

Erzeugung von hochskalierbaren virtuellen Welten

Seminar
Algorithmen zur Unterstützung von Immersive Gaming

Sören Vinzelberg
November 2008

Universität Mannheim
Lehrstuhl Praktische Informatik IV
Prof. Dr. Wolfgang Effelsberg
68159 Mannheim

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	4
2 Begriffe und Grundlagen	5
2.1 Client-Server vs. Peer-to-Peer	5
2.2 Kriterien für vernetzten virtuellen Welten	6
2.3 Interessenmanagement	7
3 Der Ansatz des NICTA	8
3.1 Chord	8
3.2 Quadtree	9
3.3 Beschreibung des Ansatzes	10
3.4 Bewertung des Ansatzes.....	11
3.4.1 Schwächen der Baumstruktur.....	11
3.4.2 Schwächen des Chord-Protokolls.....	12
4 Dynamische Clusterbildung in Delaunay-basierten Peer-to-Peer NVE	13
4.1 Delaunay-Netz.....	13
4.2 Dynamische Clusterbildung	14
4.3 Bewertung des Ansatzes.....	16
6 Fazit	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Chord-Ring und Fingertabelle	8
Abbildung 2: Quadtree und zweidimensionale Darstellung	9
Abbildung 3: unterschiedliche Nachbarschaftsverhältnisse.....	12
Abbildung 4: Delaunay-Netz mit Umkreisen.....	13
Abbildung 5: a) Delaunay-Triangulierung verletzt b) Delaunay-Triangulierung wiederhergestellt	14
Abbildung 6: Cluster-Bildung	15
Abbildung 7: Delaunay-Triangulierung ist nicht eindeutig	16

1 Einleitung

Online-Spiele erfreuen sich heute einer wachsenden Beliebtheit und die Benutzerzahlen steigen stetig. Hieraus folgt eine sehr große Herausforderung an die Firmen, die diese Spiele unterhalten. Das bisher verwendete Client-Server-Modell birgt hier einige Schwachstellen mit der wachsenden Anzahl der Spieler, bei der das Peer-to-Peer-Modell Vorteile aufzeigt.

Zunächst werden im ersten Teil der Arbeit die beiden Netzarchitekturen Client-Server und Peer-to-Peer kurz erläutert, anschließend die Qualitätskriterien von vernetzte virtuellen Welten definiert und das Konzept des Interessenmanagements vorgestellt. In den folgenden Abschnitten werden zwei Ansätze beschrieben und diskutiert, die auf Peer-to-Peer-Netzen basieren. Das ist zum einen der Ansatz des National Information and Communications Technology Instituts in Australien die Skalierbarkeit von Online-Spielen durch die Verwendung von Peer-to-Peer-Netzen sicherzustellen. Zum anderen präsentierten Varvello, Biersack und Diot einen Ansatz, der sich mit der dynamischen Cluster-Bildung in delaunay-basierten Peer-to-Peer-Netzen beschäftigt.

2 Begriffe und Grundlagen

In diesem Abschnitt der Arbeit werden Begriffe und grundlegende Konzepte und Strukturen erläutert, die im Zusammenhang mit vernetzten virtuellen Welten von großer Bedeutung sind [2]. Das ist zunächst die Gegenüberstellung von Client-Server und Peer-to-Peer, anschließend werden die Kriterien für eine vernetzte virtuelle Welt definiert und zuletzt das Konzept des Interessenmanagements vorgestellt.

2.1 Client-Server vs. Peer-to-Peer

Beim Client-Server-Modell werden Rechner nach Server und Client unterschieden. Der Server bildet den zentralen Punkt im Netz und erhält vom Client Anfragen, z.B. einen Dienst benutzen zu können. Der Server bearbeitet die Anfrage und stellt dem Client den Dienst zur Verfügung. Die Verwendung eines zentralen Servers ermöglicht eine gute Wartung des Systems. Außerdem agiert der Server als Kontrollorgan im Netz und als Schiedsrichter im Spiel. Da nur der Server die Dienste bereitstellt, bricht das gesamte System zusammen, sobald der Server ausfällt („Single Point of Failure“). Außerdem erledigt der Server den größten Teil der Rechenleistung und benötigt dafür große Ressourcen. Hieraus folgen steigende Kosten für das Anschaffen weiterer Rechenkapazitäten und die Gefahr, dass das System nicht skalierbar ist.

