



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit
Henrik Brauer
Augmented Reality Tracking

Henrik Brauer
Augmented Reality Tracking

Seminararbeit eingereicht im Rahmen der Veranstaltung Anwendungen II
im Studiengang Informatik (Master of Science)
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. rer. nat. Kai von Luck

Abgegeben am 28. Februar 2009

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
1 Einführung	5
1.1 Motivation	5
1.2 Aufbau der Arbeit	5
2 Grundlagen	6
2.1 Tracking	6
2.2 Sensoranforderungen	6
3 Sensortypen	8
3.1 Zeit- und Frequenzmessung	8
3.1.1 Ultraschall	8
3.1.2 GPS	8
3.2 Mechanische Kopplungen	9
3.3 Inertialsysteme	9
3.3.1 Mechanische Gyroskope	10
3.3.2 Beschleunigungssensoren	10
3.4 Direkte Feldmessungen	10
3.4.1 Gravitationsfeldsensoren	10
3.4.2 Kompass und Magnetfeldsensorik	11
3.5 Hybrid-Systeme	11
4 Bildbasiertes Tracking	12
4.1 Marker Basiertes Tracking	13
4.2 Markerless Tracking	14
4.3 Featurebasiertes Tracking	14
4.3.1 SIFT	14
4.3.2 Grundsätzliches Vorgehen	15
4.4 Modellbasiertes Tracking	15
5 Fazit	17
Literaturverzeichnis	19

Abbildungsverzeichnis

4.1 Analyse des Videobildes: a)Erkennen einer Region; b)Konvertierung; c)Koordinatentransformation; d)Skalierung bestimmen; Quelle: [Teg06]	13
4.2 Modellbasiertes Tracking	16

1 Einführung

Diese Ausarbeitung soll dem Leser einen groben Überblick zum Thema Tracking und Sensorik verschaffen. Es werden zunächst einige grundlegende Begriffe des Themas erläutert und dann konkret auf verschiedenste Sensortechnologien und Trackingtechnologien eingegangen.

1.1 Motivation

Unter Augmented Reality versteht man die computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung. Diese Information kann alle menschlichen Sinnesmodalitäten ansprechen, häufig wird jedoch unter erweiterter Realität nur die visuelle Darstellung von Informationen verstanden.

In Augmented Reality Anwendungen besteht die Problemstellung in der Einbettung virtueller Objekte in die reale Welt. Reale und virtuelle Welt existieren zunächst unabhängig voneinander und müssen mit rechnerischen Methoden zur Deckung gebracht werden.

Um die Koordinatensysteme beider Welten zu überlagern muss das Blickfeld des Betrachters bestimmt werden. Zu diesem Zweck benötigt man Sensoren, die in der Lage sind Positionen und Orientierungen festzustellen, entsprechend dem Standpunkt und der Blickrichtung des Betrachters. Sollen Objekte in der Realität interagieren mit virtuellen Objekten muss auch deren Position und Orientierung bekannt sein.

1.2 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit ist in fünf Kapitel eingeteilt. Das vorliegende Kapitel 1 gibt einen kurzen Überblick über die Motivation der Arbeit.

Anschließend werden in Kapitel 2 einige Grundlagen erläutert.

Kapitel 3 stellt verschiedene Sensortypen vor.

Kapitel 4 stellt verschiedene bildbasierten Tracking-Verfahren vor.

Kapitel 5 fasst die Ergebnisse zusammen und es wird eine Bewertung der Ergebnisse vorgenommen.

2 Grundlagen

2.1 Tracking

Der Begriff Tracking (dt. Spurbildung, gleichbedeutend mit Nachführung) umfasst alle Bearbeitungsschritte, die der zeitgleichen Verfolgung von (bewegten) Objekten dienen.

Ziel dieser Verfolgung ist zum einen die Extraktion von Informationen über den Verlauf der Bewegung und die Lage eines Objektes (Absolutdaten) und zum anderen die Verminderung von Abweichungen (relative Fehlerdaten), herrührend von zumeist zufälligen technischen oder physikalischen Messfehlern. Die extrahierten Informationen können beispielsweise die Geschwindigkeit der Bewegung, die Beschleunigung sowie Informationen bezüglich der Lage zu einem bestimmten, oft in der Zukunft liegenden, Zeitpunkt sein.

2.2 Sensoranforderungen

Die Sensoren, die für diese Zwecke eingesetzt werden, müssen sich an verschiedenen Kriterien messen, die im wesentlichen das Einsatzgebiet des Sensors bestimmen. Diese Kriterien soll die folgende Auflistung erläutern.

Update-Rate

Für eine überzeugende Einbettung der virtuellen Realität in die Realität ist eine hohe Update-Rate sehr wichtig, eine niedrige Update-Rate äußert sich unmittelbar in ruckeligen Bewegungen und verzögerten Anpassungen der virtuellen Welt an die Realität. Bestimmt wird die Update-Rate meist durch den Sensortyp, aber auch durch die Übertragungs-Bandbreite mit der die Daten vom Sensor an den Rechner übermittelt werden.

