundläggande drag dessa två tekniker har gemensamt är att båda använder kurvor, så kallade *F-Curves*, vid skapandet av animationer. Att animera något innebär att man ändrar någon av det animerade objektets egenskaper under animationens livslängd.³⁷ Detta kan till exempel vara att ändra objektets x-koordinat eller färg. Tiden i Blender anges i *frames*, där en *frame* vanligtvis är en bråkdel av en sekund, och antalet *frames* per tidsenhet betecknas som *frame rate*.³⁸ I figur 2.1 och 2.2 återges *frames* som värdena längs x-axeln och sträckan objektet rör sig längs y-axeln.

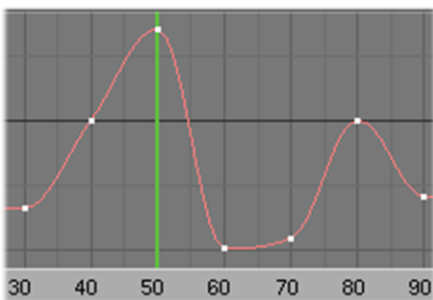
³⁵ Van Gumster, Blender for Dummies,

³⁶ Particles, Blender

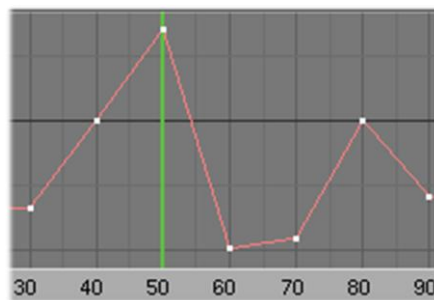
³⁷ Fcurves, Wiki Blender

³⁸ Ibid

En animation sträcker sig ofta över ett flertal *frames* vars händelseförlopp kan visualiseras med hjälp av en *F-Curve*.³⁹ En *F-Curve* är en animationskurva med en mängd *Keyframes* som representeras av punkter sammankopplade med hjälp av interpolation.⁴⁰ Om man använder den förinställda inställningen *Bezier* som *Interpolation mode* får man en kurva med mjuka övergångar, se figur 2.1, till skillnad mot om man använder *Linear*, vilket ger en mer hackig rörelse, se figur 2.2.⁴¹



Figur 2.1 Interpolation med *Bezier*.



Figur 2.2 Interpolation med *Linear*.

Keyframes för en *F-Curve* är visualiserat i figur 2.1 och 2.2 som punkterna på kurvan. När en *Keyframe* markeras blir en tangent till kurvan synlig med en punkt i vardera änden.⁴² Det är med hjälp av dessa punkter man kan ändra och påverka hur kurvsegmenten ska uppträda.⁴³ En positiv lutning i kurvan medför en rörelse i animationen åt ett håll, medan en negativ lutning ger en rörelse åt det motsatta hållet. En brantare lutning ger dessutom en högre hastighet än vad en svagare lutning gör.

³⁹ Fcurves, Wiki Blender

⁴⁰ Fcurve, Wikipedia

⁴¹ Fcurves, Wiki Blender

⁴² Ibid

⁴³ Ibid

Två tekniker som kan användas för att synkronisera ett musikstycke med ett partikelsystem är som ovan nämnt *Automatic-sync* samt *Manual-sync*. Båda använder sig av *F-Curves* där den förstnämnda är mestadels automatiserad och den andra mer manuellt styrd. *Automatic-sync* går till på så sätt att man först importerar en ljudfil till programmet. Programmet läser sedan automatiskt av ljudvågorna för att skapa en *F-Curve* utifrån dessa. När det gäller *Manual-sync* placerar användaren själv ut *Keyframes* på valfria positioner och modifierar tangenterna utifrån synliga ljudvågor på den importerade ljudfilen.