In Peer-to-Peer-Netzen haben alle Rechner sowohl die Funktion eines Clients, als auch einen Servers und das Konzept wird deshalb als Servent-Konzept bezeichnet. Die Verfügbarkeit der Peers ist nicht garantiert und kann somit nicht vorausgesetzt werden. Peers bieten Dienste an und nutzen Dienste, die von anderen Peers bereitgestellt werden. Somit können Dienste auf verschiedene Peers verlagert werden um die Last zu verteilen, die bei verstärkter Nutzung von Diensten eines Peers auftreten kann. Außerdem erhöht jeder Peer die Speicherkapazität des Systems. Da die Peers mehr Aufgaben haben, benötigen sie auch mehr Bandbreite als beim klassischen Client-Server-Modell. Die Wartung des Systems birgt Schwierigkeiten und ist nur mit größerem Aufwand zu lösen. Außerdem gibt es durch das Fehlen eines zentralen Punktes Probleme bei Aspekten, wie Sicherheit und Authentizität. Das Peer-to-Peer-Netz ist grundsätzlich nicht von einem Rechner abhängig.

2.2 Kriterien für vernetzten virtuellen Welten

Bei der Erschaffung von vernetzten virtuellen Welten (NVE) müssen folgenden Faktoren berücksichtigt werden:

Skalierbarkeit: Von Skalierbarkeit spricht man, wenn man die Auswirkung auf das System durch das Nutzen von bereitgestellten Diensten durch eine steigende Anzahl von Benutzern betrachtet. Ein System ist gut skalierbar, wenn eine Verdopplung der Benutzeranzahl eine doppelt so hohe Anforderung an das System stellt. Bei schlechtskalierbaren Systemen würde sich die Anforderung um ein Vielfaches mehr erhöhen.

Konsistenz: Die Besucher in vernetzten virtuellen Welten sollten eine einheitliche Repräsentation haben. Dies erfordert Synchronisation von Ereignissen und die Aktualisierung Zustandsveränderungen.

Ansprechbarkeit: Die Reaktionszeit auf Benutzerangaben sollte so gering sein, dass der Spieler das Gefühl von Echtzeitereignissen hat.

Sicherheit: In diesem Zusammenhang müssen zwei Aspekte beachtet werden. Zum einen ist es wichtig, dass legitime Nutzer authentifiziert werden und zum anderen, dass die Einhaltung der Spielregeln sichergestellt ist.

Persistenz: Daten von Nutzern und die Zustände der Objekte müssen über mehrere Sitzungen (engl.: Session) gespeichert werden.

Verfügbarkeit: Die virtuelle vernetzte Welt sollte ohne Ausfälle für die Nutzer zur Verfügung stehen.

2.3 Interessenmanagement

Bei der Verwendung einer Peer-to-Peer-Architektur für den Aufbau einer vernetzten virtuellen Welt ist es wichtig, dass die Last der einzelnen Peers so gering, wie möglich gehalten wird. In einem Peer-to-Peer-Netz, in dem jeder Peer mit jedem anderen Peer verbunden ist und die Peers periodisch Zustandsaktualisierungen ihrer Objekte austauschen, ist eine gute Lastverteilung und Skalierbarkeit nicht gegeben. Aus diesem Grund wird das Konzept des Interessenmanagements eingeführt. Ein Objekt in der virtuellen Welt muss nicht zu jedem Zeitpunkt eine Sicht auf den Zustand aller anderen Objekte haben, sondern nur auf diese, die sich in seinem Umfeld (*Area Of Interest = AOI*) befinden. Diese Bestimmung von interessanten Objekten kann auf verschiedene Arten erfolgen. Man unterscheidet zwischen nachbarschaftsbasierten und gebietsbasierten Verfahren. [1]

Beim nachbarschaftsbasierten (engl.: neighbor based) Vorgehen, werden sich in der Nähe befindende Objekte nach unterschiedlichen Aspekten gesucht. Der Ansatz nach Kawahara et al. sucht die Nachbarn auf Grundlage der Distanz zwischen den Objekten. Eine Nachbarliste eines Objektes wird mit seinen Nachbarn ausgetauscht um neue benachbarte Objekte zu finden. Das Solipsis System strebt eine Verbindung von benachbarten Objekten in einem bestimmten Umkreis um ein Objekt an. Die Nachbarn des Objektes helfen, neue Nachbarn zu entdecken. Bei beiden Verfahren, wie auch bei dem Ansatz der Delauny-Netze, der in dieser Arbeit vorgestellt wird, bauen Peers, deren Objekte/Avatare benachbart sind, eine Peer-to-Peer-Verbindung auf.

Gebietsbasierte (engl.: region based) Verfahren unterteilen den Raum in unterschiedliche Regionen. Der Ansatz von Knutsson et al. unterteilt den virtuellen Raum in feste Regionen, die jeweils einen eindeutigen Schlüssel erhalten. Jede Region wird einem Peer zugeordnet, der für die Verwaltung der Region verantwortlich ist. Diese Koordinator-Peers sind miteinander verbunden um Aktualisierungen auszutauschen. Ein Objekt meldet sich bei dem Koordinator-Peer einer Region an und erhält eine Liste mit allen weiteren Objekten, die sich ebenfalls in diesem Gebiet aufhalten. Da die Gebiete von einander getrennt betrachtet werden, können Objekte zweier unterschiedlicher Regionen nicht miteinander interagieren. Andere gebietsbasierte Ansätze, wie der vom NICTA, verwenden dynamischer Regionen, die sich mit dem Objekt durch die virtuelle Welt bewegen.