Präzision

Abhängig von den Anforderungen der Anwendung werden vom Tracking-System unterschiedliche Auflösungen verlangt. Mobile Anwendungen verlangen oft nach weniger präzisen Methoden als stationäre. Die Präzision ist abhängig vom Sensortyp und vor allem auch von seiner Störanfälligkeit. Moderne Sensoren können bereits Objekte im Submillimeterbereich tracken.

Reichweite

Eine hohe Reichweite spielt vor allem bei mobilen Anwendungen oder Outdoor-Systemen eine Rolle. Sowohl die Reichweite des Sensors selbst als auch die Sendereichweite zu einem

Empfänger spielen hierbei eine Rolle. Die Reichweite des Systems ist natürlich auch von seinem Stromverbrauch abhängig, da Akkulaufzeiten die Nutzungsdauer wesentlich einschränken.

Freiheitsgrade

Als Freiheitsgrade oder "Degrees of Freedom", kurz DOF, bezeichnet man die Zahl der Daten, die mit einem Sensor bestimmt werden können. Dazu zählt zum einen die Position im 3-dimensionalen Raum sowie die Orientierung im selbigem. Jedes Datum entspricht dabei einem DOF. Werden Sensorsysteme zusätzlich mit Sensoren ausgestattet, die zusätzliche Parameter, wie z.B. die Temperatur erfassen, so werden diese oft als zusätzlicher DOF genannt.

Preis

Waren vor einigen Jahren die meisten Sensorentypen aufgrund des hohen Preises nur für Forschung und Industrie interessant, so sind die meisten Systeme durch die ständige Verbesserung durchaus erschwinglich geworden.

3 Sensortypen

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den gebräuchlichsten Sensortypen, stellt die Funktionsweise vor und erleutert Vor- und Nachteile. Die Sortierung richtet sich nach dem Paper [RBG94] von J.P. Rolland, das Sensoren nach ihrem physikalischen Funktionsprinzip gliedert. Die Beschreibungen wurden teilweise aus dem Paper [TTV05] übernommen.

3.1 Zeit- und Frequenzmessung

Eine der präzisesten Sensortechniken stellt die Zeit- und Frequenzmessung dar. Optische oder akustische Signale werden von einem Emitter ausgesandt und von einem Transmitter empfangen. Durch die Messung von Signallaufzeiten lassen sich Entfernungen zwischen Emitter und Transceiver ermitteln.

Beispiele für Zeit- und Frequenzmessungen:

3.1.1 Ultraschall

Mit Ultraschall (oft als 'US' abgekürzt) bezeichnet man Schall mit Frequenzen, die oberhalb des vom Menschen wahrgenommenen Bereiches liegen. Das umfasst Frequenzen zwischen 20 kHz (obere Hörschwelle) und 1 GHz.

Das Prinzip des Ultraschalls ist den meisten wohl von der Fledermaus bekannt. Ein Ultraschallsignal wird ausgesandt, von Objekten im Raum reflektiert und wieder empfangen. Im Bereich der Augmented Reality sind Systeme mit Emittlern in der Umgebung und Transmittern am Tracking-Objekt gebräuchlicher. Das Problem der Ultraschall-Technologie liegt bei ihrer hohen Anfälligkeit gegenüber Störsignalen. Störungen können zum einen von anderen Ultraschallquellen, wie älteren Festplatten, akustischen Wiedergabegeräten, etc. stammen oder zum anderen durch Reflexionen von ausgesandten Signalen verursacht werden.

3.1.2 GPS

Ebenfalls eine weit verbreitete Zeitmessung-Methode ist GPS, das Global Positioning System. 24 Satelliten mit Atomuhren bilden die Basis des weltumspannenden Positionssystems. In gepulsten Abständen senden die Satelliten Signale aus, die Informationen tragen wann sie abgeschickt wurden. Am Boden kann der Empfänger aus den verschiedenen Empfangszeiten der

Signale Unterschiede in den Laufzeiten ermitteln und durch Triangulation seine Position bestimmen. Der größte Nachteil von GPS ist die Verzerrung der Signale durch die amerikanische Regierung. Diese will durch die reduzierte Präzision die Nutzung von GPS zu militärischen Zwecken verhindern. Durch Referenzpunkte am Boden, deren genaue Position bekannt ist, wird dennoch eine hohe Präzision auch für die zivile Nutzung ermöglicht.

Zeit- und Frequenzmessung Vor und Nachteile::

- Vorteile: Sehr präzise, sehr hohe Update-Rate
- Nachteile: Anfälligkeit gegenüber Störsignalen

3.2 Mechanische Kopplungen

Eine der frühesten Sensortechniken sind Mechanische Kopplungen. Die zu trackenden Objekte werden über Stangen und Gelenke oder Seile mit festen Referenzpunkten verbunden. Über Beugungssensoren in den Gelenken oder Spannungssensoren an den Seilenden kann die Position des zu trackenden Objektes relativ präzise errechnet werden. Häufig findet man diese Technik bei dreidimensionalen Pointing-Devices für den Einsatz in 3D-Grafik-Programmen. Sie zeichnet sich vor allem durch eine hohe Präzision und eine einfache technische und damit preiswerte Realisierung aus. Die Nachteile dieser Technik liegen jedoch auf der Hand: Durch die physische Verbindung mit fixen Punkten ist die Reichweite des Systems stark eingeschränkt, die Bedienung gestaltet sich durch den „klobigen“ Aufbau äußerst unkomfortabel.