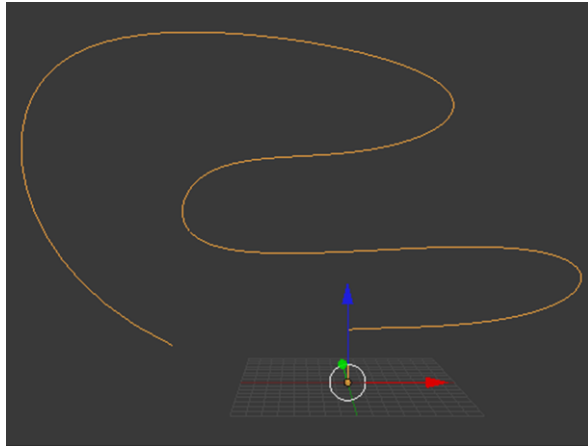
3 Metod

För att besvara frågeställningen utfördes en jämförelse av två olika tekniker för att få en animation i form av ett partikelsystem att röra sig synkroniserat till utvalda takter i ett musikstycke. Musikstycket för detta arbete var en del av låten *Skrillex–First of the year*. Programvaran som använts under hela arbetet är Blender 2.61. Arbetets inledande steg innebar att få ett objekt med ett partikelsystem kopplat till sig att följa en stig. Därefter justerades partikelsystemets inställningar för att skapa rök. Med detta som grund applicerades sedan två olika tekniker, *Automatic-sync* och *Manual-sync*, för att kunna jämföra dessa utifrån krav på teknikernas svårighetsgrad, möjlighet att manuellt påverka och resultatet av simuleringarna. Från och med detta avsnitt kommer ”synkronisering av ett musiktycke och ett partikelsystem” att refereras till som synkronisering och Blender 2.61 kommer att benämnas som Blender.

3.1 Animation av partikelsystem

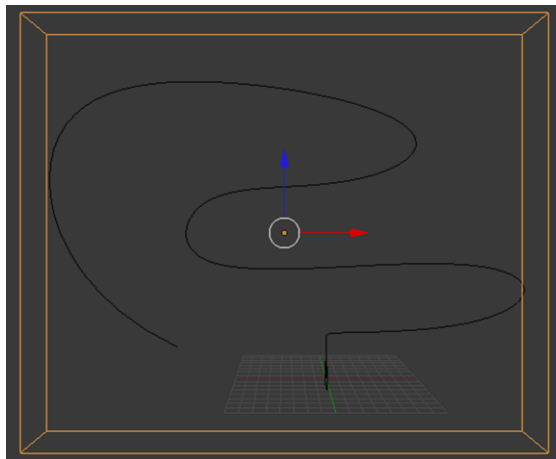
Grunden för den animation som konstruerades utgjordes av ett objekt som följde en förutbestämd stig. Det aktuella objektet agerade även som *Emitterobjekt* för de partiklar som hör till partikelsystemet i animationen. Detta medförde att objektets form och storlek påverkade rökens beteende. Då en tydlig rörelse eftersträvades, för att underlätta utvärderingen, skapades en animation som efterliknade ett koncentrerat utlopp följt av en röksvans. Till följd av detta valdes ett litet plan som *Emitterobjekt* vilket sedan kom att följa den stig som senare konstruerades.

Det inledande steget för att få ett objekt att följa en vald stig var att skapa en så kallad *Curve* i form av en *Path*. Det var sedan denna *Path* som blev den stig planet kom att följa. Stigens placering i förhållande till dess startpunkt hade också konsekvenser när det kom till att arbeta med ett partikelsystem. Då den rök som konstruerades i detta arbete föll, till följd av vissa specifikt valda inställningar, placerades stigen i en position ovanför startpunkten. Det som sedan återstod att göra var att ange att planet skulle följa den stig som skapats. Utformning av den stig som har använts i detta arbete återges markerad i orange i figur 3.1 på nästa sida.



Figur 3.1 Den stig som använts till grunden för simuleringarna markerad i orange.

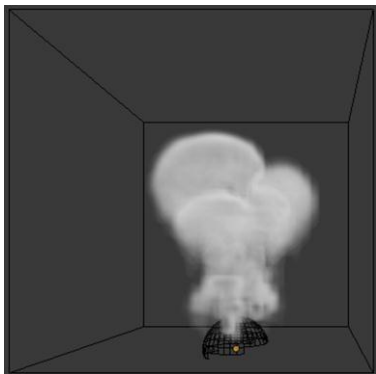
För att generera rök i Blender krävs ett *Domainobjekt* och ett *Emitterobjekt*. *Domainobjekt* anger området där rök kan skapas och det utformas ofta som en kub. För detta arbete passade ett rätblock bättre, se markerat i orange i figur 3.2. Att rätblocket var passande att använda berodde på att denna enkelt kunde göras smal, vilket i sin tur innebar en minskad volym och därmed en mindre krävande rendering.



