



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University



INF

Studiengang
Medien- und
Kommunikationsinformatik

Uwe Kloos, Natividad Martínez, Gabriela Tullius (Hrsg.)

Informatics Inside **Interaction Design**

Informatik-Konferenz an der Hochschule Reutlingen
06. Mai 2015

ISBN 9783000493959



9 783000 493959

Impressum

Anschrift:

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
Fakultät Informatik
Medien- und Kommunikationsinformatik
Alteburgstraße 150
D-72762 Reutlingen

Telefon: +49 7121 / 271-4002

Telefax: +49 7121 / 271-4042

E-Mail: infoinside@reutlingen-university.de

Internet: <http://www.infoinside.reutlingen-university.de>

Organisationskomitee:

Prof. Dr. Gabriela Tullius, Hochschule Reutlingen

Prof. Dr. Natividad Martínez, Hochschule Reutlingen

Prof. Dr. Uwe Kloos, Hochschule Reutlingen

Christian Henssler

Jens Mahler

Matthias Merk

Greg Rauhöft

Yannik Wahn

Alexander Zimmermann



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

Copyright: © Hochschule Reutlingen, Reutlingen 2014

Herstellung und Verlag: Hochschule Reutlingen

ISBN 978-3-00-049395-9

Inhaltsverzeichnis

Paper

Christian Henssler

Techniken zur Deformation von virtuellen Menschmodellen..... 08

Jens Mahler

Der Einfluss von Scroll-Activated Animations auf Usability und User Experience.. 16

Matthias Merk

Entwicklung eines ablenkungsfreien Anzeigeconzeptes für informierende Fahrerassistenzsysteme 28

Greg Rauhöft

Unermessliche Weiten in virtuellen Umgebungen 42

Yannik Wahn

Two Stream Hypothesis: Adaptionseffekte bei sozialen Interaktionen mit Avataren in Virtual Reality 50

Alexander Zimmermann

Mit Virtual Reality zum E-Learning - eine prototypische Anwendung 58

Shortpaper

David Randler, Ralf Dauenhauer, Nils Tofahrn

Erweiterung der Interaktionsmöglichkeiten von Multi-Touch-Geräten..... 68

Philipp Kopp, Michael Grupp, Peter Poschmann, Hans-Joachim Böhme, Matthias Rätsch

Tracking System with Pose-Invariant Face Analysis for Human-Robot Interaction. 70

Steffen Witting, Uwe Kloos, Matthias Rätsch

Animation of Parameterized Facial Expressions for Collaborative Robots..... 72

Tobias Fluck, Simone Liegl, Veronika Rein, Steffen Schellig, Palina Vorobeva

Interaktionsgestaltung in der CryEngine 3..... 74

Alexander Kunz, Julian Freund, Dominic Lyons, Maksym Gaiduk

Technologien und Projekte des Internet of Things..... 76

Johannes Schirm

Tutorix - Ein System zur Tutorienverwaltung 78

Techniken zur Deformation von virtuellen Menschmodellen

Christian Henssler
Reutlingen University
Christian.Henssler@Student.
Reutlingen-University.DE

Abstract

Gescannte Menschmodelle werden zunehmend für Experimente im VR-Bereich verwendet. Doch realistische Bewegungsabläufe bereitzustellen, ist eine zeitaufwendige Arbeit. Ziel der Ausarbeitung ist es, einen Workflow zu finden, der es ermöglicht, eine große Anzahl solcher Modelle innerhalb kürzester Zeit zu verarbeiten.

Dafür betrachtet die Arbeit unterschiedliche Methoden zum Automatisieren von Skinning und Rigging, um Modelle in virtuellen Umgebungen auf Basis von Motion Tracking einsetzen zu können. Die Qualität der verarbeiteten Modelle wird anhand von Scans in unterschiedlichen Posen geprüft.

Schlüsselwörter

Skinning, Rigging, Weighting, Motion Tracking, Game engine

CR-Kategorien:

I.6.8 [SIMULATION AND MODELING]:
Types of Simulation - Animation

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Uwe Kloos
Hochschule Reutlingen
Uwe.Kloos@Reutlingen-
University.de

Betreuer Firma: Dr. Betty Mohler
Max Planck Institut Tübingen
Betty.Mohler@tuebingen.mpg.de

Informatics Inside 2015
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
06. Mai 2015, Hochschule Reutlingen
Copyright 2015 Christian Henssler

1 Einleitung

3D-Scanner haben die Möglichkeit eröffnet, eine Vielzahl unterschiedlicher 3D-Modelle innerhalb kurzer Zeit zu erstellen. Auch zum Scannen von Menschen wird die Technik verwendet. Um diese Menschmodelle überhaupt einsetzen zu können, müssen diese oft erst animiert werden. Dazu ist allerdings ein zeitintensiver Prozess nötig.

