

Java-basiertes Tutoring-System zu dem Thema „Multicast - Routing“

STUDIENARBEIT

vorgelegt am

Lehrstuhl für Praktische Informatik IV
Prof. Dr. W. Effelsberg
Fakultät für Mathematik und Informatik
Universität Mannheim

Betreuer: Dipl.-Ing. Ref. jur. Hans Christian Liebig

April 2003

von

Marc Hermann
aus Neustadt an der Weinstraße

I Inhalt

1	Einführung	4
1.1	Motivation	4
1.2	Ziel dieser Arbeit	5
2	E – Learning	6
2.1	E-Learning – eine Begriffsklärung	6
2.2	Formen des E-Learnings	7
2.2.1	Asynchrones Lernen	8
2.2.2	Synchrones Lernen	8
2.3	Einordnung von PI4MP	9
3	Internet Datenverkehr	10
3.1	Unicast	10
3.2	Broadcast	11
3.3	Multicast	12
3.3.1	Flooding - Algorithmus	13
3.3.2	Reverse Path Broadcasting	14
3.3.3	Truncated Reverse Path Broadcasting	15
3.3.4	Protocol Independent Multicast (PIM)	16
4	Das Applet	23
4.1	Die Algorithmen – implementiert	23
4.1.1	Flooding	23
4.1.2	Truncated Reverse Path Broadcasting	23
4.1.3	Protocol Independent Multicast Sparse Mode	24
4.2	Das Architekturdesign	24
4.3	Instruktionsdesign	25
4.3.1	der Simulationsmodus	26
4.3.2	der Aufgabenmodus	27
4.4	Das Systemdesign	27
4.4.1	Der Simulationsmodus	28
4.4.2	Der Aufgabenmodus	29
5	Implementierung	32
5.1	Datenspeicherung und Zugriff	32
5.2	Die Simulationsklasse	33
5.3	Der Aufgabenmodus	33
5.3.1	Aufbau des Zufallsnetzwerkes	34
5.3.2	Die Aufgabengenerierung	35
6	Zusammenfassung und Ausblick	38

II Abbildungen

Abbildung 1 : Die Raum – Zeitachse des Lernens	7
Abbildung 2 : Versenden der Pakete per Unicast	10
Abbildung 3 : Versenden der Pakete per Broadcast.....	11
Abbildung 4 : Versenden der Pakete per Multicast.....	12
Abbildung 5 : Paketlauf im Flooding Algorithmus.....	13
Abbildung 6 : Paketlauf im Reverse Path Broadcasting Algorithmus	15
Abbildung 7 : Paketlauf im Truncated Reverse Path broadcast Algorithmus.....	16
Abbildung 8 : Datenfluß im PIM SM – Netzwerk in der ersten Phase	18
Abbildung 9 : Datenfluss im PIM SM – Netzwerk in der zweiten Phase.....	20
Abbildung 10 : Datenfluß im PIM SM – Netzwerk in der dritten Phase	21
Abbildung 11 : Datenfluß im PIM SM – Netzwerk in der dritten Phase, Teil 2.....	21
Abbildung 12 : Integration von PI4MP in CATS	25
Abbildung 13 : Das Systemdesign von PI4MP	28
Abbildung 14 : Genereller Ablauf im Aufgabenmodus	29
Abbildung 15 : Unterteilung der paintArea für das Beispiel : 5 Router, einfache Linie	34
Abbildung 16 : Zusammenwirkung der Einzelteile des Netzwerkaufbaus bei PIM SM	35
Abbildung 17 : Assistent - Algorithmus Kommunikation	37

1 Einführung

1.1 Motivation

Die heutige Medien-Gesellschaft befindet sich im Umbruch.

Vormals getrennte mediale Systeme wie Radio, Fernseher und sogar die Tageszeitung können und werden digitalisiert werden und erreichen die Menschen nicht mehr nur über Funkwellen, das Kabelnetz der Telekom und die Post sondern benutzen alle zusammen das Internet als einheitliches Übertragungsmedium. Kontinente - übergreifende Datenbankabgleichungen, Life-Radio-Übertragungen, Video – on - demand (VOD) – all dies sind Beispiele für die so genannten „Heavy - Traffic“ – Anwendungen, die im Internet bereits genutzt werden.

Ihre Zielgruppe wächst täglich, und sie gehören zu den Wachstumsmärkten der Medienzukunft¹.

Doch stellt jede Datenübertragung – gerade wenn sie so intensiv ist, wie bei diesen Anwendungen auch Anforderungen an das Netz – jede Videokonferenz belastet das Internet und jeder Film sorgt für eine Verlangsamung der Daten, die sich innerhalb des Netzes bewegen. Durch den sich abzeichnenden Erfolg des Filmvertriebs über das Internet kommt das Internet immer mehr an seine Belastungsgrenze².

Diese Nachteile der sich immer weiter verbreitenden Heavy – Traffic - Anwendungen können jedoch durch spezielle Techniken, so genannte Multicast Algorithmen abgemildert werden.

Multicast im Allgemeinen beschreibt eine effiziente Art und Weise, um Datenströme in Rechnernetzen intelligent an Empfänger weiter zu leiten. Die größte Bandbreitenverschwendung der „normalen“ Algorithmen ist die Tatsache, dass die gleichen Daten oft parallel mehrmals über dieselbe Leitung geschickt werden - so z.B. wenn zwei Empfänger einer Videonachricht sich gegenüber oder im selben Gebäude sitzen. Effizienter wäre es jedoch, wenn der größte gemeinsame Teil des Weges vom Sender zu diesen beiden Empfängern bekannt wäre, und auf diesem die Daten nur einmal wandern würden, also das Versenden eines Paketes von einem Sender an mehrere Empfänger in einer Sende-Operation³.

Die in Kapitel 3.3 vorgestellten Algorithmen beherrschen diese Technik und bieten in ihrem ansteigenden Schwierigkeitsgrad sowohl einen guten Einstieg als auch weiterführende Techniken an. „Flooding“ wurde als einfachster Vertreter der Multicast-Algorithmen gewählt, „Reverse Path Broadcasting“ mit der Prune - Erweiterung als logische Evolution und als komplexester Vertreter „Protocol Independent Multicast Sparse Mode“.

Multicast ist daher für die Weiterentwicklung des Internets sehr wichtig. Deshalb sind die verwendeten Algorithmen auch Bestandteil einer vollständigen Rechnernetze - Vorlesung⁴. Um den Studenten das Verständnis zu erleichtern wurde ein Applet entwickelt, welches es dem Lernenden ermöglicht sich spielerisch mit den Algorithmen auseinander zu setzen und sein erworbenes Wissen auch später zu testen.

Hierbei wurden neueste Erkenntnisse der Pädagogischen Psychologie wie die Zweiteilung in Selbsteinschätzung (self assessment) und Leistungskontrolle durch Tests implementiert und im Instruktionsdesign berücksichtigt.

¹ Vgl. Interview mit Werner Lauff im Manager-Magazin

² Vgl. Simon, B., E-Learning an Hochschulen, 2001, S. 74

³ Vgl. Kurose, J., Ross, K., Computernetze, 2002, S. 347

⁴ Lehrstuhl für Praktische Informatik 4 : <http://www.informatik.uni-mannheim.de/informatik/pi4/>

Der Benutzer setzt sich spielerisch mit den vier Algorithmen auseinander und ist jederzeit in der Lage, sich Tests und Abfragen zu stellen, die seinen Wissensstand prüfen, und auf einem zentralen Server – so er das will – abspeichern und dokumentieren.

1.2 Ziel dieser Arbeit

Die in dieser Arbeit behandelte Algorithmen-Gruppe – genannt Multicast-Algorithmen geben Ansätze zur Bewältigung der durch die so genannten Heavy - Traffic – Anwendungen verursachten Datenströme.

Es wurde ein auf Java basierendes, über das Internet startbares Programm entworfen, welches den Lernenden zuerst spielerisch in die Materie der Multicast-Algorithmen einführt und ihn danach anhand eines sich steigenden Schwierigkeitsgrades abfragt. Das Programm gehört zur Gruppe der internetbasierten Computer Based Training – Programme.

Es wurden vier Algorithmen gewählt, die sich besonders eignen, um den Lernenden in die Materie einzuführen. Da diese Algorithmen sich erheblich in Komplexität und Effizienz unterscheiden hat der Lernende einen einfachen Einstiegspunkt und aber auch weiterführende Ziele.

Im zweiten Kapitel wird zunächst eine Erklärung des E-Learnings gegeben, gefolgt von einem Überblick über die vorhanden Formen und Arten des E-Learnings.

Durch die Beschreibung der logischen Evolution von einfachen Algorithmen hin zu komplexeren Multicast-Algorithmen soll im dritten Kapitel ein anschaulicher Einstieg in diese Arbeit möglich gemacht werden, gefolgt von der detaillierten Beschreibung vierer unterschiedlich komplexer Multicast-Algorithmen.

Das verwendete Programmdesign, welches benutzt wurde für die Erschaffung des Applets wird im vierten Kapitel besprochen, gefolgt von einer eingehenden Beschreibung des Applets und seiner internen Vorgänge im fünften Kapitel.

2 E – Learning

Das folgende Kapitel gibt eine Einführung in E-Learning, verbunden mit einer Begriffsklärung und der Erläuterung der verschiedenen Formen des E-Learnings.

Den Abschluss bildet die Einordnung von PI4MP in die verschiedenen Arten des E-Learning.

2.1 E-Learning – eine Begriffsklärung

Der Begriff „E-Learning“ wird im heutigen Sprachgebrauch fast schon synonym für all das verwendet, was im Zusammenhang mit einer modernen technischen Ausstattung der Lehre einhergeht.

Um aber eine Begriffsklärung vorzunehmen soll zuerst ein anderes modernes Schlagwort angeführt werden: das des „lebenslangen Lernens“. Dieses Schlagwort versinnbildlicht den Wandel, dem sich unsere Gesellschaft derzeit unterzieht und noch weiter zu unterziehen hat: Nicht mehr das Wissen, welches man nach einer Ausbildung bzw. Studium erworben hat ist mehr ausreichend, sondern das Wissen, welches man sich das ganze Leben lang aneignet und aneignen wird – Bildung ist ein Wettbewerbsvorteil, den es gilt, das gesamte Leben lang zu erhalten⁵.

Das Wissen heutzutage – begünstigt durch die weltweite Vernetzung – wird immer umfangreicher und kurzlebiger: Das Internet ermöglicht den Zugang zu vielen verschiedenen Lernquellen und Datenbankbeständen, die Wissen auf Abruf bereithalten.

Auch für Firmen wird es immer wichtiger, ihre Mitarbeiter zu schulen, und durch das Heranführen an neue Technologien „up to date“ zu halten – schon alleine, um den Anschluss an den technologischen Fortschritt nicht zu verlieren⁶.

Auch auf Regierungsebene ist man sich dessen bewusst, rief das Jahr 1996 zum „europäischen Jahr des lebenslangen Lernens aus“ und stellt europäische Vorgehensmethoden für die Implementation des lebenslangen Lernens auf.

Aber mit der Quantität des bereitgestellten bzw. abrufbaren Wissens müssen auch neue Lernmethoden einhergehen. Nicht jede Firma kann es sich leisten, Mitarbeiter auf teure Fortbildungskurse zu schicken und auf ihre Arbeitskraft in dieser Zeit zu verzichten.

Das Lernen muss individualisiert werden um einen leichten Zugang zum Wissen zu jeder Zeit von jedem Ort aus zu ermöglichen; Die Attraktivität des Lernens muss erhöht werden, um eine größere Akzeptanzbasis zu schaffen für das lebenslange lernen.

Dies sind Aufgabengebiete des electronic Learning.

E-Learning generell ist ein Sammelbegriff für jegliche Form elektronisch gestützten Lernens und umfasst so unterschiedliche Gebiete wie Multimedia CDROMs (z.B. Microsoft Encarta⁷), die Videoübertragungen von Vorlesungen in der Hochschule, Lernprogramme wie das vorliegende Applet PI4MP oder Hypertext – Informationssysteme und -Anleitungen (z.B. Self HTML⁸).

⁵Vgl. Hasebrook, J., Otte, M., E-Learning im Zeitalter des E – Commerce – die dritte Welle, 2002, S. 25

⁶Vgl. Dittler, U., E-Learning – Erfolgsfaktoren und Einsatzkonzepte mit interaktiven Medien , 2002, S. 285

⁷Microsoft Encarta Enzyklopädie: <http://encarta.msn.de/>

⁸Selfhtml : <http://selfhtml.teamone.de>

Durch die Verfügbarkeit über das Internet, bzw. den eigenen PC wird das Lernen seiner Orts- und Zeitbeschränkungen enthoben und dadurch individualisiert - der Lernende kann zu jeder Zeit von jedem Ort aus lernen und sich so seinen eigenen Lernplan erschaffen.

Für Firmen, die ihre Mitarbeiter über E-Learning schulen möchten, ergeben sich gleich mehrere Vorteile. Zuerst ein Zeitgewinn bei der Schulung selbst, da u.a. die Zeit für die Anfahrt wegfällt. Weiterhin Kostenvorteile durch den Wegfall der Reisekosten und die Konzentration auf das eigentliche Kerngeschäft: eigene Bildungsabteilungen können ausgelagert und durch externe Kompetenzen ersetzt werden⁹.

Viele Unternehmen versprechen sich dadurch auch eine höhere Motivation ihrer Angestellten, eine höhere Aktualität des Wissens ihrer Angestellten und generell bessere Lernerfolge.¹⁰

E-Learning selbst gestaltet auch das Lernen attraktiver: Durch den Einsatz von multimedialen Inhalten wie Bilder, Videos und Texten soll die Motivation und die Lernbereitschaft der Lernenden erhöht werden.

2.2 Formen des E-Learnings

E-Learning kann unterschieden werden in die Arten, wie das Lernen stattfindet bzw. präsentiert wird und wie die – wenn sie existiert – Kommunikation mit den Mitlernenden bzw. lehrenden stattfindet.

Daraus resultieren zwei Formen des E-Learnings auf der Zeitachse: das synchrone Lernen, bei dem eine gleichzeitige unmittelbare Kommunikation mit anderen stattfindet und das asynchrone Lernen, bei dem die Kommunikation entweder gar nicht oder nur zeitverzögert stattfindet.

		<i>Zeitachse</i>	
		<i>synchron</i>	<i>asynchron</i>
<i>Raumachse</i>	<i>verteilt</i>	<i>Videokonferenz, Tele-Coaching</i>	<i>Fernlernen, Teleseminare</i>
	<i>gemeinsam</i>	<i>Präsenzveranstaltung</i>	<i>Sprachlabor, PC-Schulungen</i>

Abbildung 1 : Die Raum – Zeitachse des Lernens¹¹

⁹ Vgl. Hasebrook, J., Otte, M., E-Learning im Zeitalter des E – Commerce, 2002, S. 25

¹⁰ Vgl. Hasebrook, J., Otte, M., E-Learning im Zeitalter des E – Commerce, 2002, S. 99

¹¹ Vgl. Khazaeli, C.D., Vorlesung Mediendidaktik, 2002, PDF Dokument

2.2.1 Asynchrones Lernen

Unter asynchronem Lernen versteht man jene Lernformen, bei denen eine Kommunikation mit Mitlernenden entweder gar nicht oder nur zeitversetzt möglich ist.¹²

Es bedeutet vor allem „zeitunabhängiges lernen“ d.h. eine Art Selbststudium durch bereitgestellte Lernmaterialien, bei dem die Informationen verspätet oder erst durch Abruf bei dem Lernenden ankommen.