Figur 3.2 *Domainobjektet* markerat i orange.

När ett *Domainobjekt* var skapat och rätt placerat var det följande steget att skapa ett *Emitterobjekt*, det vill säga källan för partiklarna. För detta valdes, som tidigare nämnt, ett litet plan. För att sedan få dessa partiklar att generera rök ändrades ett par specifika inställningar, vilket behandlas i nästa avsnitt.

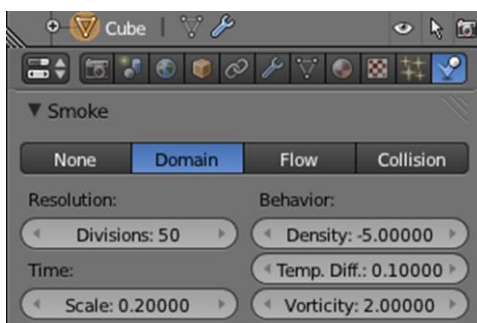
3.2 Inställningar för partikelsystem i form av rök



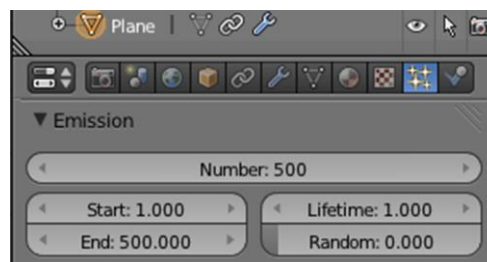
Figur 3.3 Exempel på animation av traditionell rök i Blender 2.61.

I Blender finns det en mängd olika inställningar för att ändra ett partikelsystems utseende och rörelsemönster. Att bara skapa rök, liksom den i figur 3.3 till vänster, var enkelt men att anpassa den efter existerande önskemål var svårare. De inställningar i Blender som påverkade partikelsystemet var uppdelade i två huvudområden utifrån huruvida de är kopplade till *Domainobjektet* eller till *Emitterobjektet*.

Implementerade inställningar för *Domainobjektet* återges i figur 3.4 och för *Emitterobjektet* i figur 3.5. För förklaringar till inställningarnas betydelse och påverkan se tabell 3.1 på nästa sida.



Figur 3.4 Inställningar för *Domainobjektet*.



Figur 3.5 Inställningar för *Emitterobjektet*.

Tabell 3.1 Förklaringar av inställningar i figur 3.4 och figur 3.5.

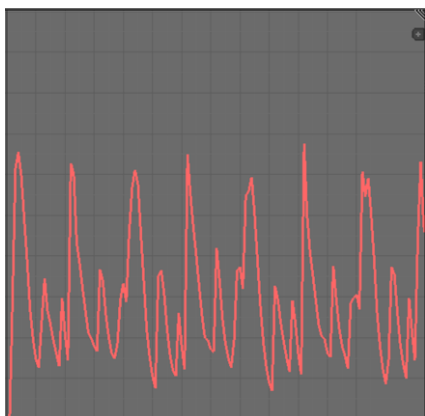
Resolution: Divisions	Påverkar hur detaljerad röken är. Högre värden ger bättre bildupplösning men gör också renderingstiden betydligt längre.
Behavior: Density	<p>Hur hög densitet röken har. Högt värde innebär snabbt stigande rök och lågt värde långsamt.</p> <p>Blenders röksimulering efterliknar på många sätt röks naturliga beteende och stiger alltså från emittern. Då detta kan komma att skymma sikten för kurvan i de framtagna animationerna ändrades densiteten till minus fem, det lägsta möjliga. Genom denna inställning fås en rök som faller istället för stiger.</p>
Temp.Diff.	Anger medelvärdet av rökens temperatur. Högre värde ger en rök som stiger snabbare.
Vorticity	Anger turbulensen inom röken. Vid låga värden stiger röken rakt och vid höga med turbulens.
Time: Scale	Definierar hur snabbt röken skingras alternativt löses upp.
Emission: Number	Det totala antalet partiklar per animation.
Start	Anger numret på den <i>frame</i> där genereringen av partiklar ska starta.
End	Anger numret på den <i>frame</i> där genereringen av partiklar ska upphöra.
Lifetime	Livslängden hos partiklarna angivet i antal <i>frames</i> .
Random	Ger partiklarna en slumpmässig livslängd.