Mechanische Kopplungen Vor und Nachteile::

- Vorteile: Sehr präzise, sehr hohe Update-Rate, geringe Kosten
- Nachteile: Geringer Aktionsradius

3.3 Inertialsysteme

Ausgehend von einem Anfangszustand messen Inertialsysteme Veränderungen relativ zu ihrer vorherigen Position oder Orientierung. Inertialsysteme kennen ihre absolute Position nicht, man kann mit ihnen nur Positionsveränderungen, also relative Positionen messen. Auch wenn man die Position eines Referenzpunktes kennt, eignen sich Inertialsysteme nur bedingt zur Bestimmung von Positionen, da sich kleine Fehler in den Messdaten sehr schnell fortpflanzen.

Beispiele für Inertialsysteme:

3.3.1 Mechanische Gyroskope

Mechanische Gyroskope beruhen auf dem Prinzip der Impulserhaltung. Kreisel mit verschiedenen Ausrichtungen drehen sich bei hoher Drehzahl. Bei einer Auslenkung entlang ihrer Drehachse wirkt an den Aufhängepunkten der Achsen eine Kraft entgegen ihrer Bewegungsrichtung. Diese Kräfte werden gemessen und die Änderungen in der Orientierung daraus errechnet. Gyroskope haben eine hohe Updaterate, da die auftretenden Kräfte kontinuierlich gemessen werden können. Ein weiterer Vorteil von mechanischen Gyroskopen und damit auch der Grund ihrer hohen Verbreitung liegt in ihrer Kosten günstigen Herstellung und einfachen Handhabung.

3.3.2 Beschleunigungssensoren

Beschleunigungssensoren gehören zu den sowohl preiswertesten, als auch verbreitetsten Sensortypen. Sie nutzen das Prinzip der Trägheit um Informationen über Beschleunigungen zu gewinnen. Dazu wird einfach eine Masse an Federn im Sensor aufgehängt und deren Auslenkung aus der Ruheposition beobachtet. Dies geschieht zum Teil mit Piezo-Elementen, die Druck messen, den die Masse auf sie ausübt oder mit simplen magnetischen Sensoren zur Bestimmung der Position der Masse. Beschleunigungssensoren werden heutzutage mehr und mehr in mobile Endgeräte wie z.B. in das iPhone eingebaut.

Inertialsysteme Vor und Nachteile:

- Vorteile: Hohe Update-Rate, geringe Kosten, kleiner Aufbau
- Nachteile: Selbst kleine Fehler pflanzen sich sehr schnell fort

3.4 Direkte Feldmessungen

Sensortypen aus dem Bereich der Feldmessung nutzen sowohl künstliche als auch natürliche physikalische Felder zur Bestimmung von Position oder Orientierung. Sie haben im allgemeinen eine hohe Störanfälligkeit gegenüber Unregelmäßigkeiten der genutzten Felder oder deren Beeinflussung durch äußere Felder.

Beispiele für direkte Feldmessungen:

3.4.1 Gravitationsfeldsensoren

Gravitationsfeldsensoren werden eingesetzt um schlicht und einfach die Richtung der Gravitation der Erde zu erfassen. Eine Flüssigkeit in einem Gefäß oder ein Pendel innerhalb des Sensors richten sich nach dem Gravitationsfeld aus. Aus deren Auslenkung relativ zum Sensor wird die Richtung des Schwerfeldes bestimmt.

3.4.2 Kompass und Magnetfeldsensorik

Sensoren aus dem Bereich der Magnetfeldsensorik messen Magnetfelder, die sowohl künstlicher als auch natürlicher Natur sein können. Ein großer Vorteil der Magnetfeldsensorik liegt in der sehr geringen Größe der Sensoren, die auf einfachsten physikalischen Prinzipien basieren. Das wohl bekannteste Beispiel aus diesem Bereich ist der klassische Kompass, der durch seine frühe Entdeckung natürlich weit verbreitet und preiswert ist. Allerdings ist dieser bei einigen Anwendungen leider nicht genau genug. Das Magnetfeld der Erde ist bei weitem nicht so gleichförmig wie dies in der allgemeinen Schulphysik vermittelt wird, vielmehr ist es durchzogen von zahlreichen Feldturbulenzen. Daher lässt es sich nicht für Messungen heranziehen, die eine hohe Präzision erfordern. Eine Abhilfe schaffen da künstliche Magnetfelder, die jedoch einen hohen technischen Aufwand erfordern. Das Prinzip mit dem Magnetfelder erzeugt werden ist technisch sehr einfach, jedoch haben starke Magnetfelder negative Auswirkungen auf umgebende elektronische Geräte und können daher nicht beliebig weit ausgedehnt werden.

Direkte Feldmessungen Vor und Nachteile:

- Vorteile: Hohe Update-Rate, geringe Kosten, geringe Größe
- Nachteile: Starke Anfälligkeit für Störsignale

3.5 Hybrid-Systeme

Um die speziellen Schwächen einzelner Sensortypen auszugleichen verwendet man oft eine Kombination verschiedener Typen, die sich gegenseitig ergänzen. Die entstehenden Systeme nennt man Hybrid-Systeme. Hybrid-Systeme sind heutzutage aus dem Tracking-Bereich kaum noch wegzudenken. Auch zu Redundanzzwecken werden verschiedene Sensoren kombiniert, um in Falle eines Ausfalls auf einen anderen Sensor zu wechseln.