Um ein Modell in Spielumgebungen bewegen zu können, muss es mit einem Skelett versehen werden. Ein Skelett ist eine bewegliche Baumstruktur aus Knochen. Dieses sogenannte Rig dient dazu, Teile des Modells bewegen zu können, ohne seine atomaren Elemente von Hand verschieben zu müssen. Hier spricht man vom „Rigging“, also dem versehen eines Modells mit einem Rig.

Die Knochen dienen dazu, 3D-Modelle zu deformieren, das heißt die Form oder Pose des Modells zu ändern. Bei Menschmodellen im Speziellen gilt dies für einzelne Teile der Extremitäten sowie den Körper als Ganzes. Mit einem Skelett ist das Modell rudimentär bewegungsfähig. Bei diesem Prozess spricht man von „Binding“. Jedoch soll es sich auch möglichst realistisch an Gelenken und Sehnen deformieren. Dazu werden jedem Vertex ein oder mehrere Knochen mit einem prozentualen Wert, der Gewichtung, zugeteilt. Der Überbegriff hierfür ist das „Skinning“.

Das Rigging und Skinning von Modellen ist sehr zeitintensiv, wenn beides manuell gemacht wird. 3D-Softwarepakete wie beispielsweise 3ds Max oder Maya bieten Werkzeuge an, die es ermöglichen, diese Prozesse zu automatisieren.

2 Forschungsstand

Eine Menge von Modellen mit einem Rig zu versehen und die einzelnen Modelle zu skinnen, ist mit einem linear ansteigenden Zeitaufwand verbunden. Je nach Modell können einzelne Arbeitsschritte nicht übertragen werden. Verschiedene Werkzeuge haben den Umfang der Arbeit verringert. Damit wurde gerade der Skinning Prozess von mehreren Tagen auf ein paar Stunden reduziert.

Haben die Knochen durch Gewichtungen unterschiedlich starke Auswirkungen auf einzelne Vertex, so nennt man das Gewichtung. Wird ein Vertices von mehreren Knochen beeinflusst, kann auch weiches Gewebe dargestellt werden. Dieser Fall wird als „non-rigid“ bezeichnet und ist bei biologischen Modellen verbreitet. Ist ein Vertex nur einem Knochen zugeteilt, so gilt es als starr und nennt sich „rigid“. Dies ist bei mechanischen Elementen oder steifen Körpern durchaus erwünscht.

Die laut Kavan et al. meist verbreitete Methode zum Skinning ist das Linear Blend Skinning (LBS) [1]. Sie wird auch als Skeletal Subspace Deformation oder Smooth Skinning bezeichnet, da auf der Basis eines Skeletts das Modell flexibel deformiert wird. [2]. Diese Technik besitzt nach wie vor die höchste Performanz zur Laufzeit. Deshalb ist das LBS in Echtzeitanwendungen immer noch weit verbreitet. So benutzen beispielsweise die Unreal Engine und Unity einen rein linearen Ansatz.

Das LBS bringt aber gleichzeitig gewisse Probleme mit sich, die näher in Kapitel 3.2 beschrieben werden. Als Alternative schlagen Kavan et al. einen non-linearen Algorithmus vor, der auf „dual quaternions“ basiert [3]. Dieser ist in der Lage, das Vo-

lumen von Körpern während der Deformation beizubehalten. Dieser Algorithmus wird bisher aber nur selten in Echtzeitanwendungen verwendet.

Eine weitere Methode ist die Shape Interpolation, die häufig zur Darstellung von Gesichtsanimationen, aber auch zur Deformationen von Körpern verwendet wird. Hierbei werden zwei oder mehr Modelle erstellt, zwischen denen interpoliert wird, um eine Animation darzustellen. Das ermöglicht eine gezielte Steuerung von Volumen während der Deformation, allerdings ist das für die Echtzeitanwendung in Verbindung mit Trackingsystemen ungeeignet.