3.3 Synkronisering

En av förutsättningarna för att de skapade animationerna skulle kunna utvärderas på lika villkor var att grunden för röken och dess stig, vilka skapades i avsnitt 3.1 och 3.2, är densamma oavsett vilken av de två tekniker som sedan användes för synkroniseringen. När grunden var färdigställd implementerades de två teknikerna för synkroniseringen helt oberoende av varandra. De två använda teknikerna var som tidigare nämnt, *Automatic-sync* och *Manual-sync*.

3.3.1 *Automatic-sync*

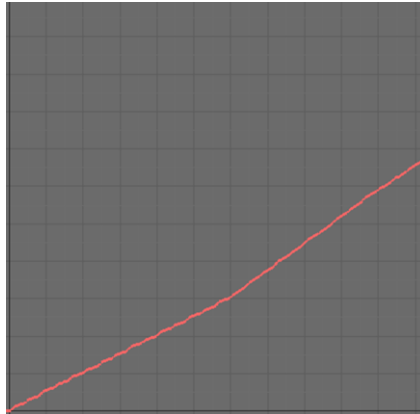
För att kunna synkronisera musikstycket med det skapade partikelsystemet importerades först musikstycket till det pågående projektet i Blender, och då till en vy som heter *Video Sequence Editor*. När detta var gjort förflyttades det pågående projektet till en annan vy, *Graph Editor*, där alternativet *Bake Sound to F-Curve* valdes för att utföra synkroniseringen. Vid detta stadie fanns det ett antal olika inställningar som påverkade partikelsystemets rörelse.



Figur 3.6 Illustration av ljudvågor,

Vid denna arbetsmetod kopplas *F-Curve'n* automatiskt till musikstycket. Till följd av att kurvan som fås vid användning av *Bake Sound to F-Curve* representerar musikstyckets ljudvågor fås en rörelse som endast går fram och tillbaka. Detta illustreras till vänster i figur 3.6 genom att kurvan har en brant lutning som skiftar mellan att vara positiv och negativ.

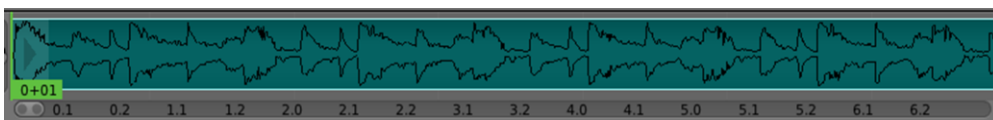
För att undgå detta, då det i arbetet eftersträvas en simulering med en framåtgående rörelse, aktiverades inställningen *Additive*. *Additive* innebär att kurvans amplituder summeras vilket ger en positiv lutning för hela kurvan, se figur 3.7. I övrigt lämnades inställningarna för *Bake Sound to F-Curve* med förinställda värden och från och med detta steg gick det inte att redigera kurvan ytterligare.



Figur 3.7 Illustration av ljudvågor, *additive* aktiverat.

3.3.2 *Manual-sync*

Tekniken *Manual-sync* kräver mer involvering av användaren än vad *Automatic-sync* gör. Det inledande steget för båda teknikerna är det samma, nämligen att importera ett musikstycke till *Video Sequence Editor*. Vid implementation av *Manual-sync* markeras därefter *Caching* och *Draw Waveform* under fliken *Sounds* för att enbart visualisera musikstyckets vågrörelser. Se figur 3.8 för illustration av resultatet.



Figur 3.8 Illustration av musikstyckets ljudvågor.