3 Der Ansatz des NICTA

NICTA (National Information and Communications Technology of Australia) ist ein nationales Forschungsinstitut, das sich unter anderem mit der Verwendung von Peer-to-Peer-Netzen bei Online-Spielen beschäftigt und einen Ansatz, der in den folgenden Abschnitten vorgestellt wird, veröffentlicht hat. Bevor der Ansatz beschrieben und diskutiert wird, werden die verwendeten Strukturen *Chord* und *Quadtree* erläutert.

3.1 Chord

Chord ist ein Protokoll zur effizienten Suche nach Knoten und Inhalten in einem Peer-to-Peer-Netz, bei dem die Netzteilnehmer (Peers) in einem Ringe, dem Chord-Ring, angeordnet werden. Die Positionen der Peers werden durch eine Hash-Funktion, die den IP-Adressen einen Schlüssel zuweist, bestimmt. Der Schlüssel k hat eine Länge von m Bits und liegt somit im Bereich von $0 \leq k < 2^m$. Jeder Peer kennt im Chord-Ring nur einen Teil der Peers. Jeder Peer verwaltet eine Tabelle, in der nachfolgende Peers mit bestimmtem Abstand gespeichert werden. Diese Tabelle wird als Fingertabelle bezeichnet und beinhaltet m Einträge. Der i -te Eintrag in der Tabelle eines Knotens (Peer) n ist der erste nachfolgende Knoten s , der mindestens 2^{i-1} vom Knoten n entfernt ist. Daten werden ebenfalls mit Hilfe der Hash-Funktion Schlüssel zugeordnet und auf dem nächstfolgenden Peer abgelegt. Die Abbildung 1 zeigt einen Chord-Ring mit zehn Knoten N und fünf Datenschlüsseln K .

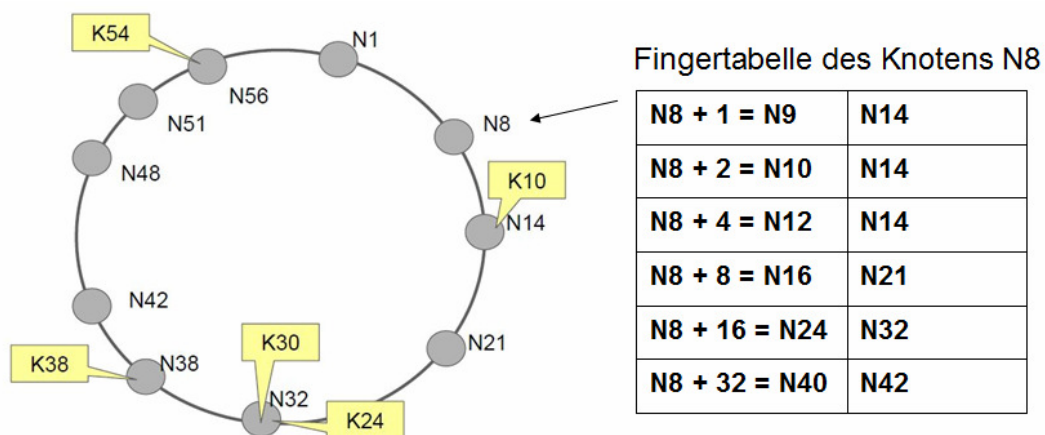


Abbildung 1: Chord-Ring und Fingertabelle

Die Suche nach Daten im Ring erfolgt über die Fingertabelle. Für die Suchdaten wird mittels Hash-Funktion ein Schlüssel berechnet. Der suchende Peer sieht in seiner Fingertabelle nach, welcher seiner nachfolgenden, bekannten Peers diese Daten verwaltet und fragt diese dort nach. Sollte der Schlüssel außerhalb der „Sichtweite“ des Peers liegen, leitet er die Suchanfrage an den letzten Peer seiner Fingertabelle weiter, der diese dann bearbeitet. Somit kann bei entfernt abgelegten Daten der halbe Chord-Ring übersprungen werden.

3.2 Quadtree

Ein Quadtree ist eine spezielle Baumstruktur, bei der jeder Knoten höchstens vier Kinder hat. Diese Struktur bietet sich an um zweidimensionale Daten, z.B. die Fläche einer virtuellen Welt, zu organisieren. Die Wurzel des Baumes repräsentiert eine quadratische Fläche, die rekursiv in vier gleich große quadratische Flächen unterteilt wird. Die Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für einen Quadtree mit der zugehörigen zweidimensionalen Darstellung.