Als ältester Vertreter dieser Art von elektronischen Lernumgebungen existieren die CBTs – die Computer Based Trainings bereits seit den 80er Jahren^{13 14}.

Darunter versteht man alle Lernumgebungen, welche isoliert auf einem Computer laufen können, ohne von der evtl. vorhandenen Internetanbindung zu profitieren, bzw. diese zu nutzen. Beispiele dafür sind Multimedia - CDROMs wie Microsoft Encarta¹⁵.

Auch internetbasierte Lernumgebungen, so genannte Web Based Trainings (WBT), benutzen asynchrone Lernkommunikationen.

WBTs liegen zentral auf einem Server und können von Lernenden abgerufen werden¹⁶.

Dort findet die nun vorhandene Kommunikation zeitlich versetzt statt. Der Lernende erarbeitet sich die Lernmaterialien selbstständig und benutzt die angebotenen Kommunikationselemente mehr für Rückfragen als für direkte Kommunikation.

Die Kommunikation selbst erfolgt z.B. über Emails, Newsgroups oder Diskussionsforen

Ein weiterer, sehr weit verbreiteter Vertreter des asynchronen Lernens sind die Fernuniversitäten wie z.B. die Fernuniversität Hagen, deren Lernmaterialien (Übungsaufgaben, Unterrichtsbegleitende CDROMs) man sich abholt und selbst durcharbeitet. Für Rückfragen stehen Professoren und Tutoren bereit.

Der Vorteil des asynchronen Lernens ist, dass sich der Lernende seinen Lernplan selbst aufstellen und sein Wissen bei Bedarf spezifisch vertiefen kann. Ein Nachteil ist, dass die Motivation durch Mitlernende nicht immer gegeben ist und das sofortige Feedback fehlt

2.2.2 Synchrones Lernen

Bei synchroner Kommunikation kommt es zu einer wechselseitigen Verbindung¹⁷ -

sie ist nicht zeitversetzt, d.h. die Teilnehmer einer synchronen Kommunikation können sofort auf Fragen antworten und auch Gegenfragen stellen.

Unter synchronem Lernen versteht man all diejenigen Lernformen, die eine synchrone Kommunikation einschließen.

Die wohl älteste Art des synchronen Lernens ist die des regulären Klassenverbundes, bei der eine direkte Lehrer – Lernende – Kommunikation besteht, die für sofortige Rückfragen benutzt werden kann.

Im Kontext des E-Learnings sind es all die elektronischen Kommunikationsformen, die eine gleichzeitige Kommunikation beim Unterricht zulassen: also z.B. Online-Chats, Video – oder Audiokonferenzen oder gemeinsame Benutzung einer kollaborativen Zeichenfläche.

Aber auch komplexere Lern-Infrastrukturen wie virtuelle Seminare¹⁸ fallen unter das synchrone Lernen. Virtuelle Seminare stellen eine Verlagerung der gewohnten

¹² Vgl. Simon, B., E-Learning an Hochschulen, 2001, S. 73

¹³ Vgl. Dittler, U., E-Learning – Erfolgsfaktoren und Einsatzkonzepte mit interaktiven Medien, 2002, S. 163

¹⁴ Vgl. Dittler, U., E-Learning – Erfolgsfaktoren und Einsatzkonzepte mit interaktiven Medien, 2002, S. 205

¹⁵ Microsoft Encarta Enzyklopädie : <http://encarta.msn.de/>

¹⁶ Vgl. Dittler, U., E-Learning – Erfolgsfaktoren und Einsatzkonzepte mit interaktiven Medien, 2002, S. 163

¹⁷ Vgl. Simon, B., E-Learning an Hochschulen, 2001, S. 73

¹⁸ Vgl. Dittler, U., E-Learning – Erfolgsfaktoren und Einsatzkonzepte mit interaktiven Medien, 2002, S. 217

Präsenzveranstaltungen in das Internet dar – gestreamte Vorlesungen erreichen die Zuhörenden über ihren Computer zu Hause und Rückfragen können sofort gestellt werden.

Die Vorteile des synchronen Lernens sind vor allem das unmittelbare Feedback – die Chance sofort eine Frage zu jeder Unklarheit stellen zu können. Nachteile sind - auch bei den virtuellen Seminaren - dass der Lernende sein Lerntempo, dadurch dass er jetzt in einer Gruppe lernt, nicht mehr selbst bestimmen kann.

Es ist nun von Nöten, Termine festzulegen und sich an die Lerngeschwindigkeit der Gruppe anzupassen. Die Zeitunabhängigkeit ist nun – im Gegensatz zu dem asynchronen Kommunikationsmethoden nicht mehr gegeben.

2.3 Einordnung von PI4MP

PI4MP ist eigentlich ein Vertreter der asynchronen CBTs.

Es ist zwar über das Internet aufruf- und startbar jedoch verfügt es selbst über keinerlei Kommunikationsinterfaces oder aus sich selbst heraus startbare Kommunikationsformen.

Der Lernende ist dadurch in der Lage seinen Lernfortschritt selbst zu bestimmen und bei Bedarf Zusatzinformationen hinzuzuziehen oder die eingebaute Hilfe zu konsultieren.

Die selbstständige Komponente von PI4MP soll dazu führen, dass der Lernende sich möglichst selbstständig mit den Algorithmen auseinandersetzt.

Um dem Tutor dennoch eine gewisse Kontrolle über den Lernfortschritt zu geben, kann der Lernende seine Ergebnisse nach erfolgter Befragung an einen Server übermitteln lassen.

Dort werden sie gespeichert und können zur Dokumentation des Fortschrittes des Lernenden herangezogen werden.

Für auftretende Probleme steht dem Lernenden aber noch eine sofort aufrufbare Hypertext – Hilfe bereit. Sie hilft ihm bei Problemen mit den Algorithmen und der Bedienung des Applets.

Für sich alleine gestellt ist PI4MP also mehr für das Selbststudium ausgerichtet als für kollaboratives Lernen.

Jedoch wird PI4MP in den CATS (Communication and Tutoring System) – Server der Universität Mannheim eingebettet¹⁹.

Erst auf dem CATS – Server wird PI4MP zu einer Anwendung des synchronen Lernens – ansprechbare Mitlernende, die die gleichen Probleme bearbeiten werden angezeigt und Tutoren können um Rat gefragt werden.

¹⁹ CATS-Server, Universität Mannheim : <http://herodot.informatik.uni-mannheim.de>

3 Internet Datenverkehr

Dieses Kapitel gibt eine Einführung in den Datenverkehr des Internets heute. Zuerst werden die allgemeinen Arten der Datenübertragung beschrieben und schließlich konkrete Algorithmus-Beispiele zu Multicast erläutert auf denen der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt.

3.1 Unicast

Unicast ist die elementare Basiskommunikation zwischen zwei Kommunikationsendpunkten innerhalb eines Netzes. Die IP –Pakete des Senders werden zu dem einzigen Empfänger geroutet – es entsteht in diesem Falle eine 1:1-Kommunikation²⁰, vergleichbar mit einem Telefonat zwischen zwei Personen.

Diese Verbindungsart kommt z.B. beim Surfen im Internet oder beim Zugang zu einem FTP-Server zustande. Also immer dann wenn gezielt Informationen von einer Quelle für einen Empfänger benötigt werden. Der Vorteil dieser Adressierungsart ist die hohe „on demand „ – Verfügbarkeit, d.h. eine 1:1-Verbindung kann jederzeit aufgebaut werden, es sei denn, technische Schwierigkeiten des Senders oder Empfängers würden dies verhindern.

Aber jeweils eine 1:1 Verbindung - also eine eigene separate Verbindung für jeden Empfänger - aufzubauen ist sehr ineffizient – besonders für Massendatentransfers.

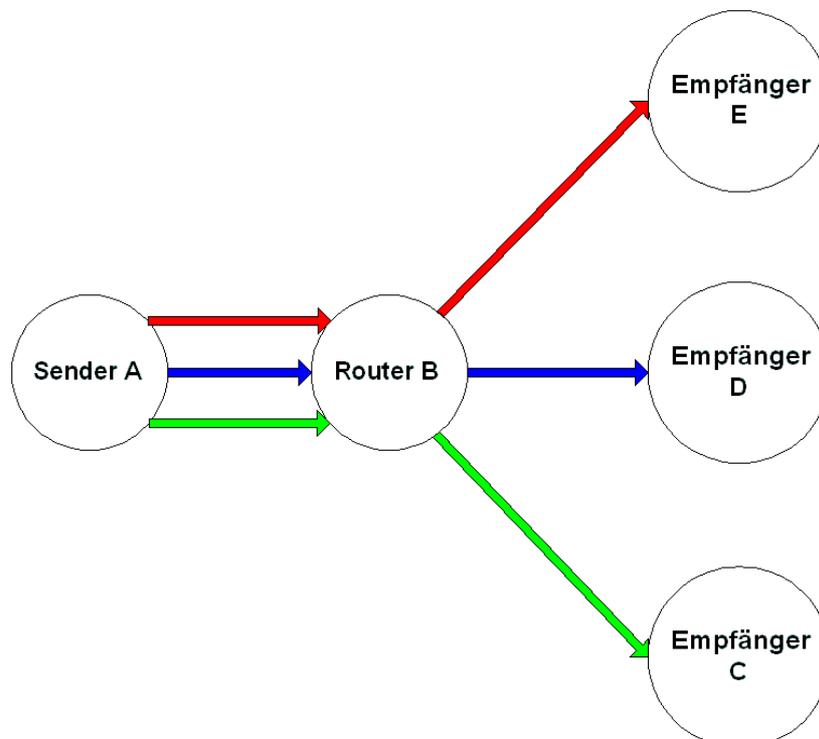


Abbildung 2 : Versenden der Pakete per Unicast

Abbildung 2 zeigt das exemplarische Versenden dreier gleicher Unicast Pakete eines Senders A über einen Router B zu drei Empfängern C, D und E.

²⁰ Vgl. Hilt, V., Netzwerkbasierete Aufzeichnung und Wiedergabe interaktiver Medienströme, 2001

Es fällt auf, dass die Verbindung A->B dreifach belastet wird, obwohl es sich um das ein -und dasselbe Paket handelt.

Einen Lösungsmechanismus für dieses Problem bietet Multicast, welches in Kapitel 3.3 besprochen wird.

3.2 Broadcast

Broadcast – im Gegensatz zu Unicast - ist eine „one to all „ – Verbindung, also ein Sender der zu allen potentiellen Empfängern sendet. Typische Anwendungsgebiete außerhalb des Internets sind Radio – oder Fernsehübertragungen, im Internet z.B. die Aktualisierung verteilter Datenbanken oder die Übertragung der aktuellen Börsenkurse²¹.

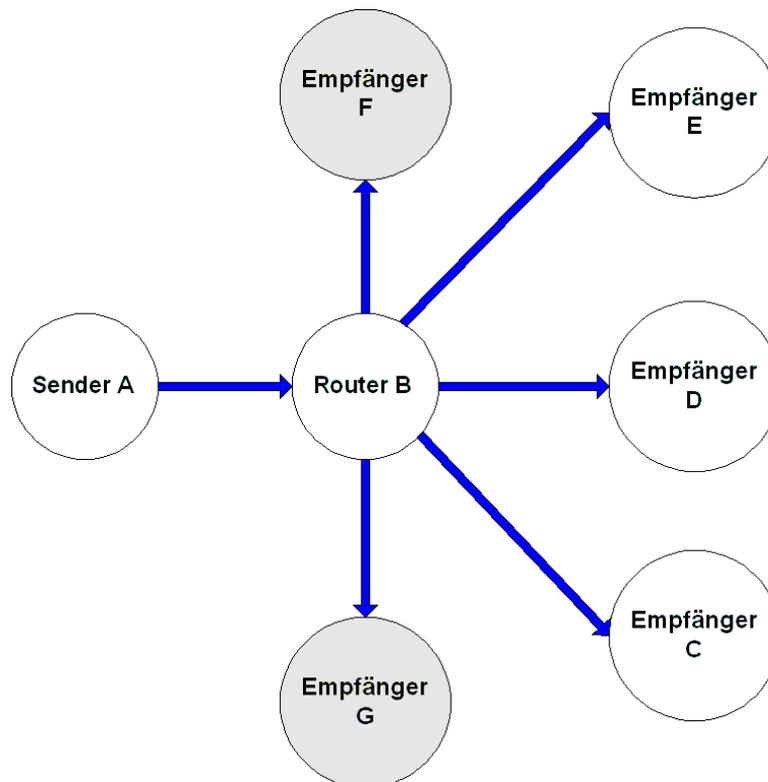


Abbildung 3 : Versenden der Pakete per Broadcast

Der Vorteil dieser Übertragungsart ist, dass der Server die Daten nur noch einmal versenden muss – der Nachteil jedoch, dass jeder Host die Daten empfängt – ob er die Daten empfangen möchte, oder nicht.

In Abbildung 3 sieht man, dass der Weg A->B nur noch einmal mit Daten versorgt wird – hier wird also Bandbreite gespart. Jedoch werden zwei weitere Router, F und G mit Daten versorgt, die sie eigentlich gar nicht angefordert haben.

²¹ Vgl. Tanenbaum, A., Computernetzwerke, 2000, S. 399

3.3 Multicast

Multicast auf einer abstrakten Ebene ist ein Verfahren zur effizienten Gruppenkommunikation und ermöglicht (n:m) – Verbindungen, d.h. beliebig viele Sender können zu beliebig vielen Empfängern senden. Im Gegensatz zu Broadcast müssen nicht alle angeschlossenen Empfänger mit Daten beliefert werden sondern nur eine beliebig große Untermenge dieser Systeme.

Dies wird nicht wie in Unicast durch mehrere Punkt – zu – Punkt Verbindungen geschaffen, sondern durch Routing - Bäume²². Wenn man sich Abbildung 2 ansieht, dann fällt auf, dass die Strecke A -> B dreifach belastet wird, obwohl es sich um ein – und dasselbe Paket handelt, welches noch dazu kurz hintereinander (oder parallel) gesendet wird. Es entstehen dadurch 3 lineare Sendebäume (A-B-C), (A-B-D),(A,B,E) – einen für jeden Empfänger.

Viel Effizienter wäre es jedoch, einen einzigen – nicht-linearen Baum zu benutzen, welcher für das Verteilen der Daten zu allen Empfängern benutzt wird.

Dies würde die Bandbreitenbeanspruchung der Verbindung A-> B dritteln, da hier das Paket nur noch einmal versendet werden müsste. Weiterhin müsste dieser Routing - Baum die Eigenschaft haben, nur alle Empfänger anzusprechen, und nicht - wie in Abb. 2 alle vorhandenen Hosts.