När detta var gjort var nästa steg att öppna *Graph Editor* för att manuellt justera kurvan enligt musikstyckets vågrörelser. Genom att lyssna på musiken och samtidigt studera dess vågrörelser, kunde kurvan modifieras på utvalda positioner med hjälp av så kallade *Keyframes*. Dessa *Keyframes* kom sedan att vara de positioner där partikelsystemets rörelse påverkades, där ett brantare kurvsegment medförde en högre hastighet. Se figur 3.9 för illustration av kurvan.



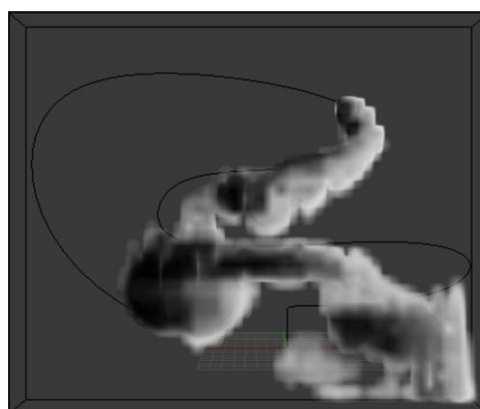
Figur 3.9 Manuellt justerad kurva med hjälp av *Keyframes*.

3.4 Rendering

Tillvägagångssättet för att rendera de två olika simuleringarna var lika för båda synkroniseringarna oavsett vilken teknik som använts. Det första steget var att rendera en bild för varje *frame* i simuleringarna. För exempel på renderade bilder för två olika *frames*, se figur 3.10 samt figur 3.11. De renderade bilderna importerades sedan till Blender som en lång bildsekvens för att senare kunna kopplas samman med det musikstycke som använts för utformningen av kurvorna. När dessa två sekvenser var tillagda renderades en animation vilken utgjorde den färdiga simuleringen i MPEG-4-format. De färdiga simuleringarna finns till förfogande på Internet.⁴⁴ För renderingens inställningar se tabell 3.2.



Figur 3.10 Exempel ett på renderad *frame*.



Figur 3.11 Exempel två på renderad *frame*.

Tabell 3.2 Inställningar för rendering

Inställning	Val
Output	MPEG
Presets	Xvid
Format	MPEG-4
Audio Codec	MP3, Bitrate: 256

⁴⁴ Automatic-sync kan ses på <http://youtu.be/NGBZGht6kuk> och Manual-sync på <http://youtu.be/SxJcNo-mx00>

4. Utvärdering av simuleringar

För att utvärdera de två simuleringar som skapats utfördes en mindre utvärdering innefattande sex personer vilka alla fick ta del av de framtagna simuleringarna. Därefter fick deltagarna svara på ett antal frågor. För underlag till utvärderingen se bilaga A.

4.1 Automatic-sync

Av de som deltog i utvärderingen hade i stort sett alla liknande åsikter gällande *Automatic-sync*. Det som genomsyrade svaren var att rörelsen var otydlig och inte följde rytmen i musikstycket tillräckligt bra. Önskvärt var tydligare kontraster samt en snabbare och mer pulserande rörelse.

4.2 Manual-sync

Omdömena för *Manual-sync* var mer positiva än de för *Automatic-sync*. *Manual-sync* hade enligt deltagarna en tydlig markering som följde rytmen i musikstycket. Musikstyckets rytm blev till följd av detta tydligare och användningen av *Manual-sync* ansågs kunna förstärka delar i musikstycket.

4.3 Jämförelse av Automatic-sync och Manual-sync

Resultatet från utvärderingen var enhälligt, *Manual-sync* var den teknik att föredra vid simuleringar av denna karaktär. De tillfrågade ansåg att *Manual-sync* hade en bättre och mer synkroniserad rytm, vilket bidrog till att resultatet blev tydligare. Att använda *Manual-sync* framför *Automatic-sync* gjorde att det var enklare att följa musiken med hjälp av rörelsens rörelser då denna metod följde musikstyckets övergångar bättre.

4.4 Övriga synpunkter

Den allmänna uppfattningen var att kombinationen av rök och musik till stor del kan förstärka upplevelsen av ett musikstycke. Upplevelsen gav ett häftigare intryck och känslan beskrevs som magiken i filmer likt Harry Potter. Ytterligare en åsikt var att kombinationen gav ett mer suggestivt intryck.