4 Bildbasiertes Tracking

Bei bildbasierten Tracking-Verfahren, die die Anforderungen von mobilen Augmented Reality erfüllen, führt der Benutzer die Kamera bei sich. Da die Kamera am zu verfolgenden Objekt selbst befestigt ist und die Umgebung beobachtet, spricht man auch von inside-out Tracking. Im Gegensatz zu typischen Tracking-Systemen, bei denen Sensoren in der Umgebung ein Objekt verfolgen, die auch als outside-in Tracking bezeichnet werden.

Der Anwender führt die aktiven Komponenten des Tracking-Systems mit sich. Dabei handelt es sich um eine oder mehrere Kameras, so dass ein solches Tracking-System wenig zusätzliches Gewicht verursacht und auch gegen elektromagnetische Strahlung relativ unempfindlich ist. Die Kamera eines solchen inside-out Verfahrens liefert Videobilder der Umgebung an die Bildverarbeitungsalgorithmen, deren Aufgabe darin besteht, Merkmale aus den Bildern zu extrahieren. In einem anschließenden Schritt wird versucht Korrespondenzen zwischen diesen 2D Features und bekannten 3D Punkten herzustellen, so dass daraus wiederum die Pose der Kamera, bestehend aus Position und Orientierung, geschätzt werden kann.

Vor allem die Bildverarbeitungsalgorithmen verursachen dabei enormen Rechenaufwand, so dass die Verfahren erhebliche Anforderungen an die Prozessorleistung und in Folge auch an die Stromversorgung stellen. Bildbasierte Tracking-Verfahren lassen sich in markerbasierte und solche, die mit natürlichen Merkmalen der Umgebung arbeiten, unterteilen. Die markerbasierten Verfahren, wie sie im ArToolkit [KB99] verwendet werden, setzen künstlichen in der Umgebung angebrachte, passive Markern voraus. Diese Marker können besonders schnell und robust aus dem Videobild extrahiert werden.

Featurebasierte Tracking-Verfahren verzichten auf das Instrumentieren der Umgebung, verursachen aber einen wesentlich höheren Rechenaufwand als markerbasierte Verfahren. Grundsätzlich lassen sich auch die featurebasierten Tracking-Verfahren in zwei Gruppen unterteilen. Modellbasierte Verfahren, bei denen versucht wird ein 3D Modell mit dem Kamerabild zu matchen und hieraus die Kamera-Pose zu schätzen und Verfahren, bei denen Features von Bild zu Bild verfolgt werden und aus der Bewegung der Features im Bild auf die Kamera-Pose geschlossen wird (im weiteren als Featurebasiertes Tracking bezeichnet). Während die modellbasierten Verfahren die Kamera-Pose im Koordinatensystem des zu trackenden Objekts berechnen, bewegt sich die Kamera in den Bild zu Bild Verfahren in einem vollkommen unabhängigen Koordinatensystem. In diesem Fall ist die Transformation zwischen den Tracker- Koordinaten und dem Referenz-Koordinatensystem unbekannt, so dass eine Initialisierung mit einem anderen Verfahren notwendig ist, auf dessen Ergebnis das Bild zu Bild Verfahren dann aufsetzen kann.

4.1 Marker Basiertes Tracking

Das markerbasierte Tracking ist ein Verfahren, das die Bestimmung der Positionierung von realen Objekten durch zusätzliche Markierungen in der realen Umgebung ermöglicht. Diese Markierungen können besonders gut durch Bildanalyseverfahren extrahiert werden und bieten anhand ihrer speziellen Form Positionierungsinformationen.

Die Form des Marker ist Quadratisch. Für eine Analyse des Videobildes wird ein Algorithmus durchgeführt, der die Bildpunkte (Pixel) nach allen Regionen durchsucht, deren Kontur durch ein Viereck beschrieben werden kann.

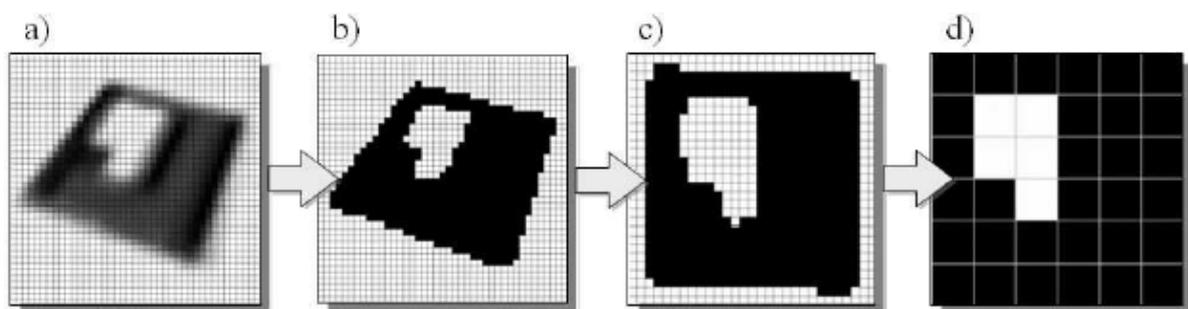


Abbildung 4.1: Analyse des Videobildes: a) Erkennen einer Region; b) Konvertierung; c) Koordinatentransformation; d) Skalierung bestimmen; Quelle: [Teg06]