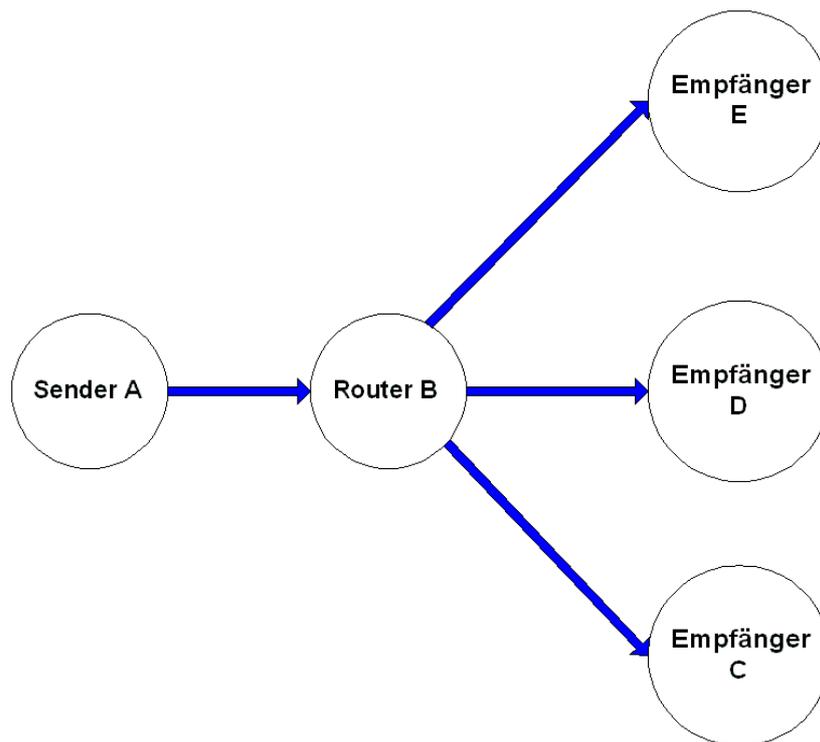


Abbildung 4 : Versenden der Pakete per Multicast

In Abbildung 4 sieht man nun den gleichen Netzwerkaufbau wie in Abb.2 nur mit geänderten Routing - Entscheidungen: A sendet nun nur noch ein Paket zu B. dieser repliziert es und sendet es auf all seinen Ausgängen, die zu potentiellen Empfängern führen.

²² Vgl. Giloi, W., Rechnerarchitektur, 1991, S. 380

Dieser einzige Routing - Baum erlaubt nun sehr viel effizientere Routing - Entscheidungen, erfordert aber natürlich eine größere Router - Intelligenz, da nun Multicastaufrufe entschlüsselt werden müssen .

Durch seine Bandbreitensparende Eigenschaften eignet sich Multicast besonders für moderne Heavy - Traffic – Anwendungen wie z.B. Fernsehübertragungen, Videokonferenzen oder Live – Radio - Streams im Internet. Aber auch zukünftige TV – Top – Boxen könnten über Breitband und Multicast mit Video – on - demand versorgt werden.

In den nächsten Abschnitten werden die vier Algorithmen Flooding, Reverse Path Broadcasting, Truncated Reverse Path Broadcasting und Protocol Independent Multicast Sparse Mode (PIM SM) erklärt, welche auch in der praktischen Implementierung umgesetzt wurden.

3.3.1 Flooding - Algorithmus

Der einfachste aber ineffizienteste Multicast - Algorithmus ist das so genannte Flooding.

Ein Datenpaket, welches mit diesem Protokoll versandt wird und an einem Knoten im Netz ankommt, wird von jedem Router auf all seinen Ausgängen, außer demjenigen, an dem es ankam, wieder ins Netz gespeist.

Da jeder Router innerhalb des Netzes diese Vervielfältigung vornimmt, führt diese Variante des Flooding - Protokolls zu einem ungeheuren Datenstau, da sich die Pakete unkontrolliert vermehren.

In Abb. 5 sieht man die Vermehrung des Datenpaketes, welches sich nach drei Sprüngen schon versechsfacht hat, u.a. durch eine Schleifenbildung der Router B, C und A.

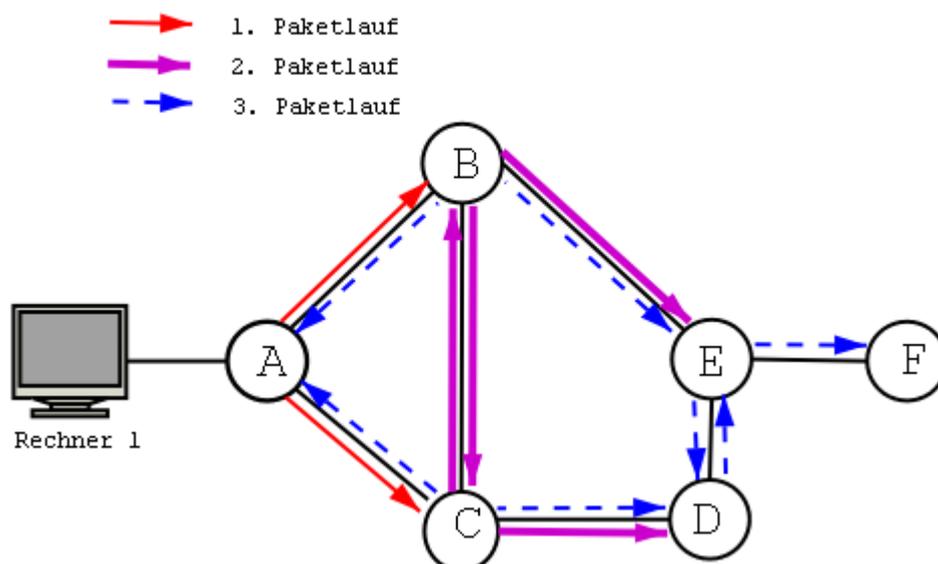


Abbildung 5 : Paketlauf im Flooding Algorithmus

Um diesem „Unendlichkeits-Problem“ zu begegnen, wurde ein so genannter Hop - Counter²³ in das Protokoll implementiert. Dieser „Sprungzähler“ existiert innerhalb des Datenpaketes und wird auf einen bestimmten Wert vorinitialisiert – normalerweise die Sprungentfernung zwischen der sendenden Station und dem am weitesten entfernten Empfänger oder im worst case die Größe des Netzwerkes, in dem übertragen wird.

Dieser Eintrag wird nun nach jedem „Sprung“ zwischen zwei Routern um eins dekrementiert; erreicht er null, wird das Paket verworfen.

Beim Kopieren dieses Paketes in einem der Knoten des Netzes wird dieser Wert einfach an die Folgepakete übergeben. Dies führt dazu, dass die Übertragung im Vergleich zur der einfachsten Flooding – Variante irgendwann abbricht, da sämtliche Counter „zu Ende gezählt wurden“.

Doch trotz dieser Einschränkung führt das Protokoll zu vielfach redundant übertragenen Daten, da bis der Counter zu Ende gezählt ist, jedes Paket trotzdem ständig vervielfältigt wird – im Hinblick auf Abb. 5 und die drei Paketläufe würde sich nichts ändern.

Deswegen wird der Flooding – Algorithmus auch im normalen Netzwerkbetrieb nicht eingesetzt, sondern eher in der Initialisierung der Routing - Tabellen, bei der erstmaligen Installation von transparenten LAN - Bridges²⁴ oder generell bei Anwendungsgebieten, die einen sehr robusten Algorithmus benötigen.

3.3.2 Reverse Path Broadcasting

Das generelle Problem des Flooding – Algorithmus ist, dass die Router innerhalb des Netzes die gleichen Datenpakete redundant versenden da es zu einer Schleifenbildung zwischen den Knoten kommt, und die Pakete dadurch wiederholt über die gleiche Strecke verschickt werden.

Der erste Ansatz zur Verringerung der Netzlast wäre also, diese Schleifen von vorne herein zu vermeiden, also eine Verbindungshierarchie der Router zu erschaffen, bei der zwei Knoten im Netz nur über einen einzigen Weg miteinander kommunizieren können.

Es wird nun die Tatsache ausgenutzt, dass jeder Router seinen kürzesten Weg zum Sender aus seinen Routing - Tabellen kennt und sich dadurch ein Baum aufbauen lässt, der aus den kürzesten Wegen aller Router besteht.

Diese Kombination aller Wege nennt man einen „Spanning Tree“ und innerhalb dessen ist eine Schleifenbildung unmöglich.

Kommt nun ein Paket an einem Router innerhalb des Netzes an, so prüft dieser zuerst ob es auf dem kürzesten Weg vom Sender zu ihm gelangt ist. Ist dies der Fall, so leitet er dieses Paket weiter – wenn nicht, verwirft er es.²⁵

Weiterhin werden Pakete nur an diejenigen Router weiter geleitet, von denen der weiterleitende Router weiß, dass er auf ihrem kürzesten Weg zum Sender liegt. Dies erfordert mehr Aufwand bzw. Intelligenz innerhalb der Router, da nun Tabellen angelegt werden müssen, um sicher zu stellen, dass jeder Knoten auch seine Nachbarn und deren Wege kennt.

²³ Vgl. G. Lienemann, TCP / IP – Praxis, Dienste, Sicherheit, Troubleshooting, 2003, S.63

²⁴ Vgl. Steinmetz,R., Multimedia-Technologie – Grundlagen, Komponenten und Systeme, 2000, S. 339

²⁵ Vgl. Steinmetz,R., Multimedia-Technologie – Grundlagen, Komponenten und Systeme, 2000, S. 479

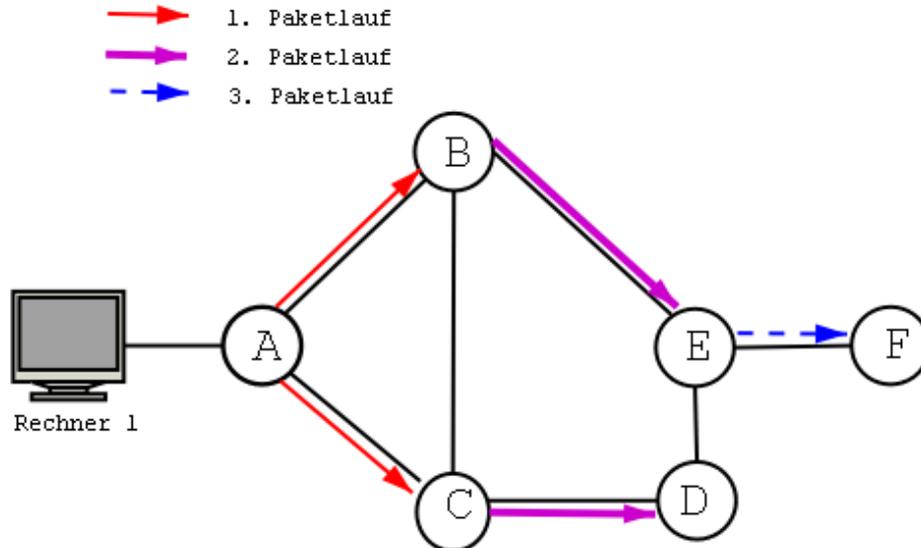


Abbildung 6 : Paketlauf im Reverse Path Broadcasting Algorithmus

In Abbildung 6 sieht man den Paketlauf des Reverse – Path - Broadcasting Algorithmus – es werden keine redundanten Pakete mehr übertragen – jeder Router erhält jedes Paket nur einmal und sendet es seiner Routing - Tabelle entsprechend aus – das spart Bandbreite, verteuert aber die Router durch die zusätzlich notwendige Intelligenz.

3.3.3 Truncated Reverse Path Broadcasting

Reverse Path Broadcasting ist ein zuverlässiger Algorithmus um Multicast – Nachrichten innerhalb eines Netzwerkes an alle Router zu verteilen.

Es ist aber nur selten der Fall, dass jeder Knoten im Netz an einer Multicast – Konferenz teil nimmt – meistens ist es so, dass nur ein geringer Teil der Router die Nachrichten auch empfangen möchte und Router dadurch unnötig mit der Verbreitung von Nachrichten beschäftigt sind, die keinen aktiven Empfänger haben²⁶. Truncated Reverse Path Broadcasting ist eine Erweiterung des in 3.3.2 vorgestellten Algorithmus und ergänzt ihn um so genannte „Pruning messages“²⁷. Diese Beschneidungsnachrichten sendet ein Knoten innerhalb des Netzes, wenn er an einer bestehenden Multicast – Übertragung nicht teilnehmen möchte.

Weiter aufwärts des Datenbaumes empfängt der nächste Router diese Nachricht und „weiß“ dadurch, dass auf diesem Link keine Nachrichten dieser Sendegruppe mehr versandt werden müssen. Empfängt nun dieser Router von all seinen Ausgängen eine solche Nachricht, so leitet er an seinen Predecessor wiederum eine Pruning Nachricht weiter.

So „wandert“ diese Nachricht den Hierarchiebaum „hinauf“ und immer größere Teile des Netzes die diese Daten nicht empfangen möchten werden abgeschnitten.

In Abb. 7 sieht man das „Hinaufwandern“ einer Pruning – Nachricht bis zum Sender.

Zwei „Anfangsroutern“ D und F senden jeweils ihre Nachrichten an die im Hierarchiebaum über Ihnen stehenden Router C und E. Diese wiederum versenden diese Nachricht auch – in diesem Fall an A und B und nach dem A auch die Bestätigung von B erhalten hat, dass dort

²⁶ Vgl. Steinmetz, R., Multimedia-Technologie – Grundlagen, Komponenten und Systeme, 2000, S. 479

²⁷ Vgl. Effelsberg, Prof. Dr. Wolfgang : Vorlesungsunterlagen zur Vorlesung Rechnernetze des Lehrstuhls Praktische Informatik IV der Universität Mannheim, 2001

keine Pakete abgeliefert werden müssen, sendet A die Nachricht an Rechner 1. Es würden also überhaupt keine Daten versandt

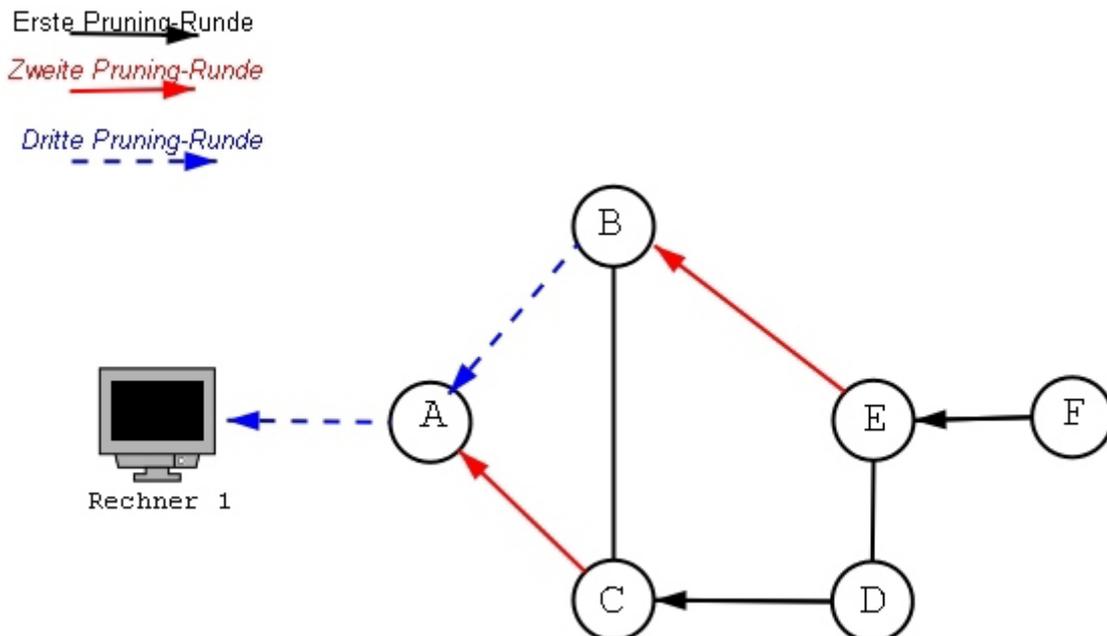


Abbildung 7 : Paketlauf im Truncated Reverse Path broadcast Algorithmus

Da sich aber der potentielle Teilnehmerkreis der Sendegruppe während der Übertragung ändern kann, muss eine gewisse Flexibilität des Protokolls sicher gestellt sein, damit neue Teilnehmer nicht ausgeschlossen bleiben.