Zum Skinning und Rigging speziell von Menschmodellen, die auch als „Bipeds“ (lat. Biped = Zweibeiner) bezeichnet werden, gibt es verschiedene Ansätze. Das Pinocchio Modell von Baran et al. vom Massachusetts Institute of Technology ist in der Lage, Knochenplatzierung und Gewichtungen zu berechnen [4]. Es wird unter anderem in dem Maya-Plug-In PM_heatWeight verwendet, das nicht mehr weiter entwickelt wird. Pinocchio füllt das Modell mit Kugeln und berechnet anhand deren Verhältnis zueinander ein Skelett. Dieses Skelett wird dann durch Generierung einer Heat Map an das Modell gebunden.

Ein Prinzip, das von Dionne et al. [5] vorgestellt wurde, berechnet aus dem Mesh ein solides Voxel Model. Auf Basis der Distanz zwischen den Voxeln, die auf einem Knochen liegen und Voxel am Rand des Modells erzeugen sie die Binding Weights.

3 Anwendung

Die Hauptaufgabe ist es, eine Methode zu finden, die es ermöglicht, eine große Anzahl unterschiedlicher Menschmodelle innerhalb kürzester Zeit zu riggen und zu skinnen. Die Modelle sollen für Echtzeitberechnung geeignet sein und möglichst realistische Deformationen in den Bewegungsabläufen haben.

3.1 Anforderungen

Die Anforderungen an die fertigen Modelle liegen in der Echtzeitdarstellung realistischer Deformationen in Spiele-Engines wie der Unreal Engine 4 oder Unity. Sie sollen im VR-Bereich zur Selbstdarstellung von Probanden für zukünftige Experimente eingesetzt werden. Das heißt, dass die Probanden erst gescannt werden und den Avatar möglichst zeitnah in Experimenten steuern oder beobachten können. Damit sich die Probanden mit dem Avatar identifizieren können, sollen die Deformationen lebensnah sein. Im Animationsbereich kann man Fehler noch durch Nacharbeit verbergen. Da die Probanden in Echtzeit getrackt werden sollen, ist eine Nachbearbeitung hier nicht möglich. Deshalb sollten beim Skinning und Rigging bestimmte Probleme im Voraus vermieden werden.

Die dazu nötigen Techniken unterliegen aber weiteren Einschränkungen, die sich aus dem Echtzeitanwendungsfall ergeben. Spiele-Engines sind in der Anzahl der Knochengewichtungen eingeschränkt, da diese in Echtzeit berechnet werden müssen. Unity beispielsweise unterstützt je nach Qualitätseinstellungen nur bis zu vier Knochen pro Vertex. Deshalb darf dieser Wert nicht überschritten werden. Außerdem werden zusätzliche Funktionen wie weitere Festkörper in Form von Muskeln und Sehnen, die bei der Berechnung von Deformationen helfen, ebenfalls nicht unterstützt.

Da der Begriff lebensnah subjektiv ist, ist es schwer eine genaue Metrik für die Qualität der Modelle festzulegen. Die in Kapitel 5 beschriebene Hausdorf-Distanz ist eine Möglichkeit. Die Modelle sollen aber so angenehm für das Menschliche Auge sein wie möglich. Deshalb gibt es keine Sollwerte die es zu erreichen gilt. Sie wird nur in dieser Arbeit verwendet die Qualität der Modelle vergleichen zu können.

Cloudbasierte Dienste oder Drittanbieter zum Skinning und Rigging dürfen nicht

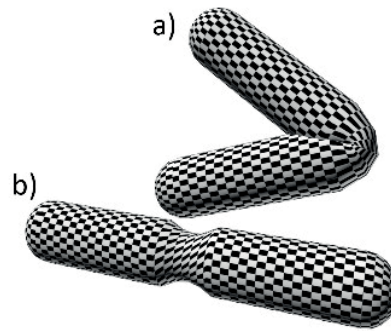


Abbildung 1: Beugung (a) und Drehung (b)

verwendet werden. Es handelt sich bei zukünftigen Experimenten auch um Versuche oder praktische Anwendungsfälle, bei denen Patientendaten verwendet werden. Deshalb dürfen die Daten keinesfalls an Dritte weitergereicht werden.

3.2 Probleme

Bekannte Probleme bei Linear Blend Skinning sind Deformationen von Gelenken. Das Beugen und speziell das Drehen von Gelenken führt zu vorhersehbaren, aber ungewollten Deformationen des Modells. Diese Deformationen machen sich in allen Gelenken bemerkbar und stören die Immersion. Denn es fällt einem Beobachter auf, wenn sich Gelenke zu stark in einer Bewegung unrealistisch deformieren.