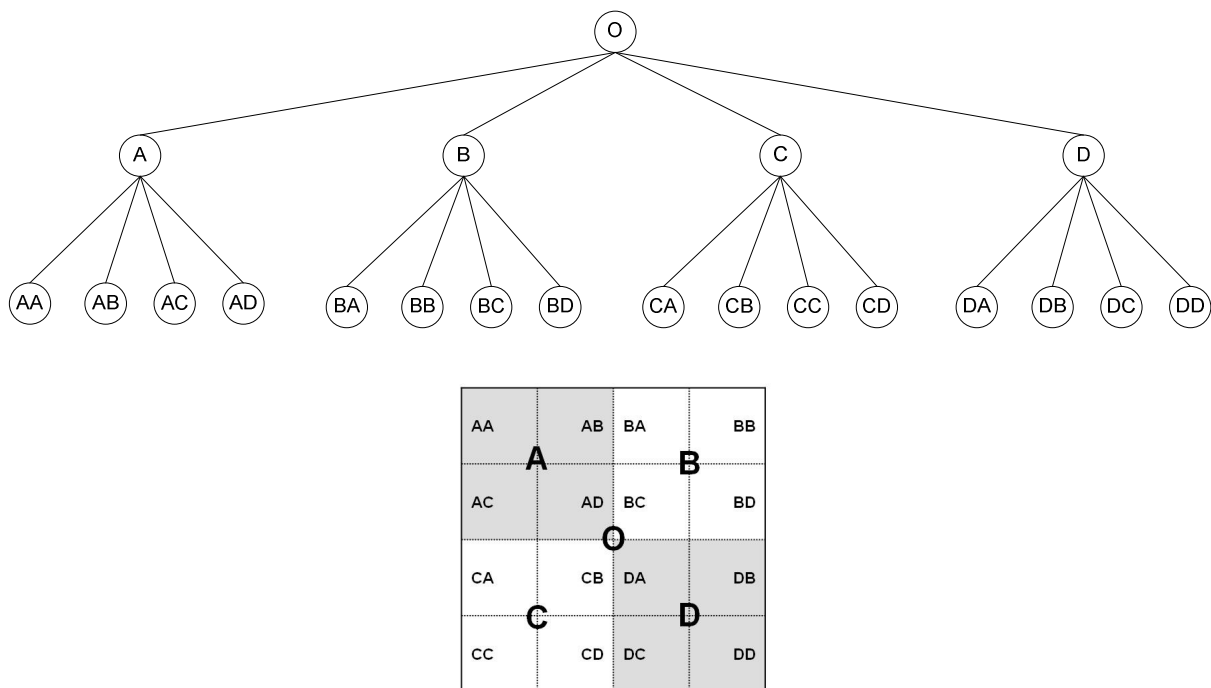


Abbildung 2: Quadtree und zweidimensionale Darstellung

3.3 Beschreibung des Ansatzes

Der NICTA-Ansatz trennt den Prozess der Regionsanfrage bzw. Regionsverwaltung vom Interaktions-Management [1]. Es handelt sich bei dem Ansatz um ein gebietsbasiertes Verfahren. Die virtuelle Welt wird gemäß eines Quadrees in Regionen unterteilt. Wenn sich mehrere Objekte in einem Teil der virtuellen Welt aufhalten, findet erneut eine Teilung der Teilregion statt.

Objekte im Spiel werde in statische und dynamische unterschieden. Statische Objekte sind Bilder, Häuser, Felsen u.ä.. Zu dynamischen Objekten zählen z.B. fliegende Raketen und fahrende Automobile. Jedes Objekt hat im virtuellen Raum einen Bereich (engl.: event region), dessen Zentrum durch einen Knoten des Quadrees indiziert wird. Die Bereiche der einzelnen Objekte sind nicht notwendigerweise immer gleich groß. Das Objekt kann sich innerhalb seines Bereiches bewegen. Doch sobald sich das Objekt um einen definierten Wert von seinem Zentrum entfernt, muss die neue Position aktualisiert werden. Bei kleinen Ereignisbereichen sind häufiger Aktualisierungen nötig, als bei großen Bereichen. Jedoch ist die Aktualität der virtuellen Welt, bei kleinen Bereichen größer. Überschneiden sich die Ereignisbereich zweier Objekte, können diese kommunizieren und interagieren.

Die Regionen, in die die virtuelle Welt durch den Quadtree unterteilt ist, werden Peers zugeordnet. Diese verwalten die Interaktionen der Objekte in der Region. Die Suche nach Peers, die bestimmte Objekte verwalten, erfolgt durch die Nutzung einer verteilten Datenstruktur über ein Peer-to-Peer-Protokoll (z.B. Chord). Peer-to-Peer-Verbindungen sind nötig, wenn zwei Objekte, die von unterschiedlichen Peers verwaltet werden, interagieren wollen. Dabei ist auch zu beachten, dass Objekte eines Spielers nicht notwendigerweise dem Peer des Spielers zugeordnet sind, da dies bei weiten Distanzen im virtuellen Raum nicht günstig ist. Es müssen also zwei Voraussetzungen für eine Peer-to-Peer-Verbindung erfüllt sein. Zum einen müssen die Objekte von unterschiedlichen Peers verwaltet werden und zum anderen müssen sich die Ereignisbereiche der Objekte überschneiden.