Deswegen werfen die Router periodisch die „Pruning Messages“ und ermöglichen es den (neu hinzu gekommenen) Child Nodes der Übertragung beizutreten.

Ein Node der die Daten auch weiterhin nicht empfangen will, muss also periodisch seine „Prune Message“ abschicken, um nicht auf der „Empfänger“ - Liste zu stehen.

3.3.4 Protocol Independent Multicast (PIM)

Die „Protocol Independent Multicast“ Protokoll Familie besteht aus den beiden Protokollen PIM Dense Mode und PIM Sparse Mode. Ersteres eignet sich für dicht zusammen liegende Netzwerkinseln, bei denen es viele potentielle Empfängern gibt. Zweiteres gilt für einzelne Multicast - Empfänger, die weit auseinander liegen.

Während PIM DM genau wie Truncated Reverse Path Broadcasting zu Beginn das Netzwerk mit Daten flutet und die Verteilungsbäume per Prune - Nachrichten beschneidet, gilt bei PIM SM der umgekehrte Schluss : Man muss sich anmelden, um Daten zu empfangen und sich nicht periodisch abmelden.

PIM ist wie der Name sagt „protocol independent“, d.h. beide Algorithmen sind unabhängig von den ihnen zu Grunde liegenden Unicast Routing Protokollen²⁸ und deshalb einfach zu implementieren.

²⁸ Vgl. Almeroth, K., The Evolution of Multicast : From the Mbone to Inter-Domain Multicast to Internet2 Deployment, 1999

3.3.4.1 Protocol Independent Multicast – Dense Mode (PIM DM)

PIM DM wurde dafür ausgelegt, in einem Netzwerk benutzt zu werden, welches viele Empfänger auf „engem Raum“ besitzt und in welchem nur wenige Prune - Nachrichten versandt werden²⁹.

Zu Beginn einer Multicast- Session werden die Daten über das Netzwerk geflutet, erreichen so alle Empfänger und verbreiten Status Informationen wie z.B. die IP – Adresse des Senders. Jeder Host innerhalb dieses Netzes kann mit einer Prune – Nachricht reagieren, wenn er die Daten selbst nicht empfangen will und auf seinen ausgehenden Links keine empfangsbereiten Hosts stehen. Die Prune - Entscheidungen werden periodisch verworfen und können aber auch durch so genannte „Graft“ – Messages sofort aufgehoben werden.

In dicht besiedelten Netzwerkgebieten ist der Einsatz von PIM DM auf Grund der hohen Performanz zu empfehlen.

3.3.4.2 Protocol Independent Multicast - Sparse Mode (PIM SM)

Bei den voran gegangenen „dense mode“ Protokollen wurde davon ausgegangen, dass sich die Netzwerkknoten in einem dicht „besiedelten“ Gebiet befinden. Weiterhin wurde davon ausgegangen dass die Router genügend „Eigenintelligenz“ haben, um die Pakete entsprechend zu routen und Pruning - Nachrichten zu versenden.

PIM SM hingegen geht davon aus, dass Multicast - Gruppen spärlich (sparse) über eine große Netzlandschaft verteilt sind. Ein Sprungzähler - orientierter Algorithmus wäre hier nicht effizient, da der Sprungzähler auf einen viel zu hohen Wert initialisiert werden müsste, und sich dadurch eine viel zu große Router – Zielmenge ergeben würde.

Die Multicast - Gruppen werden über eine Verteilstation, dem so genannten Routing Point (RP) mit den Daten der Sender (PIM SM unterstützt beliebig viele) versorgt und zwar nur dann, wenn sie auch explizite Joins an diesen Punkt schicken.

Es ist also genau der entgegen gesetzte Ansatz wie bei Truncated Reverse Path Broadcasting – man meldet sich nicht ab, sondern an.

Ein Router, welcher sich für eine Übertragung angemeldet hat, empfängt fortan die Datenpakete, ohne weiterhin Joins schicken zu müssen. Will er sich abmelden, dann schickt er eine Prune Nachricht.

PIM SM ist „protocol independent“, d.h. es geht davon aus, dass die routing tables bereits vorliegen und setzt auf dem unterliegenden Routing Protokol auf, benutzt es um den shortest path betreiben zu können.

²⁹ Vgl. Adams, Andrew, Nicholas, Jonathan, Siadak, Williams: Protocol Independent Multicast - Dense Mode, 2003

Das PIM SM Protokoll kann in drei Phasen eingeteilt werden³⁰ :

- Der zentralistische Ansatz : der Rendezvous Point Tree
- Register stop und
- Gemischter Ansatz: Individuelle Shortest-Path-Trees

Die erste Phase : der zentralistische Ansatz :

Zu Anfang der ersten Phase besteht das PIM SM Netzwerk aus einem Routing Point, welcher für das Verteilen der Daten zuständig ist, einer Menge n von potentiellen Empfängern und einer Menge m von potentiellen Sendern.

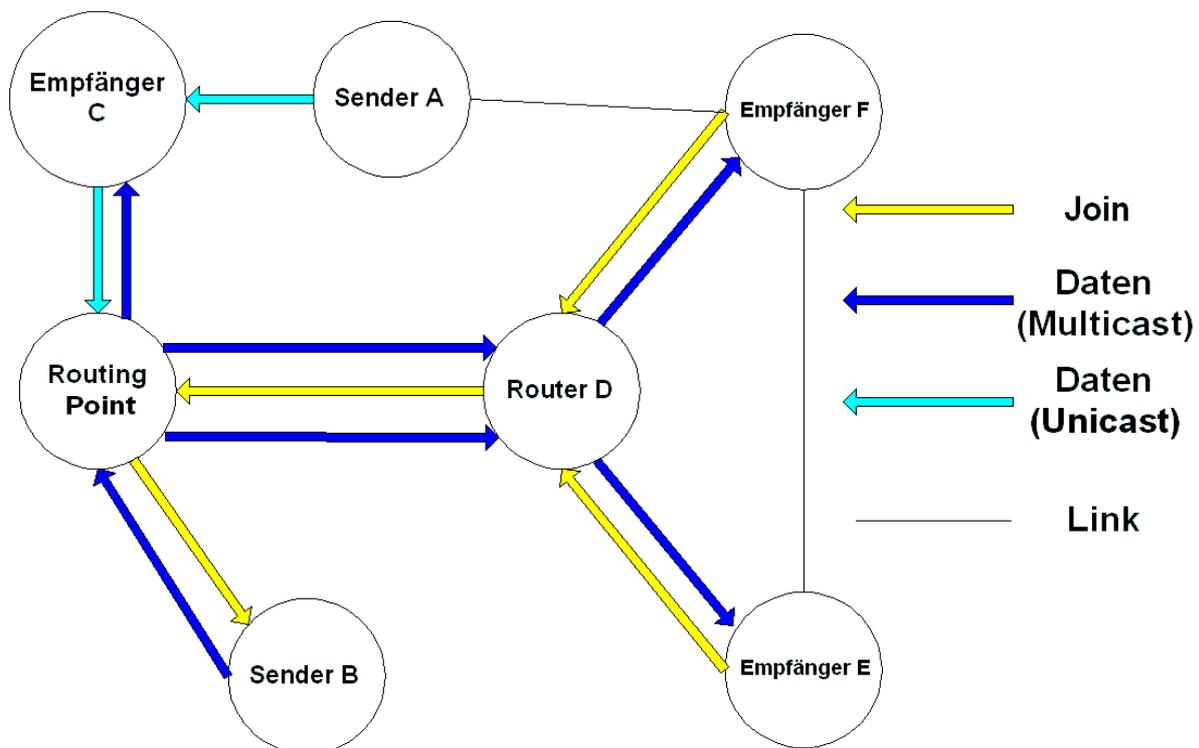


Abbildung 8 : Datenfluß im PIM SM – Netzwerk in der ersten Phase

Der Routing Point dient als Verteilungsstation in diesem Netzwerk und wird aus der Menge der vorhandenen Router gewählt. Er nimmt Joins von Empfangswilligen Routern entgegen und bekommt die Datenpakete der Sender geliefert, welche er zu den Empfängern hinleitet.

Jeder Router – ob Sender oder Empfänger kennt seinen kürzesten Weg zum RP aus seinen Routing - Tabellen und kann so einfach die Daten bzw. Joins dorthin weiterleiten und die Daten auf dem nun erzeugten PIM – SM - Netzwerk verteilen.

Ein Router, welcher Daten des RP empfangen möchte, sendet eine Join - Nachricht zu seinem Upstream - Router– hin zum RP. Dieser Router leitet die Nachricht dann weiter den Baum hinauf, bis sie den RP erreicht.

³⁰ Vgl. Fenner, Bill, Handley, Mark et al.: Protocol Independent Multicast - Sparse Mode, 2002

Der Multicast - Baum der durch die hinaufwandernden Pakete entsteht, wird RPT genannt – Rendezvous – Path – Tree. Empfängt der RP einen Join, so wird er auf diesem ausgehenden Link die Daten verteilen, sobald sie bei ihm eintreffen; zuvor versandte Pakete gehen verloren. Jeder Sender kennt seinen Upstream – Router zum RP hin auch aus seinen Routing - Tabellen. Er versendet seine Daten in diesem frühen Netzwerk-Stadium unicast gekapselt direkt zum Routing Point. Dieser entpackt die Pakete und sendet sie Multicast auf dem RPT abwärts zu den Empfängern.

Die zweite Phase : Register stop

Am Ende der ersten Phase werden die Pakete der Sender in Unicast - Pakete gepackt, zum RP hingerroutet, welcher sie entpackt und auf seinem RPT zu den Empfängern verschickt. Dieses Verpacken ist jedoch sehr ineffizient, da es für einen Router, in diesem Fall den Sender und den RP, sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, die Pakete zu ver- und entpacken.

Ein weiteres Manko liegt in der Tatsache, dass es Router gibt, die Daten empfangen möchten aber auf dem direkten Weg vom Sender zum RP liegen. Diese würden dann zuerst die Unicast gekapselten Daten vom Sender zum RP weiter leiten und würden hinterher dann mit denselben Daten vom RP versorgt, was einen großen Delay verursacht.

Aus diesen beiden Gründen verschickt der RP beim Eintreffen der ersten gepackten Daten des Senders eine Join - Nachricht an diesen zurück, welche Hop- by - Hop auf dem SPT zu ihm wandert. Alle Router auf dem Weg vom RP zum Sender bekommen dann (S, G) Multicast Status, d.h. sie leiten nur Pakete an die Gruppe G multicast weiter, wenn diese von Sender S kommen. Dies bewirkt, dass die Router auf dem Weg vom Routing Point zum Sender von letzterem direkt mit Daten beliefert werden – der Umweg über den RP fällt weg.

Empfängt nun der Sender den Join des RP, so stoppt er die Kapselung und sendet die Daten native zum RP – alle Router auf dem Weg dorthin empfangen die Daten dadurch früher und der Kapselungsprozess entfällt.

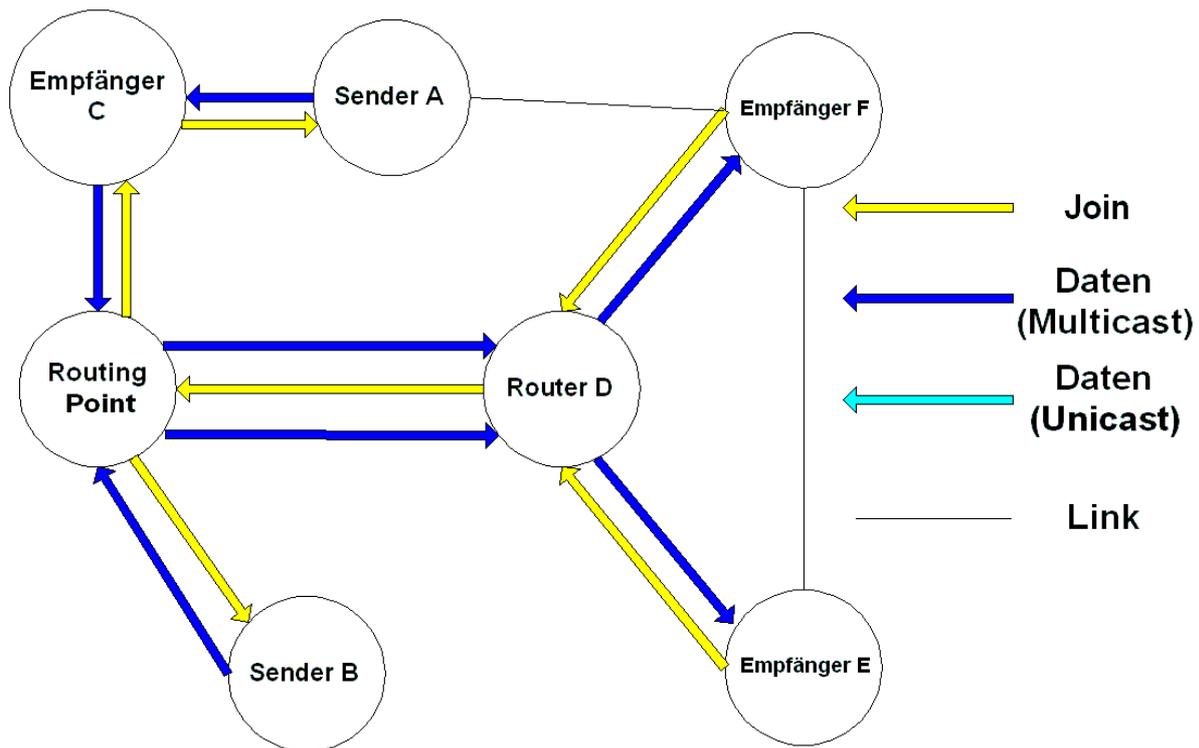


Abbildung 9 : Datenfluss im PIM SM – Netzwerk in der zweiten Phase

In Abb. 9 sieht man, wie die Daten von Sender A, nachdem der Join des Routing Points angekommen ist, nun direkt an Empfänger C und den Routing Point geleitet werden. Somit wird für Empfänger C der Umweg über den RP gespart..

Die dritte Phase : Individuelle Shortest – Path - Trees

Zu Beginn der dritten Phase verschickt jeder Sender seine Daten über den RP zu den Empfängern. Eine Ressourcen verschwendende und unnötig komplizierte Handhabung für Router, die sich in der Nähe des Senders befinden, oder sich von ihm auf einem kürzeren Weg mit den Daten beliefern lassen könnten. Weiterhin ist es nur dann akzeptabel wenn die Applikationen, die mit den Daten beliefert werden eine gewisse Verzögerung verkraften können.

Deswegen ist es für jeden Router möglich, einen Quellen - spezifischen Join an den Sender seiner Wahl zu schicken, und damit die Daten direkt zu beziehen - auf dem shortest – path - Tree dieses Senders.

Empfängt der Sender diesen Quellen-spezifischen Join des Empfängers, so beginnt er die Daten an diesen auf dem kürzesten Weg zu senden. Seine Daten zum RP bleiben davon unberührt – er sendet sie weiter.

Da der Empfänger nun Daten zweifach empfängt – einmal auf dem shortest path des Senders und einmal auf dem RPT versendet er eine Source-Specific Prune-Nachricht an seinen Upstream Router zum RP hin. Daten des Senders, die über den RP kommen, erreichen ihn nun nicht mehr. Die anderer Sender dagegen schon.

Im Gegensatz zu TPRB, wo nur generelle Prune - Nachrichten verschickt werden, ist es hier möglich, Prune - Nachrichten mit einem Ziel zu versenden, also Quellen-spezifische Prunes. Die Handhabung an sich jedoch, das Weiterleiten eines Prunes, wenn alle Ancestors eines Routers im Hinblick auf dieses Ziel geprunt sind, ist die gleiche.