Bei der Beugung in den Gelenken kann es passieren, dass sich die Geometrie deutlich überschneidet. Gleichzeitig kommt es bei dem äußeren Radius zu Verformungen, die nicht dem Verhalten des tatsächlichen Gelenkes entsprechen. Das heißt, dass das Gelenk sich unnatürlich verändert oder stark abflacht (Abbildung 1a). Ähnliche Probleme entstehen bei Sehnen wie beispielsweise an der Ferse. Wenn die Ferse gestreckt wird, kann man beobachten, dass sie heraussteht. So etwas sollte gegebenenfalls bei der Gewichtung beachtet werden. Normale automatische Algorithmen, die nicht speziell für Biomechanik ausgelegt sind, erkennen solche Fälle nicht [6].

Eine Drehung, wie sie beispielsweise am Handgelenk vorkommt, kann ebenfalls zu

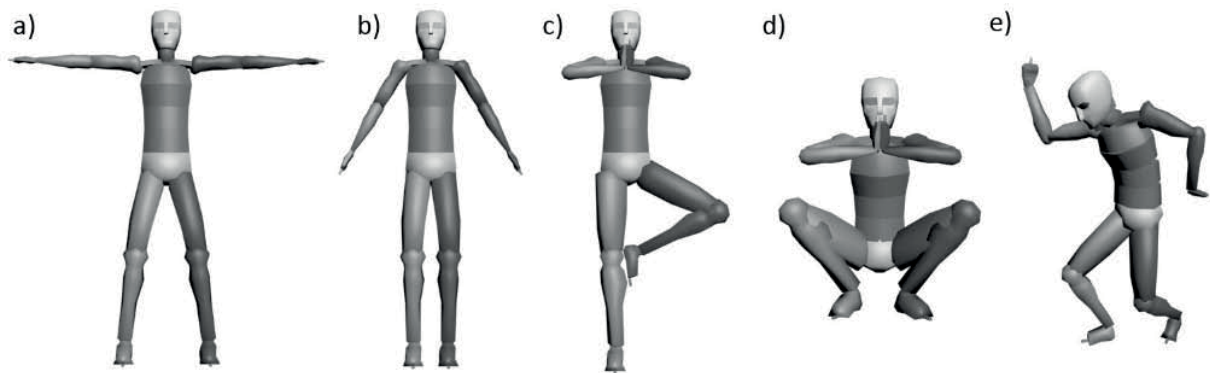


Abbildung 2: Repräsentation der Posen, die im 3D-Scanner aufgenommen wurden. T-Pose (a), A-Pose (b), Kontrollposen (c, d, e)

unerwünschten Ergebnissen führen. Sie sollte zu einer Rotation des Unterarmes entlang der Elle führen, deren Stärke vom Handgelenk hin zum Ellenbogen stetig abnimmt. Das bedeutet, dass die Rotation am Ellenbogen kaum sichtbar ist, aber die Ausrichtung des Handgelenks ändert. Wenn die Gewichtung zum Ellenbogen hin nicht ausreichend ist, dreht sich nur die Hand. Weshalb sich die Geometrie entlang der Rotationsachse im Handgelenkbereich sehr stark ändert, wie in Abbildung 1b zu sehen ist. Dieser Effekt wird wegen seiner Ähnlichkeit zu Bonbon-Papier als „Candy Wrapper“ bezeichnet. [1]

4 Ablauf Experiment

Am Anfang des Experiments werden Probanden mit Unterstützung vom Perceiving Systems Department (PSD) am Max Planck Institut Tübingen mit einem 3D-Scanner in mehreren Posen aufgenommen. Darunter die A-Pose, T-Pose und drei Kontrollposen (Abbildung 2). Die gescannten Modelle müssen allerdings vor dem Einsatz aufbereitet werden. Die Scans haben einen sehr hohen Detailgrad und bewegen sich im Rahmen von 200.000 Polygonen. Die Polygone sind ungleichmäßig verteilt, was zu Problemen in der Deformation führt, da es nicht garantiert ist, dass Polygone gleichmäßig entlang der Gelenke verteilt sind. Außerdem hat ein 3D-Scan in dieser Form noch Löcher und Rauschen in der Geometrie, was selbst hochwertigen 3D-Scannern passiert. Das liegt an den unpräzisen bildgebenden Verfahren, wie

von Hirshberg et al. beschrieben, die mangels Alternativen zum Scannen verwendet werden [7]. Deshalb passt das PSD, mit Hilfe des von ihnen geschriebenen Algorithmus, ein neutrales menschliches Grundmodell an die Form des Scans an.