Eine gefundene Region (Bild 4.1a) wird bei einem bestimmten Helligkeits- Schwellenwert in ein Bild mit einem Bit Farbtiefe (schwarz/weiß) konvertiert (Bild 4.1b) und anschließend einer perspektivischen Transformation unterzogen. Der Transformationsprozess verschiebt die Eckpunkte der vier Konturlinien, bis sie eine quadratische Form mit möglichst lotrechten Kanten ergeben, und berechnet auf dieser Basis neue Pixel-Positionen für das Muster (4.1c). Das quadratische Bild wird auf die Dimensionen der definierten Markerfelder skaliert (4.1d), so dass es nun mit dem gesuchten Muster verglichen werden kann.

Wird der Marker erfolgreich erkannt, werden die ursprünglichen Konturlinien der gefundenen Regionen als Vektoren interpretiert und spannen eine x-y-Ebene auf. Ein weiterer, senkrecht zu dieser Ebene stehender Vektor wird mathematisch berechnet und als dritte Dimension zur Erzeugung eines Raums herangezogen.

Innerhalb dieses (virtuellen) Raums wird die Länge der Vektoren mit den in der Datei angegebenen (realen) Abmessungen der Eckpunkte in Beziehung gesetzt, um eine Größeneinheit für das Koordinatensystem im Raum zu erzeugen. Dieses kann nun verwendet werden, um exakte Positionen anzugeben, bspw. um den eindeutigen Standort der Kamera zu ermitteln oder um virtuelle Objekte deckungsgleich zum realen Sichtfeld des Betrachters zu platzieren.

Verschiedene Markerbasierte Frameworks sind unter [ART09], [STT09] und [ATA09] zu finden.

4.2 Markerless Tracking

Dieser Abschnitt behandelt Verfahren für markerloses Posentracking in Augmented Reality Anwendungen. Dabei werden statt klassischen Markern natürliche Objekte der realen Umgebung als Referenzpunkte genutzt um die Kameraposition zu bestimmen. Die damit erkannten Merkmale sind größen- und rotationsinvariant, sowie teilweise invariant gegenüber Helligkeit und Blickwinkeländerungen. Dadurch läßt es sich flexibel und dynamisch einsetzen. Ist die Kameraposition bekannt und somit das Weltkoordinatensystem festgelegt, können die Umwelt bereichernde virtuelle Objekte in die Szene eingefügt werden.

4.3 Featurebasiertes Tracking

Feature sind bestimmte Merkmale, die in einem Bild auftauchen können. Das sind sowohl markante Punkte, aber auch Kanten von Objekten in Form von Linien, Kurven, Kreisen oder Ellipsen sein. Auch Farben können Merkmale als Bildinformation darstellen. Unter Feature Tracking versteht man dann das Verfolgen dieser extrahierten Merkmale innerhalb einer Bildfolge. Dabei müssen die Featureinformationen logisch miteinander verknüpft werden. Aufeinanderfolgende Merkmale, die von Bild zu Bild übereinstimmen, bilden den sogenannten Featurestream.

4.3.1 SIFT

Im Folgenden soll kurz die Merkmalsextraktion exemplarisch anhand des SIFT-Verfahren [Low04] vorgestellt werden, da es die Grundlage für viele Feature Tracking ist. Ein anderes Verfahren wäre beispielsweise Kanade-Lucas-Tomasi Verfahren [LK81]. SIFT ist ein Algorithmus der aus diskreten Pixelbildern Merkmale extrahiert. Diese Merkmale sind invariant gegenüber Größenänderung sowie Rotation und teilweise invariant bei Änderungen in der Beleuchtung und dem Standpunkt der Aufnahme. Die daraus resultierenden Merkmale (keypoints) sind sehr markant, was dazu führt, dass mit einer hohen Wahrscheinlichkeit die Merkmale in weiteren Bildern wiedererkannt werden. In einem ersten Schritt werden verschiedene Skalierungen des Bildes mit einem Gaußfilter geglättet und mit je zwei benachbarten Bildern das Difference of Gaussian-Verfahren (DoG) durchgeführt. Im nächsten Schritt werden die DoG-Bilder nach interessanten Merkmalen, die skalierungs- und orientierungsinvariant sind durchsucht. Aus allen Merkmalskandidaten werden die Besten ausgewählt (Extrema). Als Maß gilt die Stabilität des Merkmals. Für jeden Keypoint wird dessen Ausrichtung in einer 16x16 Nachbarschaft bestimmt, basierend auf dem lokalen Bildgradienten. Ein 128-dimensionaler Vektor wird als Beschreibung der Keypoints erstellt. Dieser berechnet sich aus dem lokalen Gradienten und der ausgewählten Skalierung.

4.3.2 Grundsätzliches Vorgehen

In diesem Abschnitt soll das grundsätzliche Vorgehen zur Positionsbestimmung mittels Featurebasierten Tracking Verfahren vorgestellt werden, angelehnt an [Yua06a]. Im ersten Schritt müssen die Merkmale, des zu trackenden Objektes, extrahiert werden. Dies kann z.B. mit dem schon vorgestellten Verfahren SIFT geschehen. Sind alle Features eindeutig bestimmt, muss der Abstand der entsprechenden Features zueinander bestimmt werden.