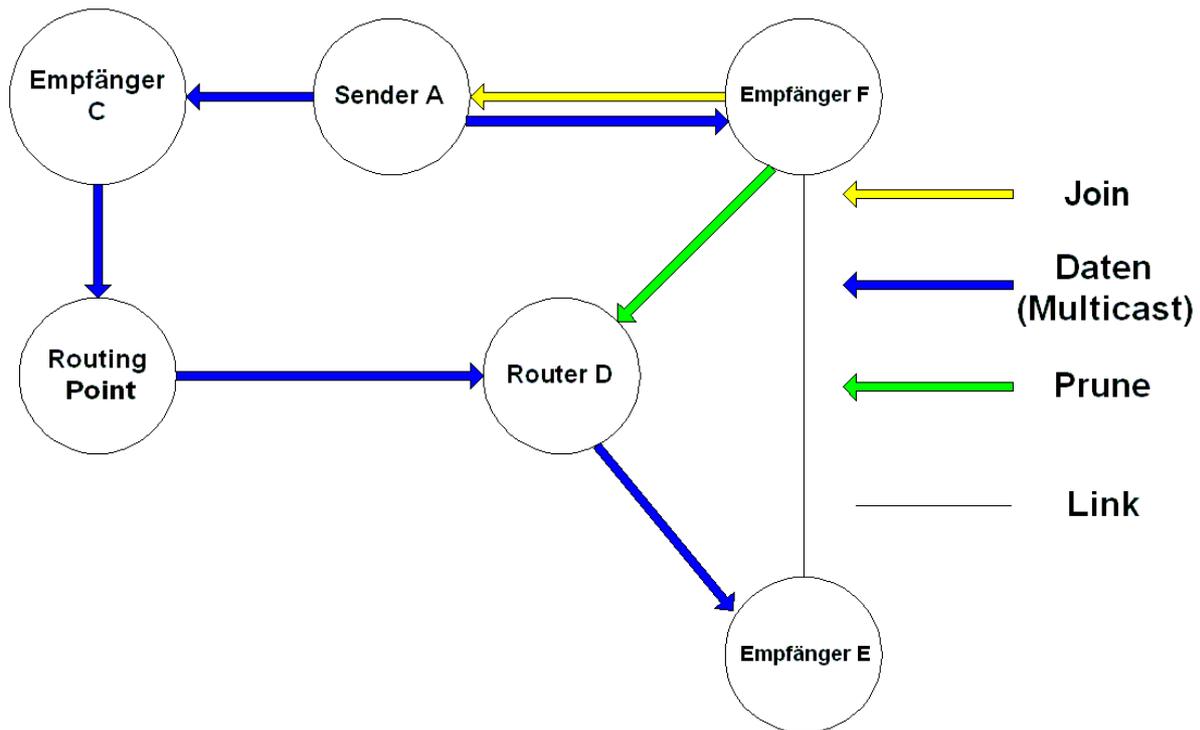


Abbildung 10 : Datenfluß im PIM SM – Netzwerk in der dritten Phase

In Abb. 10 sieht man nun – unter der Annahme der Existenz nur noch eines Senders – dass die Daten von Sender A Empfänger F nach Empfang dessen Joins diesen nun direkt erreichen. Der Umweg über den Routing Point wird vermieden, und Empfänger F meldet sich bei seinem Upstream -Router, Router D, per Prune – Nachricht ab. Empfänger E jedoch erhält auch weiterhin seine Daten über den Routing Point. Würde auch er einen Quellen – spezifischen Join an den Sender schicken, würde sich folgendes Bild ergeben:

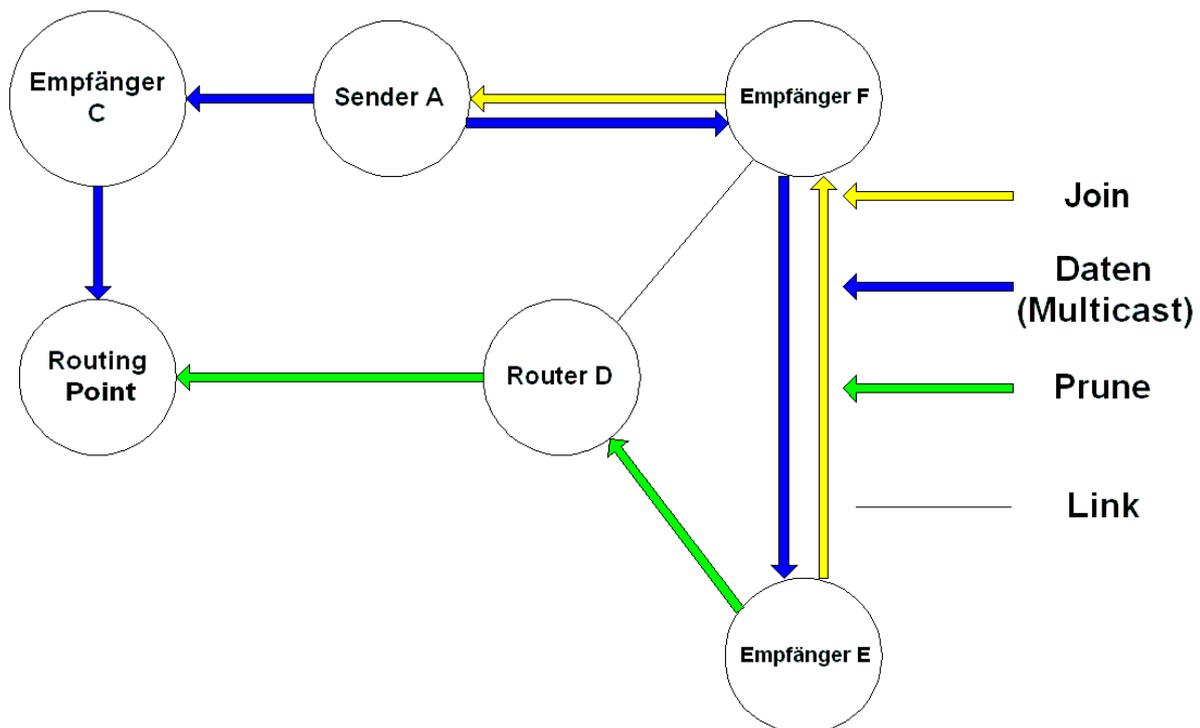


Abbildung 11 : Datenfluß im PIM SM – Netzwerk in der dritten Phase, Teil 2

Empfänger E würde nun die Daten des Senders über Empfänger F bekommen, und die Prune - Nachricht würde bis zum Routing Point hinauf wandern. Da dieser nun keine Empfänger mehr hat, stellt er das weiterleiten ein. Der Sender jedoch sendet weiterhin zu beiden Empfängern und dem Routing Point, um sicher zu stellen, dass später hinzu stoßende Empfänger über den RP mit Daten beliefert werden können. Es ist auch für Empfänger E und F jederzeit möglich, eine Prune - Nachricht an Sender A zu schicken und die Daten über den Routing Point wieder anzufordern.

Am Ende von Phase drei stellt sich PIM SM als ein kombiniertes Protokoll dar, welches sowohl weit ausgedehnte Konferenzen wie auch Empfänger in unmittelbarer Sender-Nähe unterstützt. Weiterhin hat es den Vorteil, mehrere Sender zu unterstützen und es den Routern zu erlauben sich Source - specific bei jedem Sender an – und abzumelden.

Wegen dieser Vorteile wird es bereits sehr verbreitet in Intranets eingesetzt, jedoch noch nicht sehr stark im Internet – dort ruhen die Hoffnungen laut Mark Handley vom ICIR, einem der Koautoren, auf PIM SSM – Source - Specific Multicast³¹.

³¹Bhattacharyya, Supratik, Diot, Christophe et al., An Overview of Source-Specific Multicast Deployment, 2002

4 Das Applet

In dem vorliegenden Applet PI4MP wurden die in Kapitel 2 besprochenen Algorithmen Flooding, Truncated Reverse Path Broadcasting und PIM Sparse Mode umgesetzt.

Im ersten Teil des Applets kann Der Lernende sich den zeitlichen Ablauf aller drei Algorithmen veranschaulichen und ihr Verhalten beeinflussen.

Im zweiten Teil kann er durch das „adaptive Lernsystem“ von PI4MP Aufgaben wachsenden Schwierigkeitsgrades beantworten und zur Überprüfung übermitteln.

In diesem Kapitel wird zuerst auf die Algorithmen eingegangen und erklärt, wie sie in PI4MP implementiert wurden, danach wird das generelle Architekturdesign erklärt.

Aus diesem Design, welches die Einbettung von PI4MP in das CATS – Lernsystem aufzeigt werden dann das Instruktionsdesign und das Systemdesign abgeleitet und präsentiert.

4.1 Die Algorithmen – implementiert

4.1.1 Flooding

Der Flooding – Algorithmus, als einfachster Vertreter der Routing- Algorithmen, wurde komplett implementiert. Der Benutzer kann nach dem Aufbau des Netzwerkes für den Algorithmus den Sender angeben und die Time – To - Live einstellen.

Während der Ausführungszeit kann der Benutzer sich über die gerade versandten Pakete informieren und somit „Zeuge“ der durch Flooding verursachten Datenflut werden.

4.1.2 Truncated Reverse Path Broadcasting

(T)RPB wurde in PI4MP komplett umgesetzt. Der Aufbau des Netzwerkes ist komplexer als bei Flooding, da bei diesem Algorithmus zwischen empfangenden – und nicht- empfangenden Routern unterschieden wird. Einstellbar ist dies in den Router - Details des betreffenden Routers

Im Gegensatz zu Flooding ist bei TRPB auch die Länge eines Links wichtig, da darauf das Aufbauen des Shortest-Path Tree basiert. Änderbar ist diese in den Linkdetails des betreffenden Links.

Prunes werden automatisch versandt, sobald der entsprechende Router keine Ancestors hat und selbst keine Pakete empfangen möchte.

Die Pruning - Frequenz, welche zu Anfangs einstellbar ist, stellt damit den Countdown für den Multicastree – Neuaufbau dar.

Es ist für den Benutzer damit möglich, einmal gefasste Pruning - Entscheidungen in den Router - Details wieder rückgängig zu machen und die Auswirkungen mitzuverfolgen.

Um sich nur die Wirkungsweise von RPB klar zu machen, genügt es, alle Router auf „Reciever“ zu lassen. Dadurch werden keine Prunes versandt.

4.1.3 Protocol Independent Multicast Sparse Mode.

PIM SM wurde entsprechend der 3-Phasen-beschreibung von RFC 2362 in PI4MP umgesetzt. Neben der aus der Umsetzung von Flooding und RPB bekannten „Next Step“ Steuerung, wurde für diesen Algorithmus ein „Next Phase“ – Knopf eingeführt:

Durch einen Klick auf diesen kann der Benutzer – unabhängig von der Anzahl der gemachten Steps - zur nächsten der drei Phasen:

- 1) Source-specific Tree, Unicast encapsulated
- 2) Source specific Tree, Native und
- 3) Shortest Path Tree

wechseln.

Zu Beginn der Simulation werden die Joins der Router an den Routing Point versendet und die Sender nehmen ihre Tätigkeit auf und senden Daten zum RP hin. Pakete die vor dem Eintreffen der ersten Joins ankommen, werden automatisch verworfen.

Nach dem ersten Wechsel finden die im RFC beschriebenen Aktionen statt :

Der Routing Point versendet Joins an die Sender, deren Daten er empfangen möchte und diese beginnen darauf die Kapselung einzustellen und die Pakete native zu senden.

Nach dem Wechsel der zweiten zur dritten Phase steht es dem Benutzer offen, für jeden beliebigen Router Joins zu jedem beliebigen Sender zu senden, so genannte Quellenspezifische Joins. Kommen die Joins bei dem entsprechenden Sender an, so beginnt dieser Sender mit dem Versenden der Daten auf dem Senderspezifischen Shortest – Path - tree hin zu dem Empfänger.

Beim Eintreffen der ersten Daten des Senders verschickt der Empfänger eine Pruning - Nachricht an seinen Source – specific – upstream - Router, um die Daten nicht doppelt zu empfangen.

4.2 Das Architekturdesign

PI4MP ist ein auf Java basierendes Lernprogramm zum Verständnis von Multicast – Algorithmen. Ein Simulationsteil soll den spielerischen Umgang mit den behandelten Techniken erlauben und für das nötige Basiswissen sorgen, welches dann im Aufgabenteil abgefragt und vertieft wird.

Eingebettet ist PI4MP in den Kontext des CATS – Servers³² an der Universität Mannheim.

³² CATS-Server, Universität Mannheim : <http://herodot.informatik.uni-mannheim.de>

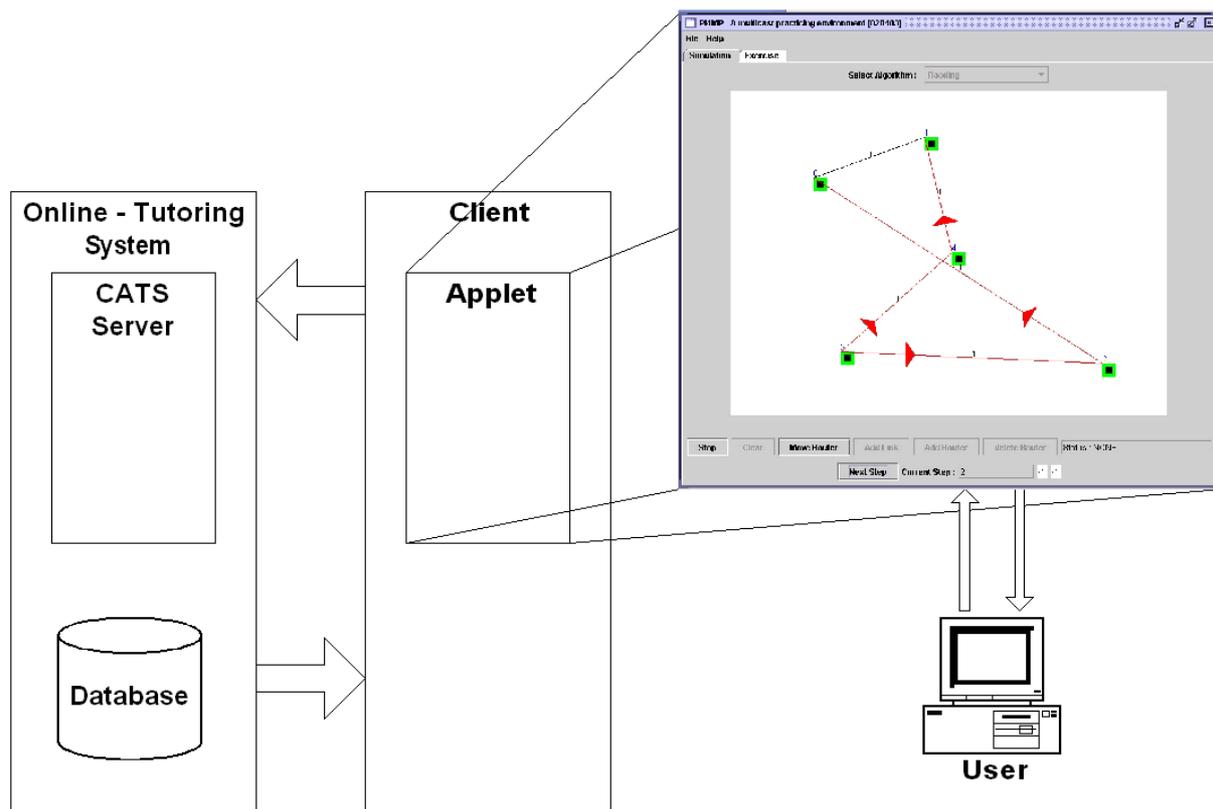


Abbildung 12 : Integration von PI4MP in CATS

CATS selbst ist ein Web – basiertes System, welches es dem Lernenden erlaubt, Übungs-Applets zu laden, sich mit den angebotenen Themenbereichen zu befassen und Aufgaben zu lösen³³. Die Lösungen können an das CATS – Datenbanksystem übermittelt werden und hinterlegen so den Lernfortschritt des jeweiligen Studenten.