Das angepasste Grundmodell hat einerseits den Vorteil, dass es mit 6900 Polygonen eine feste Anzahl an Polygonen besitzt, die für die Echtzeitdarstellung geeignet sind. Ausserdem haben die Modelle eine für Animation geeignetere Geometrie, die sich einfach an den Gelenken deformieren lässt, da die Edges entlang der Deformationen verlaufen.

Zuerst wurden T-Pose und A-Pose aufgenommen (Abbildung 2 a, b), die im Verlauf des Experiments geriggt und gescannt werden sollen. Die beiden Grund- oder Bindposen sollen miteinander verglichen werden, um heraus zu finden, welche von den beiden sich in diesem Fall am besten für den Workflow eignet. Sämtliche der später vorgestellten Methoden zum Skinning schaffen es nicht, den Armbereich der A-Pose fehlerfrei zu skinnen. Die Arme sind mit den Knochen des Rückens verbunden, was zu unerwünschten Deformationen der Armgeometrie führt. Deshalb wird die A-Pose für nicht geeignet befunden und nicht weiter verwendet.

Zusätzlich gibt es drei weitere Aufnahmen (c, d, e) für den Vergleich der Qualität der posierten Bindposen. Dazu werden die in Abbildung 2 dargestellten Posen auf die Skelette der Bindposen übertragen. Die

beiden Posen c und d haben sich beim Anpassen der Grundmodelle als ungeeignet erwiesen, da sich die Geometrie an Händen, Armen, Füßen und Beinen überschneidet. Der Algorithmus vom PSD konnte die Modelle nicht fehlerfrei in diese Position bringen, weshalb diese beiden Posen nicht benutzt werden.

Zum Vergleich hat sich hier das Modell der dritten Kontrollpose geeignet. Es erzeugt keine Probleme beim Anpassen des Grundmodells. Außerdem deckt diese Pose sämtliche Fälle der Beugung und Drehung von Gelenken ab (Abbildung 2 e). Damit verbindet die Pose verschiedene mögliche Probleme, die in Kapitel 3.2 beschrieben sind. Dieses Kontrollmodell ist damit eine realistische Repräsentation, wie die gedrehten und gebeugten Gelenke aussehen sollten. Deshalb dient es als Sollergebnis für die posierten Modelle von der T-Pose. Ein deformiertes T-Modell, das in die Pose des Kontrollmodells gebracht wurde, sollte eine möglichst hohe Ähnlichkeit zu diesem haben.

5 Vergleich

Die im Folgenden vorgestellten Techniken werden benutzt, um die Modelle in der T-Pose zu skinnen oder riggen [8]. Zum Vergleich der einzelnen Techniken werden die Modelle zuerst in die Kontrollpose gebracht. Danach werden das Kontrollmodell und die Modelle in das Programm MeshLab [9] geladen. Dort werden die Modelle anhand der Hausdorf-Distanz verglichen. Dazu werden Punkte auf dem Modell X abgetastet und die kürzeste Distanz zu einem Dreieck von Modell Y berechnet [10]. Tendiert die Distanz zwischen Abtastpunkt und Dreieck gegen null, ist der Wert theoretisch ideal. Da aber nicht gewährleistet ist, dass Punkt und Dreieck zum passenden Gegenstück gehören, ist die Hausdorf-Distanz keine ideale Lösung, aber nach Cignoni et al. die effizienteste [9].

Wenn eine Technik keinen Rig erstellen kann, was prinzipiell auf alle außer Mixamo und PM_heatweight zutrifft, wird ein von Hand erstelltes Rig verwendet. Dieses Rig wird auch beim nachbearbeiteten Skin-Modifier-Beispiel verwendet.

5.1 Skin Modifier

3ds Max und andere Softwarepakete verwenden Linear Blend Skinning [11]. Wie in Kapitel 2 beschrieben, ist es eine der weit verbreitetsten Methoden und wird aufgrund seiner Kompatibilität zu Spiele-Engines hier ausschließlich betrachtet.