Nun müssen die erkannten Merkmale in den Referenzframes den korrespondierenden Merkmalen im aktuellen Frame zugeordnet werden (matching). Das Maß dafür kann z. B. der Euklidische Abstand der Punkte zueinander sein. Dabei wird als Bewertung des Abstands ein globaler Schwellwert sowie das Verhältnis zwischen dem kleinsten und dem zweit kleinsten Abstand angenommen. Weiter muss ein Maß für das Zuordnen von Frames zueinander gefunden werden. Hier wird für jeden Referenzframe zum einen die komplette Anzahl aller zugeordneten Punkte zwischen ihm und dem aktuellen Frame berechnet, zum Anderen wird der durchschnittliche Abstand zwischen allen zugeordneten Punkten dieser beiden Frames gebildet. Nun kann der am besten geeignete Referenzframe bestimmt werden. Dies ist der Frame, der die höchste Anzahl an zugeordneten Punkten zum aktuellen Frame und den kleinsten durchschnittlichen Abstand zwischen diesen Punkten aufweisen kann. Wenn das Maximum bzw. Minimum beider Werte über alle Frames in genau einem Frame gefunden wird, handelt es sich um den gleichen Referenzframe.

Verschiede Ansätze für Featurebasiertes Tracking sind z.B. hier [SFZ00], [GRS⁺02], [CMC03], [LH08] und hier [Yua06a] zu finden.

4.4 Modellbasiertes Tracking

Das modellbasierte Tracking basiert auf einem 3D-Modell des zu verfolgenden Objektes. Dieses Modell muss im Vorhinein erzeugt werden. Die Erzeugung des Modells kann durch manuelles Ausmessen oder automatische Erzeugung mit Methoden des maschinellen Sehens geleistet werden. CAD-Tools können diesen Vorgang unterstützen.

Die Objekterkennung erfolgt in mehreren Schritten. Zuerst werden aus den Bildern Merkmale, wie zum Beispiel Kanten oder Farbwerte, extrahiert. Anschließend werden anhand von Korrespondenzen zwischen den extrahierten Merkmalen und den Merkmalen, die in dem Modell gespeichert sind, Hypothesen über die Lage des Objektes und seine relative Position zur Kamera aufgestellt.

Nachdem eine Hypothese über die Lage des Objektes aufgestellt wurde, wird die Hypothese verifiziert, in dem man das Objekt auf die Bildebene projiziert. Diese Projektion wird mit dem Eingangskanten-Graphen verglichen und es wird ein Maß für die Übereinstimmung bestimmt. Durch die verschiedenen Kombinationen von Merkmalen werden eine Vielzahl von Hypothesen aufgestellt. Jede Hypothese wird verifiziert und die Orientierung der Hypothese mit der besten Übereinstimmung wird als Objekt-Orientierung angenommen.

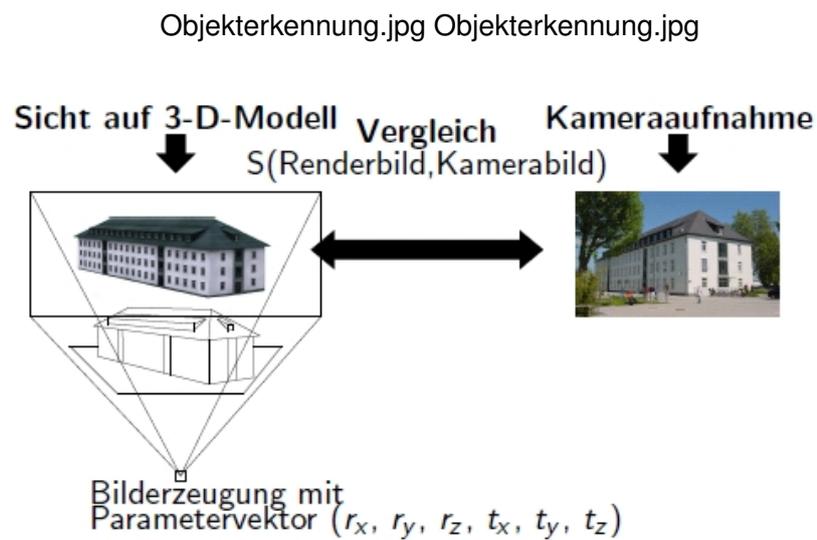


Abbildung 4.2: Modellbasiertes Tracking

Die Vorteile des Modellbasierten Trackings ist die Robustheit des Ansatzes. Auch bei Verdeckung von Teilen des Objektes ist es möglich das Objekt zu erkennen und somit die Position der Kamera zu bestimmen. Außerdem ist dieser Ansatz relativ schnell, weil die zu trackenden Features bereits bekannt sind. Der wesentliche Nachteil bei dem Ansatz ist, dass das Modell erst erzeugt werden muss.

Ansätze für Modellbasiertes Tracking sind unter [\[CMPC06\]](#) und [\[RD06\]](#) zu finden.