CATS ermöglicht es auch, u.a. per Videokonferenz mit anderen Studenten, die dasselbe Problem bearbeiten, zusammen zu arbeiten oder automatisch Gruppen von Studenten zu erfassen, die von einer gemeinsamen Arbeit profitieren könnten.

Während PI4MP die Algorithmen und Übungsaufgaben bereitstellt, profitiert das Applet im Kontext von CATS von den angebotenen Kommunikations- und Datenhaltungs-Möglichkeiten der Infrastruktur.

4.3 Instruktionsdesign

Instruktionsdesign beschreibt die Technik des Erschaffens von Instruktionsplänen für die Gestaltung von Unterrichtseinheiten. Ziel ist u.a. eine stärkere Variation der Unterrichtsmethodiken mit dem Ziel der größeren Individualisierung des Lernens im Hinblick auf den Lernenden. Das starre Unterrichtsmodell soll zu Gunsten einer programmierbaren Lernumgebung aufgegeben werden und höhere Lernziele als das assoziative Lernen

³³ Vgl. Liebig, H.C. , Effelsberg, W., Seamless Integration of group Communication into an adaptive online exercise system, 2002

gestatten³⁴. Das Lernen selbst soll nicht gesteuert sondern viel mehr erleichtert werden³⁵, auch durch die Hinwendung zum „übertragenden Lernen“, zum Transfer –also weg von der reinen Reproduktion – und eine stärkere selbstständige Nutzung durch den lernenden ermöglichen.

Zur systematischen Planung eines Instruktionsdesigns gehört auch die Wahl der didaktischen Strategie, und die Wahl eines Lehrkonzeptes, d.h. die Art, wie das Lernen umgesetzt werden soll³⁶. Es wird entschieden, wie stark die selbstständige Komponente ist bzw. wie sehr der Lernende „and die Hand“ genommen wird. Es wird u.a. unterschieden in Simulation, d.h. entdeckendes lernen, Spiel (unterhaltendes Lernen), aktivem und passivem Tutor und Training.

Das vorliegende Applet „PI4MP“ wurde vom Instruktionsdesign her so entworfen, dass eine möglichst eigenständige Nutzung durch den Lernenden ermöglicht wird, es aber auch eine abfragende Prüfungskomponente hat.

Um das entdeckende Lernen zu fördern, wurde ein Simulationsmodus in das Applet integriert, mit dem der Lernende eigenständig die Algorithmen anhand eigener Netzwerke aufbauen und testen kann. Im Aufgabenmodus hingegen wird das erworbene Wissen durch sich wiederholendes Training abgefragt und vertieft. Durch eine zweidimensionale Schwierigkeitsgradsteigerung wird das Transferkonzept beim Algorithmen - Wechsel implementiert

4.3.1 der Simulationsmodus

Die Zielsetzung des Simulationsmodus ist es, den Studenten an die Algorithmen heranzuführen in dem er sich selbst ein Netzwerk aufbaut und an diesem die Algorithmen ausführen und ausprobieren kann. Durch den spielerischen Charakter des Simulationsmodus soll die Attraktivität des Lernens verbessert werden, da der Student auch ohne den Druck Aufgaben lösen zu müssen sich über den gewählten Algorithmus informieren kann.

Der Lernende wählt einen der drei Algorithmen aus und beginnt mit seinem „Netzwerkdesign“. Er hat dazu die Möglichkeit, Router zu setzen und zu verbinden, den Routern Eigenschaften zuzuweisen und die Länge eines Links zu bestimmen.

Die Eigenschaften der Router hängen von der Art des gewählten Algorithmus ab. So kann man z.B. bei RPB Empfänger und Router wählen, währenddessen in Pim SM die Wahl des RP, der Sender und Empfänger ansteht.

Hat der Student die Netzinfrastruktur geschaffen, so kann er den Algorithmus starten und seine Ausführungsschritte im Applet nachvollziehen.

Es wurde in diesem Fall bewusst auf eine statische Animation verzichtet, um dem Student die Möglichkeit zu geben, in Ruhe die Schritte nachzuvollziehen und beeinflussend auf das Netzwerk einzuwirken.

³⁴ Vgl. Schulmeister, R., Grundlagen hypermedialer Lernsysteme – Theorie, Didaktik, Design, 2002, S. 115

³⁵ Vgl. Mandl, H., Reinmann-Rothmeier, Unterrichten und Lernumgebungen gestalten, 1995

³⁶ Gall, D., Trinks T., Instruktionsdesign für Multimedia, <http://www.trinks.org/instruktionsdesign/>

Dem Benutzer steht es frei, in welcher Detailstufe er sich mit dem Algorithmus auseinandersetzt. Er ist jederzeit in der Lage, sich zu jedem Router in seinem Netzwerk durch einen Klick auf ihn weitere Informationen zu beschaffen, wie z.B. Traffic oder bestehende Linkanbindungen.

Genauso ist er in der Lage den Algorithmus nur Oberflächlich anhand der Paketfluss - Informationen nachzuvollziehen.

4.3.2 der Aufgabenmodus

Als Kontrast und logische Weiterführung des spielerischen Simulationsmodus wurde der Aufgabenmodus entwickelt.

Der Benutzer kann sich, nach Wahl des Algorithmus Aufgaben steigenden Schwierigkeitsgrades generieren lassen, diese beantworten und wenn er möchte die Daten an den Server übermitteln.

Der Schwierigkeitsgrad steigt zwei-dimensional an, d.h. nicht nur innerhalb eines Algorithmus werden die Netzwerkaufbauten komplexer und vielschichtiger sondern die Aufgaben selbst werden beim Wechsel des Algorithmus anspruchsvoller und setzen jeweils Wissen der letzten Aufgaben voraus um den Transfer zu erhöhen. Dem zu Grunde liegt die Erkenntnis, dass die drei behandelten Algorithmen eine klare Schwierigkeitsstruktur darstellen: Flooding – als einfachster Vertreter der implementierten Algorithmen ist einfach zu verstehen und die Router - Intelligenz begrenzt. Dadurch sind auch die Aufgaben leichter und einfach zu verstehen.

Reverse Path Broadcasting ist ein komplexerer Algorithmus und dadurch sind auch die Routing - Entscheidungen anspruchsvoller. Das Wissen aus den Flooding - Aufgaben (Hop - Counter und Traffic - Berechnung) wird bei den RPB – Aufgaben vorausgesetzt und kann vom Studenten zur Hilfe bei der Berechnung heran gezogen werden.

Genauso verhält es sich bei PIM SM: Routing - Entscheidungen und kürzeste Wege werden vorausgesetzt, wenn bei diesem Algorithmus in den Aufgaben die nächsten Paketflüsse bestimmt werden sollen.

Hat der Benutzer eine Aufgabe beendet, so bekommt er sofortiges Feedback durch die Auswertung und Korrektur seiner Antworten. Um ihm eine bessere Einschätzung seiner Leistungen zu ermöglichen, wird auch die Zeit gestoppt, die der Lernende zum Bearbeiten der Aufgaben braucht.

Falls der Benutzer das möchte, kann er die Auswertung seiner Leistungen an den Server übermitteln lassen, um seinen Lernfortschritt dort hinterlegen zu lassen.

4.4 Das Systemdesign

PI4MP wurde zweigeteilt in die Klassen Simulation und Aufgabe um dem Studenten die Wahl zu überlassen, ob er sich zuerst mit den Algorithmen auseinandersetzen will oder gleich Aufgaben bearbeiten möchte.

Als Container-Klasse für die Simulations- und Aufgabenklasse dient die Klasse pimpFrame welche beim start des Applets aus der HTML Seite hinausgelöst wird.

Die Simulations- bzw. Aufgabenklasse selbst beinhaltet alle Steuerinstrumente wie Buttons, Textfelder und Auswahlboxen und steuert die ihr zugeordnete Zeichenflächen-Klasse paintArea.

paintArea ist die Klasse, in welcher die gesamte Grafische Arbeit des Applets verrichtet wird. Sie erscheint dem Benutzer als zunächst weiße (Zeichen -)Fläche in die er dann die Router bzw. Links platzieren kann (Simulationsmodus), bzw. in der sie automatisch platziert werden (Aufgabenmodus).

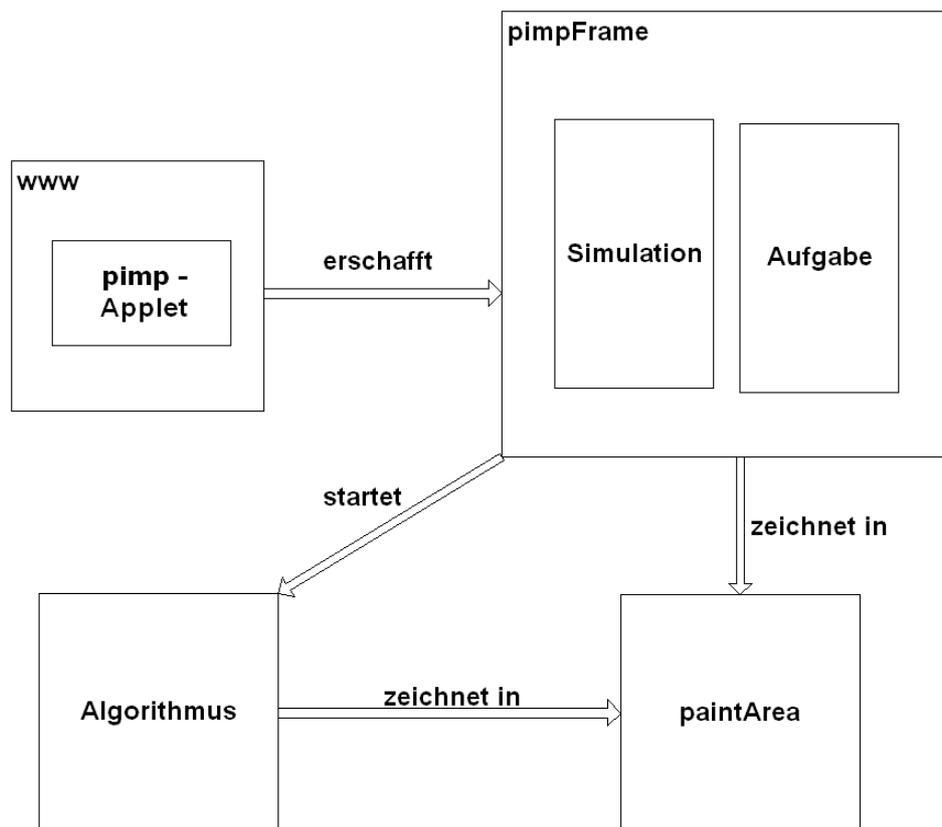


Abbildung 13 : Das Systemdesign von PI4MP

Bei der Ausführung einer der Algorithmen wird die paintArea – Steuerung an diesem übergeben. Der Algorithmus führt nun Schritt für Schritt aus und steuert dadurch die Zeichenausgabe der paintArea.

4.4.1 Der Simulationsmodus

Der Simulationsmodus ist zu Anfangs ein Netzwerkeditor mit dessen Hilfe sich komplexe Netzverschachtelungen aufbauen lassen. An diesen kann dann die Wirkung des jeweiligen Algorithmus nachvollzogen werden.

Der gesamte interaktive Netzwerkaufbau spielt sich in der Simulations- Klasse ab.

Hier findet der Benutzer alle Möglichkeiten, um Router zu setzen, zu verändern und per Links zu verbinden. Die Router - Objekte an sich enthalten dann alle Informationen über „sich selbst“, d.h. ihr Platz auf der paintArea, ihren Status und ihre Verbindungen..

Verbunden werden sie mit Link – Objekten die auch wieder abgespeichert und abgerufen werden können.

Um das Platzieren, Verändern und Verbinden einfacher und schneller zu gestalten wurde das Applet in „Modi“ eingeteilt. Je nach dem in welchem Modus sich der Benutzer befindet, kann er entweder Router setzen, löschen, verbinden, verschieben oder deren Eigenschaften ändern.

Ist der Benutzer mit dem von ihm erstellten Netzwerk zufrieden, so kann er die Simulation auf diesem Netzwerk durch Drücken des „Play“ Buttons und Einstellen der Algorithmusspezifischen Konfigurationsparameter ausführen lassen.

Während der Ausführung eines Algorithmus hat der Benutzer die Möglichkeit, die Simulation durch Ändern der Eigenschaften der Links und Router zu beeinflussen und die sich nun ändernden Routing - Entscheidungen nachzuvollziehen.

4.4.2 Der Aufgabenmodus

Der Aufgabenmodus in PI4MP hat das Ziel, das Wissen des Studenten durch sich im Schwierigkeitsgrad steigernde Aufgaben zu vertiefen und sein Verständnis der Algorithmen dadurch zu intensivieren. Nach der Beantwortung der Aufgaben werden diese evaluiert und können an den CATS – Server versendet werden.

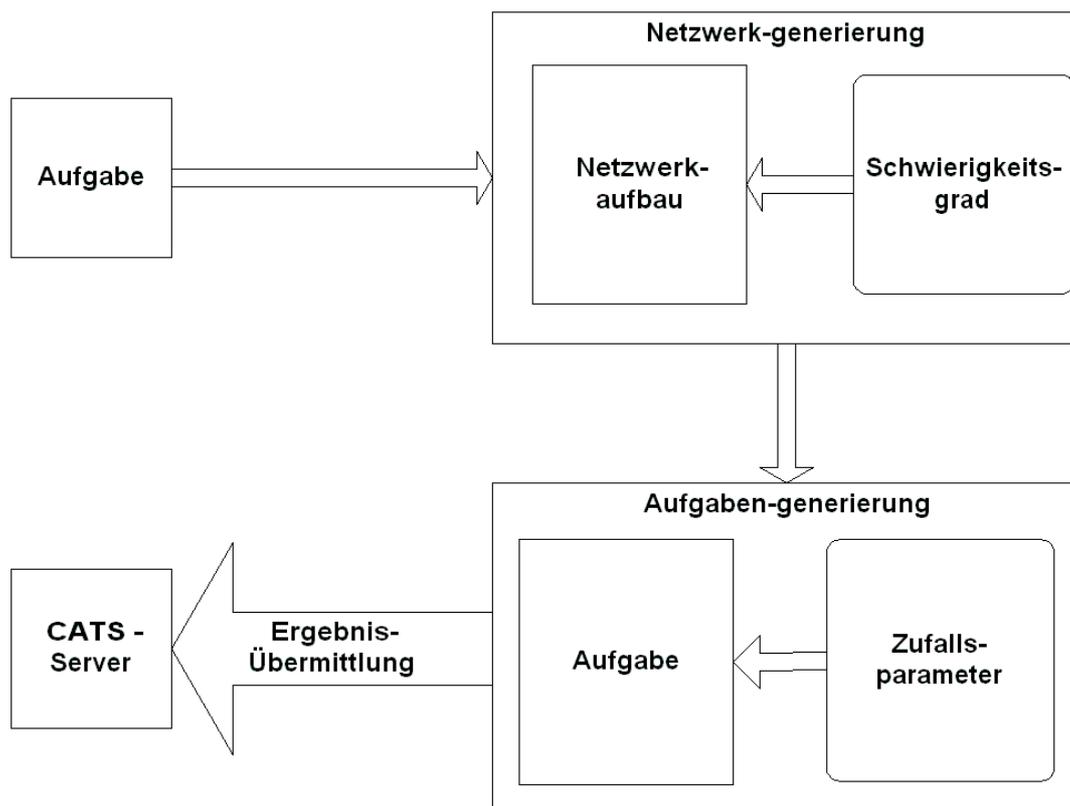


Abbildung 14 : Genereller Ablauf im Aufgabenmodus

Abbildung 14 zeigt dazu den generellen Ablauf der Abfrage beginnend mit der Aufgabenereschaffung bis zu der Übermittlung an den Server.