Von Bitraten- und Verzögerungsanforderungen zu sprechen, ist nur erforderlich, wenn zwei interagierende Objekte von verschiedenen Peers verwaltet werden. Die Gesamtsumme der benötigten Bitrate eines Peers ergibt sich aus der Summe der Bitraten für eingehende und für ausgehende Daten. Die Anforderung an die maximal erlaubte Verzögerung eines Peers wird

durch das Minimum der maximal erlaubten Verzögerung für ausgehende und eingehende Daten der kommunizierenden Peers bestimmt.

3.4 Bewertung des Ansatzes

In diesem Abschnitt wird der Ansatz des NICTA diskutiert. Die Stärken des Ansatzes liegen klar in der Verwendung von vorhandenen Strukturen (Quadtree) und Protokollen (Chord), da hier bereits entwickelte Algorithmen genutzt werden können. Außerdem bietet die Schichtenarchitektur ein hohes Maß an Flexibilität bei der Implementierung und beim Hinzufügen von neuen Diensten. Die Anforderungen an die Anwendung ist von denen, an die reine Datenübermittlung entkoppelt.

Das Qualitätsmanagement zur Sicherung der Verzögerungs- und Bitratenanforderungen und die Trennung von Raumverwaltung und Interaktion der Objekte zählen des Weiteren zu den Stärken des Vorgehens.

Ein Schwachpunkt ist der Versuch, die Dynamik in der virtuellen Welt auf statische Strukturen abzubilden. Zum einen bewegen sich die Objekte durch den Raum und zum anderen herrscht eine hohe Fluktuation der Peers im Netz. Außerdem müssen benachbarte Objekte in der virtuellen Welt nicht gleichzeitig in der statischen Struktur benachbart sein. Daraus folgt ein erhöhter Aufwand bei der Suche nach Nachbarn für die Interaktion.

3.4.1 Schwächen der Baumstruktur

In der virtuellen Welt sind die Positionen der Objekte nicht gleich verteilt über die Fläche. Im Gegenteil, es kommt häufig zu Ballungen an bestimmten Orten. Aus der Benutzung des Quadtree für die Verwaltung der Objekte im Raum folgt, dass der Baum in diesem Bereich immer weiter unterteilt werden muss. Damit ist der Baum nicht mehr ausbalanciert und die Interaktion zwischen Objekten bedarf lange Wege entlang der Pfade im Baum. Die Abbildung 3 zeigt eine Situation, in der benachbarte Objekte in der virtuellen Welt im Baum jedoch weit entfernt sind, da eine Verbindung nur über die Wurzel möglich ist.

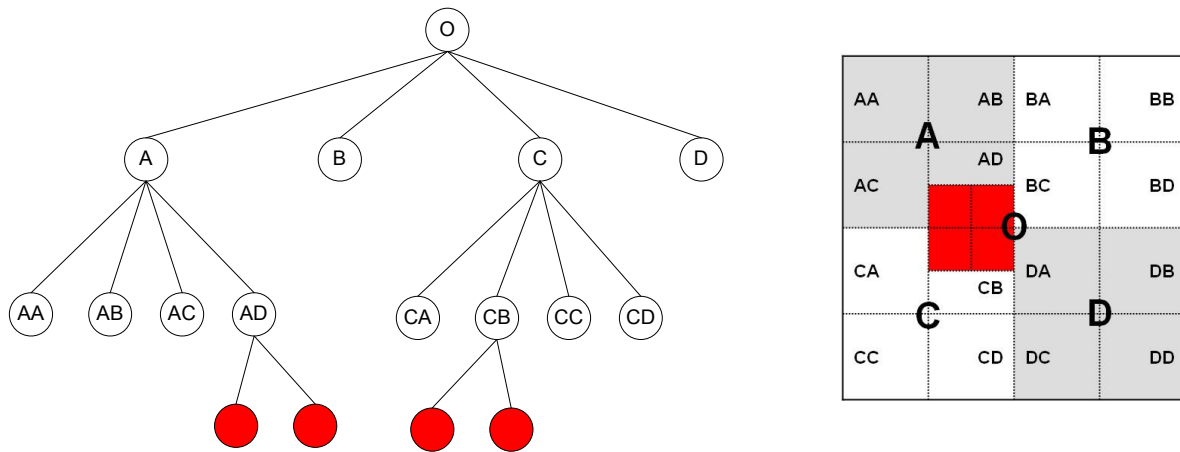


Abbildung 3: unterschiedliche Nachbarschaftsverhältnisse

3.4.2 Schwächen des Chord-Protokolls

Wenn viele Peers vorhanden sind, muss die Bitanzahl m für die Schlüssel entsprechend groß sein und der Ring ist ebenfalls groß. Damit müssen viele Peers große Fingertabellen unterhalten, die durch ständiges Hinzukommen und Verlassen von Knoten neu berechnet werden müssen. Die Suche nach Daten, besonders auf entfernten Peers, ist zeitintensiv, was Verzögerung im Netz und eine größere Anforderung an die Bandbreite bedeutet. Wird eine variable Schlüssellänge verwendet, müssen die Fingertabellen aller Peers oft neu berechnet werden.