Der Skin Modifier ist eine der beiden Standard Skinning Methoden, die in 3ds Max enthalten sind. Bei beiden Methoden werden die Gewichtungen auf Basis von einem Einflussbereich, dem sogenannten Envelope, verteilt. Alle Knochen haben ein Envelope, innerhalb dessen die Vertices den jeweiligen Knochen zugeteilt werden. Diese Methode hat jedoch einen wesentlichen Nachteil: Es werden auch Vertices zugeteilt, die auf der Oberfläche des Modells keine Nähe zu dem jeweiligen Knochen haben [2]. Beispielsweise überschneiden sich die Schenkel, was zu Ergebnissen ähnlich den von BonesPro (Kapitel 5.4) führt. Aufgrund dessen braucht der Skin Modifier eine umfangreiche Nacharbeit, die ihn für die Anforderungen ungeeignet macht.

5.2 Maya Smooth Bind

Maya Smooth Bind ist das Gegenstück der beiden Modifier von 3ds Max und bietet mehrere Möglichkeiten zur Berechnung der Gewichtungen:

- Closest in Hierarchy
- Closest Distance
- Heat Map
- Geodesic Voxel Binding (2015)

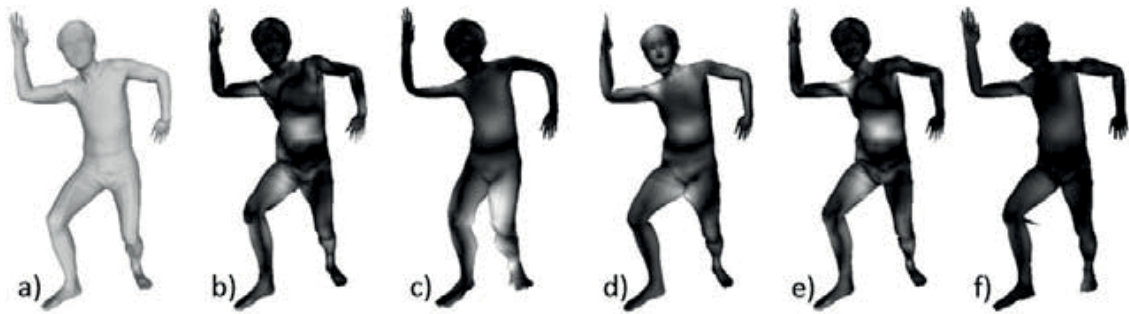


Abbildung 3: Visuelle Darstellung der Hausdorff Distance mit Kontrollmesh (a) zum Vergleich. Schwarzwerte stellen eine minimale Abweichung, weißwerte eine hohe Abweichung dar. Die Techniken sind Autoweight (b), BonesPro (c), Mixamo (d), Manuel (e), PM_Heatweight(f).

Die „Closest Distance“ Methode ist den Envelopes sehr ähnlich, da sie zu denselben Problemen führt. „Closest in Hierarchy“ hingegen betrachtet den Aufbau des Skeletts und vermindert so das Überlappungsproblem. Die „Heat Map“ Methode scheint von der Funktion her ähnlich dem Pinocchio Algorithmus von Baran et al. [4].

Das „Geodesic Voxel Binding“, wie in Kapitel 2 beschrieben wurde, in Maya 2015 eingeführt, und ist eine mögliche Alternative zu den bisher getesteten Methoden.

5.3 Autoweight

Autoweight ist ein Plugin für 3ds Max von Mirko Hänssgen. Die genaue Funktion ist nicht bekannt, er beschreibt das Plug-In als Region-basierend. Auf Basis von Knochen werden Regionen definiert, die vom Benutzer nachträglich nachgezeichnet werden können. Diese werden benutzt, um Gewichtungen zu verteilen.

5.4 BonesPro

BonesPro ist ein 3ds Max Plug-In. Die Stärke von BonesPro liegt in der Postbearbeitung. Das automatische Skinning führt zu einem ähnlichen Ergebnis wie der Skin Modifier. Daher liegt die Vermutung nahe, dass hier ebenfalls Linear Blend Skinning verwendet wird. Gleichzeitig verhält sich das automatische Skinning ähnlich den Envelopes vom Skin Modifier.

Die Stärke von BonesPro liegt in der Nachbearbeitung und der Verwendung zusätzlicher Geometrie zur Bestimmung von

internen Festkörpern wie Muskeln. Diese Funktionen werden aber nicht von Spiele-Engines unterstützt, weshalb das uninteressant ist.

5.5 Mixamo

Mixamo ist ein Cloud-basierter Ansatz, der sich über seine genauen Algorithmen verdeckt hält. Er basiert auf einem Ansatz den das Biomotion Lab der Stanford University entwickelt hat. Bei genauerer Nachforschung konnten aber keine passenden Paper hierzu gefunden werden.