Zu Beginn muss sich der Student für einen der drei Algorithmen Flooding, Truncated Reverse Path Broadcasting und PIM Sparse Mode entscheiden

Durch Drücken des Buttons „Load next exercise“ wird eine neue Aufgabe zu diesem Algorithmus geladen, die dem aktuell gewählten Schwierigkeitsgrad entspricht.



Abbildung 15 : Zusammensetzung des Schwierigkeitsgrades für Flooding und RPB

Für die ersten beiden Algorithmen existieren 6 verschiedene Schwierigkeitsstufen. Diese Stufen unterscheiden sich nach der Anzahl und Anordnung der Router, nach ihren Verbindungen und der Gewichtung dieser.

Die Anzahl der Router wird schwierigkeitsstufenabhängig bestimmt und diese dann durch einen Platzierungsalgorithmus auf die paintArea platziert.

Je nach Schwierigkeitsgrad wird die Anordnung der Router und deren Link – Verbindungen komplexer. Wird am Anfang noch eine lineare Anordnung der Router präsentiert so ist es am Ende ein komplexes und vielschichtiges Netzwerk, dessen Routing - Entscheidungen für den Studenten schwerer nachzuvollziehen sind, und ihn dadurch mehr fordern.

Da in PIM SM das Wissen aus den Aufgaben für RPB und Flooding vorausgesetzt wird, kommt hier die Schwierigkeitssteigerung nicht durch komplexer werdende Netzwerktopologien zustande. Es wurde auf einen ähnlichen Netzwerkaufbau verzichtet und stattdessen Netzwerkbäume erzeugt. Dies hat den Vorteil der größeren Übersichtlichkeit für den Studenten, da der Routing Point immer in die obere Mitte der Zeichenfläche platziert wird und die Sender immer links bzw. rechts davon.

Die eigentliche Schwierigkeitssteigerung der 5 Schwierigkeitsstufen kommt bei PIM SM durch die vermehrte Anordnung von Sender und Empfängern und die dadurch komplexer werdenden Routing - Entscheidungen zustande.

Diese setzen das Wissen aus den Flooding bzw. RPB Aufgaben voraus und ermöglichen dadurch den Transfer des bisher erworbenen Wissens.

Um die Aufgaben zu generieren, wird die paintArea Steuerung an den jeweiligen Algorithmus übergeben, der die Zeichenfläche nach den Vorgaben mit Routern und Links belegt, diese verbindet und die notwendigen Einstellungen vornimmt.

Die Befragung des Studenten beginnt sobald er auf den Button „start test“ drückt.

Ihm werden verschieden Aufgaben präsentiert, die das Verständnis für die Algorithmen erhöhen und testen.

Bei der danach folgenden Evaluierung werden ihm seine Fehler bzw. Erfolge präsentiert und er kann sich entscheiden, ob er die Daten an den CATS - Server übermitteln lassen möchte

5 Implementierung

Das vorliegende Applet PI4MP ist ein auf Java basierendes Lernprogramm zum Verständnis von Multicast.

Das Applet wurde mit der SUN Java Version 1.3 umgesetzt um einerseits eine gleich bleibende GUI auf den unterschiedlichen Einsatzsystemen zu gewährleisten und andererseits den Vorteil der Startbarkeit über das Internet zu haben.

Beim Start des Applets wird die Klasse `pimp.java` gestartet welche einen von der Internetseite autonomen JFrame herauslöst der nun das eigentliche Programm darstellt und ausführt.

Dieser JFrame enthält die Menüstruktur und die beiden Hauptklassen des Programms: die Simulations- und die Aufgabenklasse.

5.1 Datenspeicherung und Zugriff

Da PI4MP ein ganzes Netzwerk mit allen Daten und Routern simuliert, müssen viele Daten zwischengespeichert und zum schnellen Abruf bereitgestellt werden.

Deswegen wurden fünf verschiedene Datenstrukturen in PI4MP, die sowohl in der Simulations- wie auch in der Aufgabenklasse Verwendung finden, implementiert: Router, Links, Joins, Nutzdaten und Prunes.

Je nach gewähltem Algorithmus wird auf einen Teilbereich dieser Menge zugegriffen und Objekte instanziiert.

Die Objekte selbst werden zum schnellen Zugriff in Vektoren abgespeichert.

Die komplexen Zugriffsoperationen der Algorithmen – allen voran PIM SM - machten es nötig, einfach zu beherrschende Zugriffsmethoden zu definieren.

Deswegen wurden viele datenbankähnliche Get - und Set – Methoden implementiert die sich gegenseitig überladen, und zum zielgerichteten Zugriff auf einzelne Datenobjekte dienen.

Objekte der Klasse Router und Link werden bei ihrer Instanziierung mit einer eindeutigen Identifikationsnummer versehen und können über diese oder über ihre X- und Y- Koordinaten auf der Zeichenfläche abgefragt und verändert werden.

Dies mit dem Ziel, sie direkt ansteuern und verändern zu können.

Die Prune – Data und Join – Klassen haben keine Identifikationsnummer, da sie meistens im kompletten Verbund direkt von den Algorithmen angesprochen werden. Jedoch können auch sie direkt per Abfrage z.B. der Herkunfts- und Zieladresse abgefragt werden.

5.2 Die Simulationsklasse

Die Simulationsklasse ist die Klasse, welche es dem Benutzer ermöglicht sein Netzwerk zusammen zustellen und die Algorithmen daran auszuprobieren.

Sie stellt ihm eine Zeichenfläche zu Verfügung in welche der Benutzer die Router setzen, sie mit Links verbinden und ihre Eigenschaften ändern kann.

Aufgrund der Übersichtlichkeitsgründen und der Unterschiedlichkeit der Algorithmen PIM SM auf der einen und Flooding und RPB auf der anderen Seite werden zwei Zeichenflächen – pimSMpaintArea und paintArea – eingesetzt.

Die Art wie der Benutzer mit der Zeichenfläche interagiert geschieht über Modi in die der Benutzer durch die entsprechenden Buttons auf der unteren Frame - Hälfte wechselt. Ein Modus definiert die Art und Weise mit der der Benutzer mit der Zeichenfläche interagiert.

Der Start des jeweiligen Algorithmus wird durch Klick auf den „Play“ – Button ausgelöst. Jeder Algorithmus wird initialisiert und durch Aufruf seiner „start“ Methode gestartet. Durch Klick auf den Button „next“ wird die jeweilige „next“ Methode innerhalb des jeweiligen Algorithmus aufgerufen und ruft ihrerseits wieder bestimmte algorithmus-spezifische Methoden auf.

Der jeweils gewählte Algorithmus hat nun die Kontrolle über die Zeichenfläche und erschafft je nach Situation Daten – Prune - oder Join - Objekte die er an die Zeichenfläche übergibt. Die Situation kann zu einem bestimmten Maße vom Benutzer beeinflusst werden, in dem er z.B. Änderungen an den Router - Eigenschaften vornimmt. Die Änderungen werden in Form des geänderten Objektes direkt wieder an die Zeichenfläche übergeben und finden beim nächsten Step Verwendung.

Ist der Algorithmus mit einem Schritt fertig, so ruft er die draw() - Methode der Zeichenfläche auf, welche den jeweiligen Schritt zeichnet und auf den nächsten „next“ – Anstoß wartet.

Durch Klick auf „Stopp“ wird der Algorithmus angehalten – seine Daten aber erst beim nächsten „Start“ gelöscht.

5.3 Der Aufgabenmodus

Der Aufgabenmodus hat die Funktion dem Lernenden Netzwerke vorzugeben auf denen er dann bestimmte Aufgaben lösen kann.

Ein Algorithmus belegt je nach Schwierigkeitsgrad und nach Zufallsmessvorgaben die Zeichenfläche mit Routern und verbindet diese durch Links. Der Lernende kann nun den Befragungsassistenten starten, der die Aufgaben generiert und sie ihm präsentiert.

Nach Beantwortung dieser bekommt der Lernende eine Evaluierung seiner Ergebnisse und kann sich entscheiden, ob er die Daten an den Server übertragen lassen möchte.

Die Vorgehensweise zur Erstellung und Beantwortung einer Aufgabe kann somit abstrakt auf zwei Grundschritte reduziert werden:

- 1) Erzeugung eines Zufallsnetzwerkes aufbauend auf dem aktuellen Schwierigkeitsgrad

- 2) Aufgaben basierend auf Zufallsparametern generieren. Danach Start des Befragungsassistenten mit eventuellem senden an den Server

5.3.1 Aufbau des Zufallsnetzwerkes

Bevor der Benutzer Fragen beantworten kann, lässt er sich ein Netzwerk generieren. Der Aufbau dieses Netzwerkes wird in Flooding und RPB anders als in PIM SM 5.

Für die ersten beiden Algorithmen existieren 6 verschiedene Schwierigkeitsstufen, für PIM SM 5.

Es gibt drei verschiedene Platzierungsalgorithmen für Flooding und RPB – Platzierung in einer Linie, Platzierung in einer komplexen Linie mit Schleifenbildung und Platzierung in einer geschlossenen Linie, d.h. kreisförmig.

Um eine Kollision der Router zu verhindern, wird die paintArea in so viele Bereiche unterteilt wie es Router gibt. In diesen Router – spezifischen “Mal-Bereichen“ wird der Router durch Zufall gesetzt und mit seinem Nachfolger (Linie) bzw. Nachfolgern (komplexe bzw. geschlossene Linie) verbunden.

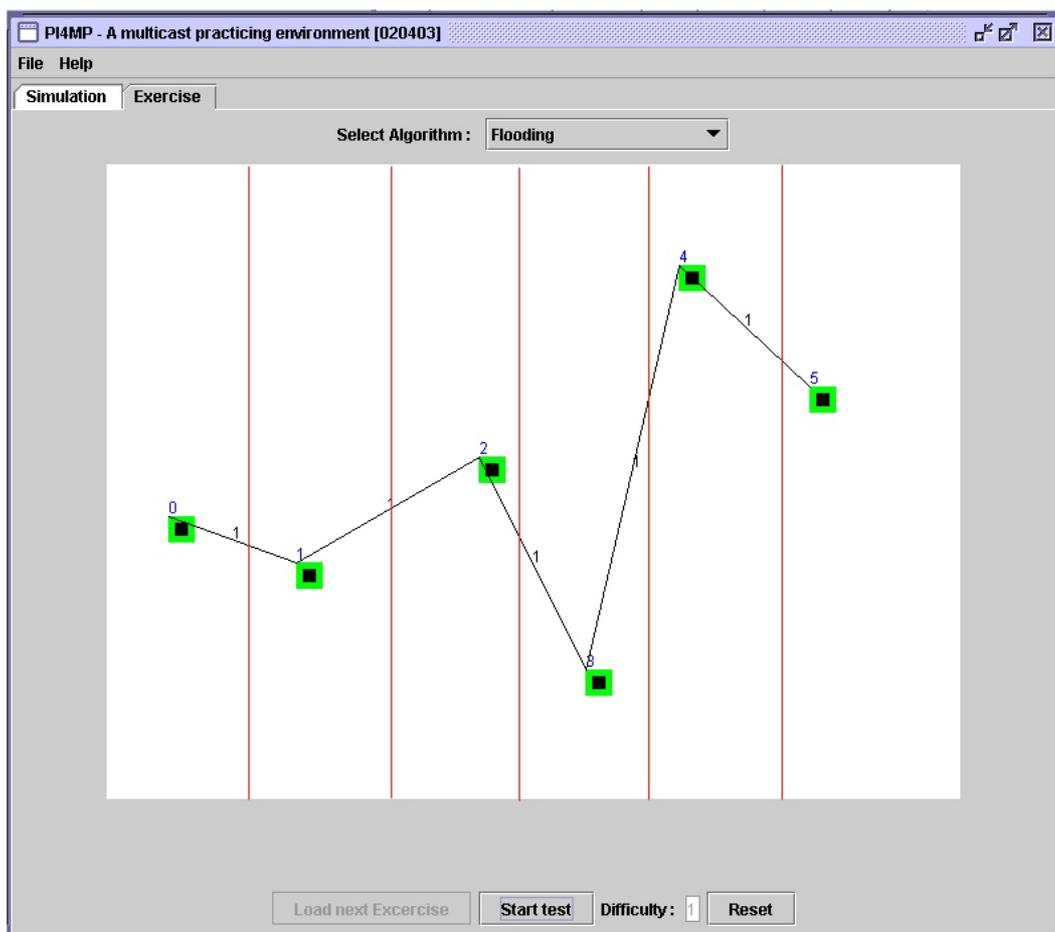


Abbildung 15 : Unterteilung der paintArea für das Beispiel : 5 Router, einfache Linie

Die Anzahl der Router wird mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad gesteigert, überschreitet aus Gründen der Übersichtlichkeit und einer klareren Aufgabengenerierung die Grenze von 10 Routern aber nicht.

Als letzter Zufallsparameter der Netzwerkgenerierung für Flooding und RPB werden den Links Gewichte zugewiesen. Am Anfang haben alle Links die Gewichtung 1, um einen einfachen Einsteig des Lernenden zu ermöglichen. In späteren Schwierigkeitsstufen werden die Gewichte höher und zufälliger verteilt.

Für PIM SM wurde ein anderes Verfahren gewählt, um die Zeichenfläche mit Routern zu belegen. Da hier Wissen aus den Aufgaben für Flooding und RPB vorausgesetzt wird, erfolgt die Schwierigkeitsstufenbildung mit der Zielsetzung die algorithmusspezifischen Feinheiten auszunutzen.

Ein PIM SM Netzwerk in PI4MP besteht immer aus einem Routing Point, mehreren Sendern und mehreren Empfängern. Die eigentliche Schwierigkeitssteigerung erfolgt deswegen nicht durch komplexere Netzwerkaufbauten wie in den ersten beiden Algorithmen sondern durch vermehrte Anordnung von Sender und Empfängern.

Um den Aufbau so flexibel wie möglich zu halten, wurden mehrere Methoden implementiert, um schnell und einfach ein Netzwerk aufbauen zu können.

Diese setzen z.B. den Routing Point, hängen Bäume an gegebene Router, erschaffen Sender oder verbinden diese mit Empfängern. Alle instanziierten Objekte werden wie in Abbildung 3 angezeigt an die pimSMPaintArea übergeben, und dort wieder abgefragt.