4 Dynamische Clusterbildung in Delaunay-basierten Peer-to-Peer NVE

Die in diesem Abschnitt der Arbeit beschriebene Implementation eines NVE basiert auf Delaunay-Netzen. Zunächst wird das Konzept dieser Netze vorgestellt und anschließend das Verfahren der dynamischen Clusterbildung beschrieben.

4.1 Delaunay-Netz

Ein naiver Ansatz Rechner in einem Peer-to-Peer-Netz zu verbinden, sind voll verteilte Netze, bei denen alle Rechner gleichzeitig miteinander verbunden sind. Diese Topologie erfordert jedoch großen Aufwand bei der Verwaltung des Netzes und für die Konsistenzerhaltung des Status des NVE auf allen Peers. Ein Benutzer im NVE ist jedoch nur an einem Teil des virtuellen Raums interessiert. Somit ist diese voll verteilte Topologie für ein Peer-to-Peer-Netz nicht zweckmäßig.

Die Topologie des Delaunay-Netzes (Abbildung 4) wird durch die Delaunay-Triangulierung von Punkten/Knoten im Raum bestimmt. Diese Knoten, in der virtuellen Welt die Positionen der Avatare der Peers, werden in einem Dreiecksnetz verbunden, sodass folgende Eigenschaften erfüllt sind:

- Der Umkreis eines beliebigen Dreiecks im Netz umschließt keinen anderen Knoten des Netzes.
- Jeder Knoten im Netz hat höchstens sechs Nachbarn.

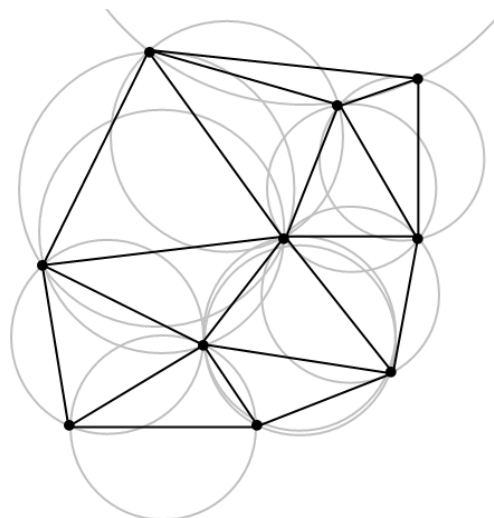


Abbildung 4: Delaunay-Netz mit Umkreisen

Die Kanten im Delaunay-Netz repräsentieren Verbindungen im Peer-to-Peer-Netz. Um eine gültige Triangulierung des Raumes zu bewahren, müssen alle Knoten die Positionen ihrer direkten Nachbarn überwachen. Sobald ein Knoten durch seine Bewegung im Raum die Delaunay-Triangulierung verletzt (Abbildung 5), muss diese wiederhergestellt werden. Sowohl die Überwachung der Nachbarn, als auch die Wiederherstellung der Triangulierung verursachen bei jedem Knoten Kosten, die durch folgende Formel definiert werden:

$$C_m = N_n * R_b + k * R_f$$

C_m Verwaltungskosten des Delaunay-Netzes

N_n Anzahl der direkten Nachbarn

R_b Häufigkeit des Nachrichtenaustausches an direkten Nachbarn

k Anzahl der versendeten Pakete für Wiederherstellung

R_f Häufigkeit der Wiederherstellung

Wobei der Term $(N_n * R_b)$ die Kosten für die Überwachung der direkten Nachbarn beschreibt. Da jeder Knoten höchstens sechs direkte Nachbarn hat, ist $N_n \leq 6$. Der Term $(k * R_f)$ hingegen identifiziert die Kosten für die Wiederherstellung der Triangulierung entstehen.