Der Ansatz von Mixamo ist quasi nachbearbeitungsfrei, da das Ergebnis des Autoriggers in den meisten Fällen keine Nachbearbeitung benötigt. Nur wenn die Beine zu eng zusammen stehen, überschneiden sich die Gewichtungen im Schritt (Abbildung 3d).

Da bei zukünftigen Experimenten aber Patientendaten verwendet werden und die Dateien in der Cloud verbleiben, ist dies ein eindeutiges Ausschlusskriterium für diese Anwendungsfälle.

5.6 HeatWeight

Pm_heatweight ist ein Plug-in für Maya, das auf einer abgewandelten Version des Pinocchio Algorithmus basiert. Hierfür errechnet es Zwischenwerte auf Basis der Form eines Modells wie in Kapitel 2 beschrieben.

Das Plug-In verwendet das von Baran et al. beschriebene Heat-Map-System [4] um die

Gewichtungen der Knochen zu errechnen. Das automatische Ergebnis entspricht direkt den Anforderungen und bedarf im Normalfall keinen weiteren Nachbearbeitungen.

Der einzige Nachteil ist, dass Pm_heatweight seit 2010 nichtmehr weiter entwickelt wird. Es ist aber quelloffen und kann von Hand modifiziert werden.

5.7 Unterschiede

Wie man in Abbildung 3 erkennen kann, liegen die Schwächen sämtlicher Prozesse in den Ellen und dem Schulter- bzw. Bauch- und Beinbereich. Also gerade an den jeweiligen Stellen, an denen eine gewisse Erhaltung des Volumens nötig ist.

Diese Punkte lassen sich durch geschicktes Verteilung der Gewichtungen kaschieren. Das in der Postbearbeitung zu korrigieren, kann ein Zeitintensiver Prozess sein. Im Skinning Beispiel auf Basis des Skin Modifier (Abbildung 3e) hat dieser Prozess im Schnitt drei bis vier Stunden gedauert. Ein erfahrener Skinner könnte das wahrscheinlich in kürzerer Zeit erreichen.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Hausdorf-Distanz dargestellt. Der Wert BBox Diag stellt die Diagonale der Bounding Box dar, also die Größe des Models an sich. Das ist insofern interessant, da die anderen Werte aus der Tabelle nur als prozentuales Verhältnis aussagekräftig sind. Die Minimalabweichung ist bei allen Modellen fast gleich, da die Geometrie der posierten Modelle gerade in den Gelenken an Volumen verliert. Daher ist die Minimalabweichung uninteressant. Die

Werte der Maximalabweichung hingegen sind von Interesse, da es die höchste Abweichung darstellt. Diese sollte möglichst gering sein. Man erkennt auch anhand der Abbildung 3, dass BonesPro und der reine Skin Modifier mit einem Wert größer 0,09 am schlechtesten abschneiden. Autoweight und das von Hand erstellte Skinning haben hingegen das beste Ergebnis.

Der Wert Mean beschreibt den durchschnittlichen Wert der Abweichungen. Der RMS Wert ist das quadratische Mittel, dieser Wert bestätigt die Annahme, die mit der durchschnittlichen Abweichung bereits erahnt werden kann.

Die Skinning-Zeit beschreibt die durchschnittliche Dauer, die gebraucht wurde um ein Model auf ein zufriedenstellendes Ergebnis zu bringen. Diese Definition ist sehr subjektiv, aber da alle Modelle die gleichen Anforderungen hatten und die Zeite eine wichtige Rolle spielt, wird sie hier doch in Betracht gezogen.

Die subjektiv besten Ergebnisse ohne Nachbearbeitung erzielen Autoweight und Mixamo. Pm_Heatweight hingegen hat das beste Ergebnis bei minimaler Nachbearbeitungsdauer, da es wie in Abbildung 3f zu sehen, Fehler im Beinbereich gibt. Mixamo kann für Patientendaten leider nicht verwendet werden. Aber für generelle oder anonymisierte Experimente ist es durchaus eine zeit- und kostengünstige Alternative. Pm_Heatweight ist völlig kostenlos und kann intern angepasst werden, was es für einen Mayaworkflow interessant macht.

Tabelle 1. Vergleich Techniken. *Skin Modifier I ist von Hand nachbearbeitet.