5 Fazit

Im Rahmen der Ausarbeitung wurden verschiedene Typen von Sensoren untersucht. Es hat sich gezeigt dass Sensoren vielen Einschränkungen unterliegen. Im Wesentlichen können die Sensoren in zwei Kategorien geteilt werden. Der erste Teil der Sensoren kann die genaue Position bestimmen, wobei hierbei noch unterschieden werden muss, ob nur die Position oder auch der Blickwinkel bestimmt werden kann. Ein großer Teil dieser Art Sensoren brauchen für den Betrieb eine feste Installation. Meist müssen Sender aufgestellt werden, deren Position bekannt ist. Diese Techniken sind sinnvoll, wenn für die Anwendung vorher ein fester Bereich definiert werden kann. Vorausgesetzt die Positionsangaben sind genau genug für die jeweilige Anwendung. Außerdem muss beachtet werden, dass solche Systeme meist sehr teuer sind.

Nicht alle Sensoren dieser Art brauchen eine feste Installation, GPS bildet hierbei z.B. eine Ausnahme. Mit GPS ist es möglich weltweit außerhalb von Gebäuden die aktuelle Position zu bestimmen. Allerdings ist GPS relativ ungenau und kann auch nur die Position und nicht den Blickwinkel bestimmen. Dafür müsste dann ein weiterer Sensor, beispielsweise ein Kompass genutzt werden.

Der zweite Typ Sensoren kann Positionsänderungen in Abhängigkeit eines Startpunktes feststellen. Diese Sensoren können als Unterstützung genutzt werden um genauere Ergebnisse zu erzielen. Wenn beispielsweise die Rechenleistung eines mobilen Endgerätes nur ausreicht jede Sekunde die aktuelle Position zu berechnen, kann in der Zeit zwischen zwei Berechnungsschritten mit Hilfe eines Bewegungssensors die aktuelle Position bestimmt werden.

Desweiteren wurden verschiedene Bildverarbeitungstechniken vorgestellt. Die Marker basierten Techniken bieten den Vorteil relativ Ressourcen schonend zu sein, so dass sie auch auf mobilen Endgeräten genutzt werden können. Sie sind allerdings nur dort nutzbar, wo es auch möglich ist die Marker anzubringen. Zusätzlich besteht das Problem das mindestens ein Marker immer im Bild sein muss, damit die aktuelle Position bestimmt werden kann. Soll z.B. die Möglichkeit bestehen in einer Anwendung, jede Position im Raum zu bestimmen, müsste ein Großteil des Raumes mit Markern bedeckt sein. Marker basierte Ansätze eignen sich deshalb am Besten für Anwendungen bei denen nur einen speziellen Ort bestimmt werden soll. Als Beispiel hierfür sei ein Museum genannt, wo sich an jedem Ausstellungstück jeweils ein Marker befindet.

Sowohl Featurebasiertes Tracking als auch das Modellbasiertes Tracking können besonders gut an Orten genutzt werden, an denen es nicht möglich ist etwas fest zu installieren. Seien es nun Sender für Sensoren oder Marker. Beide Verfahren sind relativ Fehlertolerant und können im Prinzip eine beliebig große Umgebung erfassen. Ein Nachteil ist, dass beide Verfahren starke Hardware voraussetzen. Was den Einsatz auf mobiles Endgerät schwer macht. Außerdem sind beide Verfahren nur schwer in sich stark verändernder Umgebung einsetzbar. Beim Modellbasierten Tracking kommt als Nachteil hinzu dass vorher ein Modell erstellt werden muss. Beide

Verfahren können als kostengünstig angesehen werden, weil als zusätzliche Hardware nur eine Kamera nötig ist. Somit bieten sich beide Verfahren auch für kleine Projekte an. Die einsatzgebiete sind Orte an denen es möglich ist die nötige Rechenleitung zu Verfügung zu stellen. Sei es nun durch einen Server oder ein leistungsstarkes mobiles Endgerät.