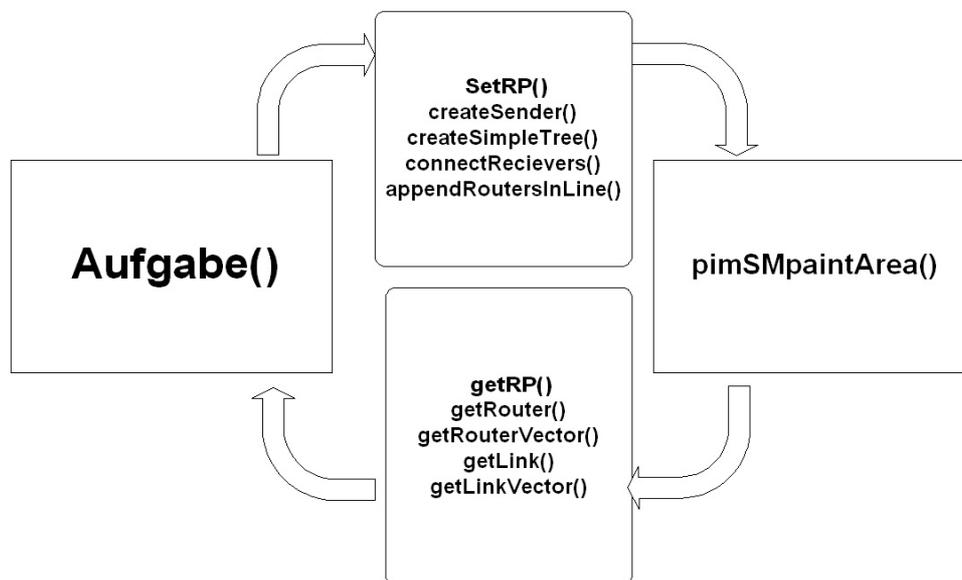


Abbildung 16 : Zusammenwirkung der Einzelteile des Netzwerkaufbaus bei PIM SM

Sobald der Aufbau zu Ende geführt ist, wird die draw() Methode der Zeichenfläche aufgerufen, und das Netzwerk dem Benutzer präsentiert.

5.3.2 Die Aufgabengenerierung

Nach dem der Benutzer den „load test“ Button gedrückt hat, wird ein JFrame instanziiert, welcher das Netzwerk und die Zeichenfläche als Referenz übergeben bekommt und daraufhin die Zufallsparameter der Aufgaben mit Werten füllt.

Die Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Zufallsparameter, mit denen die Aufgaben belegt werden.

Algorithmus	Zufallsparameter
Flooding	Ausgehender / Einkommender Datenverkehr Sendefrequenz Senderunden komplett TTL Zufallsrouter Sender
Reverse Path Broadcasting	Zufallsrouter Sender Sende - Frequenz Prune - Frequenz Senderunden komplett
Protocol Independent Multicast : Sparse Mode	Anzahl Runden Sende - Frequenz

Der als Integer – Wert festgehaltene interne Schwierigkeitsgrad S wird jedoch nicht durch die Zufallsparameter festgehalten sondern nach diesem einfachen Muster erstellt:

$$S = \text{Präfix} + \text{Stufe}$$

Der Präfix gibt die Algorithmusstufe an, d.h. Flooding (10), Reverse Path Broadcasting (20) oder PIM SM (30), Stufe den innerhalb des Algorithmus fortgeschrittenen Schwierigkeitsgrad (1 -5 bzw. 6).

Dieser interne Wert wird benutzt, um die Leistungen des Lernenden auf dem Server dokumentieren und klassifizieren zu können.

Um komplexere Fragestellungen wie z.B. die nach der Gesamtanzahl der versandten Pakete in Multicast und Unicast berechnen zu können, übernimmt der Befragungsassistent die Steuerung über den ausgewählten Algorithmus und lässt ihn - nach dem er einen drawStop auf die Zeichenfläche erwirkt hat - eine ausgewählte Anzahl von Schritten durchführen.

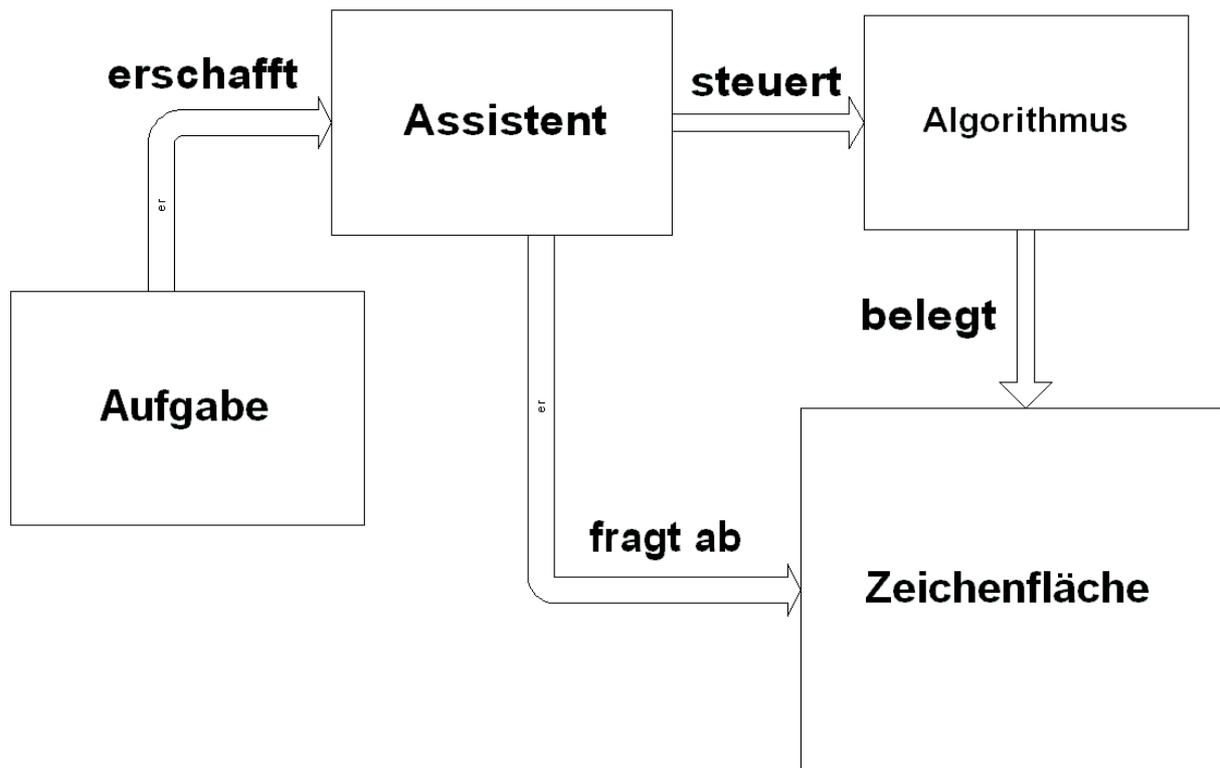


Abbildung 17 : Assistent - Algorithmus Kommunikation

Der Algorithmus führt aus und der Assistent kann die Evaluation der Ergebnisse vornehmen, oder wie bei der Aufgabe zu PIM SM das Ergebnis zur gewählten Runde anzeigen und die nächsten Schritt abfragen.

Der Assistent an sich ist den typischen Microsoft – Wizards nachempfunden und bietet „next“ und „previous“ Buttons um eine Aufgabe vor- oder zurückzuschalten und einen „Finish“ – Button, den man betätigen kann, sobald man mit der Befragung fertig ist.

Nach dem Beantworten der Fragen bekommt der Benutzer seine Resultate zu sehen, und kann diese an den Server übermitteln lassen, um dort seinen Fortschritt zu dokumentieren.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Multicast fällt bei der Bewältigung der Massendatentransfers durch Telefonkonferenzen oder Video-on-demand im Internet eine entscheidende Rolle zu. Nur durch effiziente Routing - Entscheidungen ist das Datenaufkommen der „Heavy – Traffic“ – Anwendungen auch in Zukunft zu verarbeiten.

Die in dieser Arbeit vorgestellten Multicast - Algorithmen wurden erklärt und in ihrer evolutionären Komplexität gegenüber gestellt. Jeder von ihnen eignet sich für spezifische Einsatzzwecke, am meisten angewandt wird jedoch PIM SM.

Laut Mark Handley vom ICIR wird PIM SM von den beiden führenden Herstellern von Netzinfrastruktur, Cisco und Juniper, sehr stark in Intranets eingesetzt, jedoch noch nicht im Internet.

Hier kommt seiner Ansicht nach PIM SSM zum Einsatz – Source Specific Multicast. Dieses Protokoll stellt eine Simplifizierung von PIM SM dar, in dem es die Shared Trees des Routing Points nicht mehr unterstützt, sondern nur noch die Quellen-spezifischen Bäume vom jeweiligen Sender aus³⁷. Der Vorteil ist dadurch der komplette Wegfall des RPs und die daraus resultierende Verkürzung des Delays.

Multicast wird im Internet gebraucht, um eine noch stärkere Belastung der Router zu vermeiden und neue Anwendungsmöglichkeiten zu ermöglichen. Aus diesem Grund ist es wichtig, Multicast anschaulich und erklärend darzustellen. Die Entwicklung dieser Applets hat gezeigt, dass man Multicast attraktiv und spielerisch vermitteln kann um damit die Inhalte der jeweiligen Vorlesung zu vertiefen und auch das Interesse der Benutzer an Multicast zu steigern.

Um den Einstieg noch attraktiver und anschaulicher zu gestalten wäre es lohnenswert die Tutor – Student - Zusammenarbeit zu erhöhen. Nicht nur durch eine Live - Kommunikation sondern auch durch eine eventuell kollaborative Zeichenfläche.

Die in PI4MP vorhandene paintArea ist gut dafür geeignet, einem Studenten den Umgang mit den Multicast – Algorithmen beizubringen - besonders interessant wäre es jedoch, wenn zwei oder mehrere Benutzer zusammen ein Netzwerk erstellen und sich währenddessen verständigen könnten.

Dies würde eine Multiuser - fähige paintArea erfordern – ähnlich dem Whiteboard bei Microsoft Netmeeting – in der die Netzwerke gemeinsam aufgebaut und durch Zeichnungen ergänzt werden könnten.

Im Bereich Algorithmen ist ein Ausbau von PI4MP durch Hinzunahme von neuen Algorithmen sicher am nahe liegendsten. Interessant wäre es, eine XML – Schnittstelle zu entwickeln, über die dann dynamisch bei jedem Start die Algorithmen nachgeladen werden könnten. PI4MP würde sich dann entwickeln von einem Tutoring - System hin zu einem Framework für Routing - Simulationen.

³⁷ Cisco Multicast Training : <ftp://ftpeng.cisco.com/ipmulticast/training>

III Literaturverzeichnis

Adams, Andrew, Nicholas, Jonathan, Siadak, William [PIM – DM, 2003]: Protocol Independent Multicast - Dense Mode (PIM-DM): Protocol Specification (Revised), Internet Draft, IETF, 2003

Almeroth, Kevin C. [Multicast, 1999]: The Evolution of Multicast: From the MBone to Inter-Domain Multicast to Ineternet2 Deployment, University of California, 1999

Bhattacharyya, Supratik, Diot, Christophe et al. [SSM, 2002]: An Overview of Source-Specific Multicast (SSM) Deployment, Internet Draft, 2002

Butenuth, R., Heiß, H.U. [Gruppenkommunikation, 2003]: Skalierbare Gruppenkommunikation in Netzen mit beliebiger Topologie, Tagungsband EMVA (Entwicklung und Management verteilter Anwendungssysteme), Dortmund, Oktober 1995, <http://www.uni-paderborn.de/cs/heiss/cosy/>, letzter Besuch der Seite: April 2003.

CATS – Server Universität Mannheim : Communication and Tutoring System, Universität Mannheim, <http://herodot.informatik.uni-mannheim.de>, letzter Besuch der Seite: April 2003

Cisco Systems Inc. [Multicast Training, 2001] : Cisco Multicast Training Materials, <ftp://ftpeng.cisco.com/ipmulticast/training>, 2001. Letzter Besuch der Seite : April 2003

Dittler, Ullrich [E-Learning, 2000]: E-Learning – Erfolgsfaktoren und Einsatzkonzepte mit interaktiven Medien , 2. Auflage, Oldenbourg, 2000

Effelsberg, Prof. Dr. Wolfgang [Rechnernetze, 2001]: Vorlesungsunterlagen zur Vorlesung Rechnernetze des Lehrstuhls Praktische Informatik IV der Universität Mannheim, Sommersemester 2001.

Effelsberg, Prof. Dr. Wolfgang: Lehrstuhl für Praktische Informatik 4, Universität Mannheim, <http://www.informatik.uni-mannheim.de/informatik/pi4/>, letzter Besuch der Seite: April 2003

Fenner, Bill, Handley, Mark et al. [PIM – SM, 2002]: Protocol Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification (Revised), Internet Draft, IETF, 2002

Gall, Daniel, Trinks Timo [Instruktionsdesign, 2003]: Instruktionsdesign für Multimedia, <http://www.trinks.org/instruktionsdesign/>, letzter Besuch der Seite : April 2003

Giloi, Wolfgang K. [Rechnerarchitektur,1993]: Rechnerarchitektur, 2. Aufl., Springer Verlag Berlin, 1993

Hilt, Volker [Medienströme, 2001]: Netzwerkbasierte Aufzeichnung und Wiedergabe interaktiver Medienströme, Akademische Verlagsgesellschaft Aka GmbH, Berlin, 2001

Hasebrook, Joachim, Otte, Mathias [E-Learning, 2002]: E-Learning im Zeitalter des E – Commerce – die dritte Welle, Huber, Bern,2002

H. Mandl und Reinmann-Rothmeier [Lernumgebungen]: Unterrichten und Lernumgebungen gestalten, Forschungsberichte Nr. 60, 1995

Khazaeli, Cyrus Dominic [Mediendidaktik, 2003]: Vorlesung Mediendidaktik, http://stud.fh-wedel.de/~kh/Mediendidaktik/frameset_14.html, PDF -Dokument, 2002

Kurose, James F. , Ross, Keith W.[Computernetze, 2002]: Computernetze, 2. Aufl. Pearson Studium, Addison-Wesley.

Kuhmüch, Christoph [Videoskalierung, 2001]: Videoskalierung und Integration interaktiver Elemente in Teleteaching Szenarien, Akademische Verlagsgesellschaft Aka GmbH, Berlin, 2001

Liebig, Hans-Christian, Effelsberg, Wolfgang [Communication, 2002]: Seamless Integration of group Communication into an adaptive online exercise system, University of Mannheim, 2002

Lienemann, Gerhard [TCP / IP, 2000]: TCP / IP – Praxis, Dienste, Sicherheit, Troubleshooting, 2. Aufl., Heinz Heise Verlag, 2000

Microsoft Corporation [Encarta, 2003]: Encarta Enzyklopädie 2003, <http://encarta.msn.de>, letzter Besuch der Seite : April 2003

Münz, Stefan [HTML, 2002]: SELFHTML 8.0 – Die Energie des Verstehens, <http://selfhtml.teamone.de>. Letzter Besuch der Seite: April 2003

Simon, Bernd [E-Learning, 2001]: E-Learning an Hochschulen, Josef Eul Verlag, Lohmar, Köln, 2001

Steinmetz , Prof. Dr.-Ing. Ralf [Multimedia-Technologie, 2000] : Multimedia-Technologie – Grundlagen, Komponenten und Systeme, 3. Auflage Springer Verlag, 2000

Schulmeister, Rolf [Lernsysteme, 2003]: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme – Theorie, Didaktik, Design 2. Aufl. Oldenbourg, 2003

Tanenbaum, Andrew [Computernetzwerke, 2000]: Computernetzwerke, 3.Aufl., München, Haar, London, Mexiko, New York, Singapur, Sydney, Toronto: Prentice Hall, 2000.