Technik	Topologie			BBox Diag	Skinning -Zeit
	Max	Mean	RMS		
Autoweight	0.041078	0.008890	0.011673	1.923787	45 min
BonesPro	0.095790	0.019009	0.026598	1.918020	3-4 h
Mixamo	0.060874	0.014801	0.017798	1.928063	~ 5 min
Skin Modifier I*	0.039605	0.008158	0.010755	1.927775	4-5 h
PM_Heatweight	0.093028	0.013364	0.016478	1.877209	~10 min

Autoweight hingegen braucht mehr Zeit und kostet einmalig 29,95 US-Dollar.

6 Aussicht

Die vorgestellten Techniken haben allesamt gemein, dass sie zwar für Bipedes ausgelegt sind, aber ein sehr breites Spektrum von möglichen Modellen abdecken, die auch über zwei Arme oder Beine hinausgehen können.

Bei der praktischen Verwendung im Max Planck Institut können wir für eine Vielzahl von Modellen eine sichere Aussage treffen: Und zwar ist die Topologie des Modells bekannt. Jedes gescannte Modell wird wie bereits erwähnt an ein Template angepasst, dessen Vertex-platzierung uns bekannt ist. Wir wissen immer, welche Struktur aus Vertices an welchem Joint in welche Richtung gerichtet existiert. Das heißt, dass die Bind Matrix ausgelesen und auf ein Skelett angewendet werden kann.

Auf Basis der Matrix lassen sich Aussagen über die mögliche Positionierung von Knochen bzw. Gelenken treffen. Die Gelenke befinden sich mit einer Gewichtung in der Richtung zwischen einem Set von Vertices. So können alle Knochen gezielt platziert werden. Das Gleiche gilt für die Gewichtung der Knochen auf Vertices. Diese lassen sich immer auf bestimmte Knochen zuteilen.

7 Zusammenfassung

Jede der hier aufgezeigten Methoden, inklusive des Riggings von Hand, hat das Problem, dass nur Knochenbewegungen und keine Muskeln automatisch beachtet werden. Selbst wenn, sind die Techniken nicht für den Echtzeitbereich geeignet und die Informationen gehen beim Export verloren. Deshalb schlägt der Autor vor, entweder Autoweight oder PM_Heatweight zu verwenden, falls ein vorhandenes Programm benutzt werden soll. Das birgt aber immer noch den Nachteil ein Rig von Hand erstellt werden muss. Im Idealfall sollte, wie in Kapitel 6 vorgeschlagen, ein eigenes Skript geschrieben werden.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Kavan, L., Collins, S., Žára, J., and O'Sullivan, C. Skinning with dual quaternions. In the 2007 symposium, 39.
- [2] Jacka, D., Reid, A., Merry, B., and Gain, J. A comparison of linear skinning techniques for character animation. In the 5th international conference, 177.
- [3] Kavan, L., Collins, S., Žára, J., and O'Sullivan, C. 2008. Geometric skinning with approximate dual quaternion blending. *ACM Trans. Graph.* 27, 4, 1–23.
- [4] Baran, I. and Popović, J. 2007. Automatic rigging and animation of 3D characters. *ACM Trans. Graph.* 26, 3, 72.
- [5] Dionne, O. and Lasa, M. de. Geodesic voxel binding for production character meshes. In the 12th ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium, 173.
- [6] Sueda, S., Kaufman, A., Pai, D. K. 2008. Musculotendon simulation for hand animation. *ACM Trans. Graph.* 27, 3, 1.
- [7] Hirshberg, D., Loper, M., Rachlin, E., and Black, M. J. 2012. Coregistration: Simultaneous alignment and modeling of articulated 3D shape. In *European Conf. on Computer Vision (ECCV)*. LNCS 7577, Part IV. Springer-Verlag, 242–255.
- [8] Cignoni, P., Rocchini, C., and Scopigno, R. 1998. Metro: Measuring Error on Simplified Surfaces. *Computer Graphics Forum* 17, 2, 167–174.
- [9] Cignoni, P., Corsini, M., Ranzuglia, G. Meshlab: an open-source 3d mesh processing system. *Ercim news*, 73, 45–46.
- [10] Aspert, N., Santa-Cruz, D., and Ebrahimi, T. MESH: measuring errors between surfaces using the Hausdorff distance. In *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, 705–708.
- [11] Parameters Rollout (Skin Modifier). Webseite, 2014. <http://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax/files/GUID-0D847E14-366A-4629-A87A-D24CAF591226-htm.html>; Besucht am 03.03.2015.