Literaturverzeichnis

- [ART09] *ARToolKit*. Webseite, Stand: 22.2.2009. –
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [ASTM08] AZZARI, Pietro ; STEFANO, Luigi D. ; TOMBARI, Federico ; MATTOCCIA, Stefano: *Markerless Augmented Reality using Image Mosaics*. Paper, 2008
- [ATA09] *ARTag*. Webseite, Stand: 22.2.2009. –
<http://www.artag.net/>
- [BBG02] BRÜDERLIN, Prof. Dr. B. ; BEIER, Dipl.-Inf. D. ; GASSMANN, Dipl.-Ing. F.: *Modellbasierte Objekterkennung in einem AR-System*. Paper, 2002
- [Bic03] BICHLER, Simon: *ARToolkit*. Paper, 2003
- [CMC03] COMPORT, Andrew I. ; MARCHAND Éric ; CHAUMETTE, François: *A real-time tracker for markerless augmented reality*. Paper, 2003
- [CMPC06] COMPORT, Andrew I. ; MARCHAND, Eric ; PRESSIGOUT, Muriel ; CHAUMETTE, François: *Real-Time Markerless Tracking for Augmented Reality: The Virtual Visual Servoing Framework*. Paper, 2006
- [Ewe06] EWERING, Dag: *Modellbasiertes Tracking mittels Linien- und Punktkorrelationen*. Diplomarbeit, 2006
- [Fär06] FÄRBER, Markus: *Markerbasiertes Tracking für Augmented Reality Applikationen*. Paper, 2006
- [FTG01] FERRARI, V. ; TUYTELAARS, T. ; GOOL, L. V.: *Markerless Augmented Reality with a Real-time Affine Region Tracker*. Paper, 2001
- [GRS⁺02] GENÇ, Y. ; RIEDEL, S. ; SOUVANNAVONG, F. ; AKINLAR, C. ; NAVAB, N.: *Marker-less Tracking for AR: A Learning-Based Approach*. Washington, DC, USA, 2002
- [Hey05] HEYMANN, Sebastian: *Implementierung und Evaluierung von Video Feature Tracking auf moderner Grafikhardware*. Diplomarbeit, 2005
- [JJB⁺05] JUAN, M.C. ; JOELE, D. ; BAÑOS, R. ; BOTELLA, C. ; MAST, M. Alcañiz C. d.: *A Markerless Augmented Reality System for the treatment of phobia to small animals*. Paper, 2005
- [Jot01] JOTZO, Joachim: *Aktive Landmarken zur Positionsbestimmung von autonomen Fahrzeugen*. Dissertation, 2001
- [Jun06] JUNG, Frank: *Objekterkennung mit SIFT-Features*. Bachelorarbeit, 2006

- [KB99] KATO, Hirokazu ; BILLINGHURST, Mark: *Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System*. Paper, 1999. –
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=858134>
- [KIN03] KIND, ANDREAS: *Positionsbestimmung Seminar Mobile Systeme, SS03*. Paper, 2003
- [Kle06] KLEIN, Georg: *Visual Tracking for Augmented Reality*. Dissertation, 2006
- [Kle08] KLEIN, Georg: *Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces*. Paper, 2008
- [LH08] LEE, Taehee ; HÖLLERER, Tobias: *Hybrid Feature Tracking and User Interaction for Markerless Augmented Reality*. Paper, 2008
- [LK81] LUCAS, Bruce D. ; KANADE, Takeo: *An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision*. Paper, 1981
- [Low04] LOWE, David G.: *Distinctive image features from scale-invariant keypoints*. Paper, 2004. –
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.2.8899>
- [Mar04] MARCHAND, Muriel Pressigout´and E.: *Model-free augmented reality by virtual visual servoing*. Paper, 2004
- [MYN07] MOOSER, Jonathan ; YOU, Suya ; NEUMANN, Ulrich: *Real-Time Object Tracking for Augmented Reality Combining Graph Cuts and Optical Flow*. Paper, 2007
- [RBG94] ROLLAND, Jannick P. ; BAILLOT, Yohan ; GOON, Alexei A.: *A SURVEY OF TRACKING TECHNOLOGY FOR VIRTUAL ENVIRONMENTS*. 1994
- [RD06] REITMAYR, Gerhard ; DRUMMOND, Tom W.: *Robust Model-based Tracking for Outdoor Augmented Reality*. Paper, 2006
- [SB02] SIMON, Gilles ; BERGER, Marie-Odile: *Reconstructing while registering: a novel approach for markerless augmented reality*. Paper, 2002
- [Sch06] SCHNEIDER, Matthias: *Markerloses Posentracking für Augmented Reality Anwendungen*. Paper, 2006
- [SFZ00] SIMON, Gilles ; FITZGIBBON, Andrew W. ; ZISSERMAN, Andrew: *Markerless tracking using planar structures in the scene*. Munich, Germany, October May–June 2000
- [STT09] *Studierstube Tracker*. Webseite, Stand: 22.2.2009. –
http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/stbtracker.php
- [Sut03] SUTHAU, Tim: *Augmented Reality Techniken für den Einsatz in der Leberchirurgie*. Paper, 2003

- [Teg06] TEGTMEIER, André: *Augmented Reality als Anwendungstechnologie in der Automobilindustrie*. Dissertation, 2006. –
<http://diglib.uni-magdeburg.de/Dissertationen/2007/andtegtmeier.pdf>
- [TTV05] *Tracking Technologies for Virtual Environments*. Paper, 2005. –
http://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/TeachingSS05ARProseminar/Tracking_A.pdf
- [Wag06] WAGNER, Thomas: *Qualitative sicht-basierte Navigation in unstrukturierten Umgebungen*. Dissertation, 2006
- [Wei06] WEIDENHAUSEN, Jens-Martin: *Mobile Mixed Reality Platform*. Dissertation, 2006
- [WLS08] WAGNER, Daniel ; LANGLOTZ, Tobias ; SCHMALSTIEG, Dieter: *Robust and Unobtrusive Marker Tracking on Mobile Phones*. Paper, 2008
- [WRM⁺08] WAGNER, Daniel ; REITMAYR, Gerhard ; MULLONI, Alessandro ; DRUMMOND, Tom ; SCHMALSTIEG, Dieter: *Pose Tracking from Natural Features on Mobile Phones*. Paper, 2008
- [Yua06a] YUAN, Chunrong: *Markerless Pose Tracking for Augmented Reality*. Paper, 2006
- [Yua06b] YUAN, Chunrong: *A tracking by detection approach for robot markerless tracking*. Paper, 2006