I den sista frågan i utvärderingen, se bilaga A, tillfrågades deltagaren vad denna tyckte om rökens bidrag till upplevelsen jämfört med ett mer simpelt objekt, till exempel en boll. Alla de tillfrågade föredrog kombinationen av ett musikstycke synkroniserat med rök framför ett synkroniserat med ett mer simpelt objekt. De ansåg att röken gav ett mjukare, lugnare, snyggare samt ett mer positivt, harmoniskt och dynamiskt intryck. Röken bidrog också till en mer levande upplevelse, medan en synkronisering med en boll misstänktes ge ett mer oroligt intryck.

5 Resultat

I introduktionen till denna rapport delgavs ett syfte med arbetet, närmare bestämt vilken av de två utvärderade teknikerna som är att rekommendera när det kommer till teknikernas svårighetsgrad, teknikernas möjlighet till självpåverkan och resultatet av simuleringarna.

5.1 Teknikernas svårighetsgrad

Efter att har arbetat med de två utvärderade teknikerna anses ingen som svår eller tidskrävande i förhållande till det som ska simuleras. *Manual-sync* involverar användaren mer än vad *Automatic-sync* gör, men inte till en sådan utsträckning att det påverkar svårighetsgraden.

5.2 Möjlighet att manuellt påverka

Då *Manual-sync* involverar användaren totalt, till följd av att allting sker manuellt, ger denna teknik användaren större möjlighet att själv påverka. *Automatic-sync* är automatiserad och användaren kan inte påverka mer än val av ett fåtal inställningar.

5.3 Resultatet av simuleringarna

Det viktigaste för detta arbete är hur den som tar del av den färdiga simuleringen uppfattar den. Utifrån den utvärdering som genomförts framgick det tydligt att *Manual-sync* var den teknik som gav en mer positiv upplevelse bland de deltagande.

5.4 Rekommendation av teknik

Utifrån ovan givna delresultat, där teknikerna jämförts ur olika perspektiv, är *Manual-sync* den teknik att rekommendera vid synkroniseringar av ett musikstycke och ett partikelsystem vid arbete i Blender 2.61.

6 Diskussion

Målet med detta arbete var dels att animera ett partikelsystem i form av rök samt att utföra en synkronisering baserad på två olika tekniker. Syftet var att finna den teknik som är att rekommendera för synkroniseringen. Arbetet genomfördes utan några större begränsningar och med ett lyckat resultat. Här nedan följer en analys av synkroniseringarna samt diskussion över de få begränsningar som fanns, påbyggnadsmöjligheter samt tänkta användningsområden.

6.1 Analys av synkroniseringar

Grunden, det vill säga stigen och röken, för simuleringarna är densamma oavsett vilken av de två teknikerna för synkronisering som sedan användes. Till följd av likheten i grunden kan inte denna ses som en påverkande faktor för hur de slutliga simuleringarna blev.

Svårighetsgraden för de olika teknikerna var relativt låg för båda och det utmanande låg i att komma fram till hur synkroniseringarna skulle göras och inte i att utföra dem. *Automatic-sync* är automatiserad och användaren ges ingen möjlighet att påverka det som sker efter att musikstycket har blivit importerat. *Manual-sync* involverar i motsats till *Automatic-sync* användaren fullt ut då allting sker manuellt. Detta gör att användaren ges betydligt större möjlighet att själv påverka resultatet om *Manual-sync* används.

Automatic-sync var ytterst begränsad och upplevdes mer lämpad för andra typer av animationer. Då denna teknik skapar en animation automatiskt kan denna vara fördelaktig om man ska göra längre eller fler animationer eftersom utförandet går både enklare och snabbare. Exempel på detta skulle kunna vara en telefon som vibrerar till en typisk ringsignal. I situationer där audio har mer enformiga och distinkta egenskaper tror vi att *Automatic-sync* passar bättre.