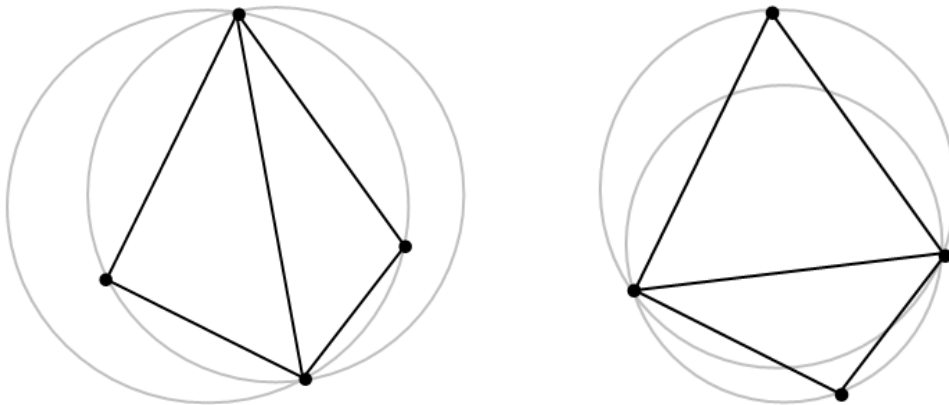


Abbildung 5: a) Delaunay-Triangulierung verletzt

b) Delaunay-Triangulierung wiederhergestellt

4.2 Dynamische Clusterbildung

Kommt es im virtuellen Raum zu einer Ballung von Knoten/Avataren in einem Gebiet, steigen die Verwaltungskosten des Netzes besonders durch die Notwendigkeit, dass die Triangulierung häufig wiederhergestellt werden muss. Außerdem überschneiden sich die Interessengebiete (AOI) der Avatare in diesem Gebiet und alle Zustandsänderungen des NVE in diesem Gebiet werden an alle Peers der Avatare geschickt. Dadurch entstehen hohe Kosten an den Peers. Für die Clusterbildung wird ein Schwellenwert B_t für die Verwaltungskosten C_m

eingeführt. Sobald dieser Schwellenwert bei einem Knoten A erreicht wird, sendet dieser eine Anfrage zur Clusterbildung an seine direkten Nachbarn. Die Nachbarn prüfen ihre Kosten und entscheiden, ob sie dem Cluster beitreten wollen. Die Verwaltung des Clusters erfolgt durch einen Super-Peer, dem Cluster-Head. Dieser berechnet, auf Grundlage der Anzahl und der Position der Knoten, die dem Cluster beitreten wollen, das Gebiet des Clusters (S_c) und dessen Zentrum (X_c, Y_c). Die Koordinaten des Zentrums repräsentieren einen virtuellen Knoten im Delaunay-Netz, der vom Cluster-Head kontrolliert wird. Die Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für einen Cluster-Bildung.

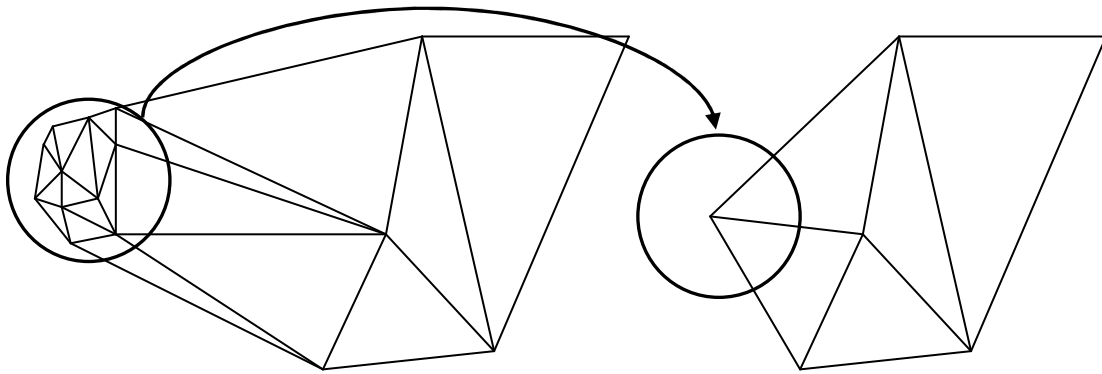


Abbildung 6: Cluster-Bildung

Zustandsänderungen des NVE innerhalb des Cluster-Gebietes S_c wird vom Cluster-Head nur an die Knoten im Cluster geschickt. Knoten außerhalb des Clusters, deren AOI das Gebiet des Clusters schneiden, treten dem Cluster bei. Genauso verlässt ein innerer Knoten das Cluster, sobald sein AOI das Cluster-Gebiet nicht mehr schneidet. Innerhalb eines jeden gebildeten Clusters muss die Delaunay-Triangulierung ebenfalls beachtet werden. Die Ballung der Knoten innerhalb des Cluster wird durch das Ausdehnen der Koordinaten der Knoten um einen konstanten Wert E aufgehoben. Somit kann das resultierende Gebiet des Clusters wie folgt definiert werden: $S_c' = E * S_c$ mit $E > 1$. Da das Gebiet des Clusters S_c bei der Bildung der Clusters berechnet und dann nicht mehr verändert wird, kann es dazu kommen, dass es sich leert, da Knoten das Cluster verlassen. In diesem Fall verwirft der Cluster-Head den virtuellen Knoten und die Triangulierung muss an dieser Stelle des Delaunay-Netzes wiederhergestellt werden. Ballen sich in einem Cluster erneut Knoten, weil der Wert E zu klein gewählt wurde, kann erneut ein Cluster im Cluster gebildet werden.