Automatic-sync är noggrann och följer vågrörelserna totalt. Då ett musikstycke, likt *Skrillex - First of the year*, innehåller flera olika typer av ljud som överlappar varandra kan det bli många små rörelser vilket kan resultera i att rörelsen upplevs otydlig för ögat. Människor uppfattar musik på ett annorlunda sätt och lägger in en egen tolkning om vad vi ser som logiskt och passande som takt och rytm utan att ta hänsyn till de vågrörelser som ligger bakom. Därför är *Manual-sync* bättre lämpad eftersom den ger användaren möjlighet att själv välja vilka ljud som ska betonas.

6.2 Begränsningar för arbetet

En av de största begränsningar vi har haft under detta arbete är tid. Det är tidsbegränsningen som i stor utsträckning har gett upphov till de övriga begränsningar som vi senare har fått göra under arbetets gång.

Blender är ett program som erbjuder en mängd möjligheter för att skapa snygga animationer och problemet var inte vad vi kunde implementera utan vad vi hade tid till. Därför fick vi under arbetets gång sätta ett antal begränsningar som vi från början inte hade räknat med. Detta inkluderade bland annat färre effekter, såsom färgad rök, och en mindre rörelseyta för animationen samt kortare simulering.

6.3 Utmaningar under arbetet

Att Blender har bristande dokumentation var någonting vi kunde konstatera tidigt under arbetets gång. Det var inte möjligt att förlita sig på dokumentationen för att komma fram till hur man kunde synkronisera ett musikstycke med en animation i Blender, utan egen efterforskning krävdes. Trots krävande efterforskning under hela arbetets gång fann vi ingenting som beskrev synkronisering i Blender. Brister i dokumentationen tror vi beror på att den version som använts vid arbetet kom ut så sent som i december 2011. Allmän dokumentation om Blender samt om tidigare versioner fanns att tillgå men avvikelser gjorde dessa oanvändbara.

Blender som verktyg var till en början utmanande och långt ifrån intuitivt men allt eftersom blev de uppgifter vi skulle utföra enklare att angripa. Denna utmaning hade vi troligtvis stått inför oavsett vilket program vi valt att arbeta med och det svåra i Blender var inte att arbeta med funktioner utan att hitta de funktioner vi ville använda.

6.4 Tankar om fortsatt arbete

Skillnaden mellan de två tekniker som jämförts var att *Automatic-sync* var automatisk medan *Manual-sync* utfördes manuellt. Syftet med detta arbete var att rekommendera en av dessa tekniker, men det ultimata skulle vara att kombinera dem båda. På så sätt skulle man få en automatiserad grund som man sedan kan bygga vidare på genom manuella åtgärder. Detta är någonting vi önskar att se i framtiden.

Ytterligare förbättringar för detta arbete är de riktade mot den visuella upplevelsen av den färdiga simuleringen. Hade mer tid funnits hade färg effekter varit att önska, samt att animationen skulle inkludera en större yta under en längre tid.

6.5 Tillämpningar

Under den utvärdering av simuleringarna som genomfördes tillfrågades deltagarna om de ansåg att kombinationen av ett musikstycke och ett partikelsystem var givande. Genomgående svar var att partikelsystem, rök i detta fall, kunde förhöja upplevelsen och förstärka känslan i musikstycket. Detta är något som eftersträvas inom flera områden och vi ser därför att eventuella tillämpningsområden skulle kunna vara på konserter, i reklam, i musikvideor eller på film.

Att synkronisera ett musikstycke med ett partikelsystem inkluderar fler sinnen då det visuella läggs till. Det ger människor en större möjlighet att uppleva upplevelsen starkare. Att lägga till det visuella skulle kunna göra det möjligt för människor med hörsvårigheter att fortfarande kunna uppleva och känna ett musikstycke.

7 Slutsats

I detta arbete har två olika tekniker för synkronisering av ett musikstycke och ett partikelsystem simulerats och jämförts. Syftet med denna rapport var att utifrån vissa fastställda krav, teknikernas svårighetsgrad, möjlighet att manuellt påverka och resultatet av simuleringarna, kunna rekommendera en av dessa. Resultatet vi kom fram till och som har presenterats tidigare är att *Manual-sync* är den teknik som är att rekommendera baserat på teknikernas svårighetsgrad, möjlighet att manuellt påverka samt resultatet av simuleringarna, även om vi anser att det ultimata skulle vara att kombinera de två teknikerna.