4.3 Bewertung des Ansatzes

Im letzten Abschnitt zu diesem Verfahren werden die Stärken und Schwächen, der verwendeten Strukturen und Konzepte, gegenübergestellt. Der zweite in dieser Arbeit beschriebene Ansatz verwendet für den Aufbau der vernetzten virtuellen Welt die bestehende Struktur der Delaunay-Triangulierung. Dieses Verfahren ermöglicht es, dass Veränderungen des Netzes durch das Einfügen, Löschen und Bewegen von Avataren nur lokal bearbeitet werden müssen und große Teile des Netzes unverändert bleiben. Die Triangulierung ist jedoch nicht eindeutig, sobald sich mehr als drei Punkte auf einem Kreis befinden (Abbildung 7). Ballungen von Objekten in einem Teilgebiet der virtuellen Welt wird die Cluster-Bildung entgegengewirkt. Jedoch bedeutet die Möglichkeit der rekursiven Bildung von Clustern erhöhten Aufwand für die Verwaltung des Netzes.

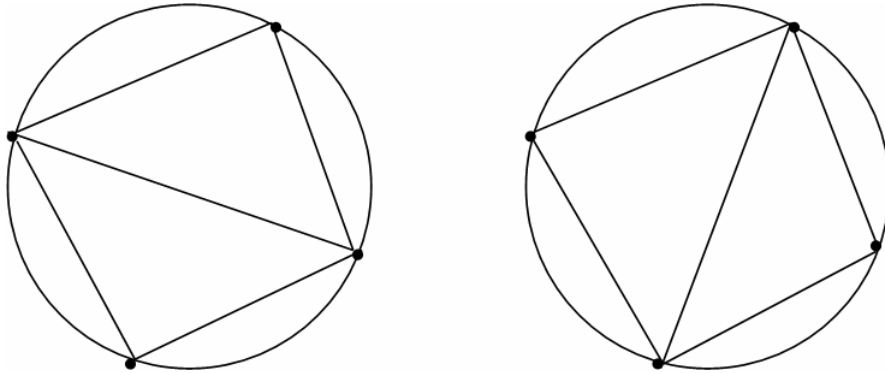


Abbildung 7: Delaunay-Triangulierung ist nicht eindeutig

6 Fazit

Die Verwendung von Peer-to-Peer-Netzen bei Online-Spielen mit großer Benutzerzahl bietet sich an, da somit die hohen Kosten für die Beschaffung von leistungsfähigen Rechenkapazitäten vermieden werden und dennoch die Skalierbarkeit der vernetzten virtuellen Welt sichergestellt werden kann.

Zwei Beispiele für die Verwendung von Peer-to-Peer-Netzen zum Aufbau von vernetzten virtuellen Welten wurden in dieser Arbeit beschrieben und diskutiert. Beide Verfahren stellen die Skalierbarkeit des Systems sicher. Die Analyse hat jedoch ebenfalls gezeigt, dass es noch Probleme gibt, die gelöst werden müssen. Besonders die Verbindung der Dynamik der Objekte in der virtuellen Welt mit den statischen Strukturen ist eine bedeutende Schwachstelle. Andere Ansätze aus diesem Bereich zeigen Alternativen auf, die ständigen Veränderungen mit weniger Aufwand zu verwalten. Hier ist das Verfahren von Shun-Yun Hu und Guan-Min Liao zu nennen, welches Voronoi-Diagramme verwendet [2].

Quellenverzeichnis

- [1] Scott Douglas, Egemen Tanin, Aaron Harwood, and Shanika Karunasekera
Enabling Massively Multi-Player Online Gaming Applications on a P2P Architecture
- [2] Shun-Yun Hu, Guan-Min Liao
A Scalable Peer-to-Peer Network for Virtual Environment
- [3] Shanika Karunasekera, Scott Douglas, Egemen Tanin, and Aaron Harwood
P2P Middleware for Massively Multi-player Online Games
- [4] Egemen Tanin, Aaron Harwood, Hanan Samet
Using a Distributed Quadtree Index in Peer-to-Peer Networks
- [5] Aaron Harwood and Egemen Tanin
Hashing Spatial Content over Peer-to-Peer Networks
- [6] Peer-to-Peer Networks and Applications Research Group
<http://p2p.csse.unimelb.edu.au>
- [7] Matteo Varvello, Ernst Biersack and Christoph Diot
Dynamic Clustering in Delaunay-Based P2P Networked Virtual Environments