8 Referenslista

Fcurve, Wikipedia

<http://en.wikipedia.org/wiki/FCurve> (Hämtad 2012-04-05)

Fcurves, Wiki Blender

<http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Animation/Editors/Graph/FCurves> (Hämtad 2012-04-05)

F Iza & J K Lee, *Moment conserving method for modeling multiple collisions in particle simulations*, Institute of physics publishing journal of physics D: Applied physics, http://iopscience.iop.org/focus.lib.kth.se/0022-3727/39/9/021/pdf/0022-3727_39_9_021.pdf (Hämtad 2012-02-19)

Introduction, Blender

<http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Introduction> (Hämtad 2012-02-24)

Martin, Allen. Particle Systems, Worcester Polytechnic Institute.

<http://web.cs.wpi.edu/~matt/courses/cs563/talks/psys.html> (Hämtad 2012-02-22)

Particles, Blender

<http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Physics/Particles> (Hämtad 2012-02-24)

Reeves, William. Particle Systems A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, *Computer Graphics*, Vol. 17; No. 3 (1983): 359-375.

<http://www.lri.fr/~mbl/ENS/IG2/devoir2/files/docs/fuzzyParticles.pdf> (Hämtad 2012-02-20)

Shiffman, Daniel. Particle Systems, Shiffman.

<http://www.shiffman.net/teaching/nature/particles/> (Hämtad 2012-02-23)

Sims, Karl. Particle Animation and Rendering Using Data Parallel Computation, Computer Graphics, Vol. 24; No. 4 (1990): 405-413.

<http://www.karlsims.com/papers/ParticlesSiggraph90.pdf> (Hämtad 2012-02-22)

The Blender 3D FAQ, Blender Underground.

http://blenderunderground.com/blender-3d-faq/#g_what (Hämtad 2012-02-24)

Umeå Universitet, Partikelsystem och partikelliknande system.

http://www8.tfe.umu.se/courses/systemteknik/Multimed2/mm2_99/Bok99/5_2/Partikel%20och%20partikelliknande%20system.htm (Hämtad 2012-02-20)

Van Gumster, Jason; Blender fom Dummies, 2nd edt, Indiana, Wiley Publishing, Inc, 2011.

http://books.google.se/books?id=K8dxXKl33EIC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=Blender+for+dummies&source=bl&ots=ko3YTFcJ58&sig=UUQTGwGeiTwuAwKH0s-WZdec9_M&hl=sv&sa=X&ei=iZ1HT7OWNaGN4gT3hvC6Dg&ved=0CHIQ6AEwCQ#v=onepage&q=Blender%20for%20dummies&f=false (Hämtad 2012-02-24)

Witkin, Andrew. *Particle System Dynamics*, Physically Based Modeling, Pixar Animation Studios.

<http://www.pixar.com/companyinfo/research/pbm2001/pdf/notesc.pdf> (Hämtad 2012-02-22)

3D-grafik, Google sites.

<http://sites.google.com/site/muma100p/3d-grafik> (Hämtad 2012-02-24)

Bilaga A: Utvärdering av simuleringar

<p>Utvärdering av simuleringar Synkronisering musik och partikelsystem</p> <p>Tack för att du hjälper oss genom att bidra med åsikter kring vår studie. Svara gärna så utförligt som möjligt på varje fråga.</p> <p>Automatic-sync (visar video)</p> <p>1. <i>Är rörelsen till musik tydlig?</i></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <p>2. <i>Tycker du att någonting skulle kunna förbättras vad det gäller synkroniseringen?</i></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<p>Manual-sync (visar video)</p> <p>1. <i>Är rörelsen till musik tydlig?</i></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <p>2. <i>Tycker du att någonting skulle kunna förbättras vad det gäller synkroniseringen?</i></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
---	---

Jämförelse

1. Vilken av de två teknikerna ovan föredrog du? Varför?

Allmänt

1. Vad anser du om kombinationen av musik och partikelsystem?

2. Är det positivt för din upplevelse att använda ett partikelsystem (i detta fall rök) i stället för exempelvis en boll?
