

Berichte aus der Telematik

Oliver Stanze

**Multicast-Routing in
mobilen Ad-hoc-Netzen**

Shaker Verlag
Aachen 2007

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 2007

Copyright Shaker Verlag 2007

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6614-1

ISSN 0948-700X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Multicast-Routing in mobilen Ad-hoc-Netzen

Oliver Stanze

In den letzten Jahren haben sich mobile Ad-hoc-Netze (MANET) zu einem viel beachteten Forschungsgebiet der Mobilkommunikation entwickelt. Ein MANET ist ein draht- und infrastrukturloses Netz, das nur aus Endgeräten besteht und spontan gebildet werden kann. In einem MANET leiten Endgeräte Datenpakete für andere Endgeräte weiter. Dies erfordert den Einsatz spezieller Routingprotokolle um, trotz fehlender Infrastruktur, eine Kommunikation zwischen Endgeräten zu ermöglichen, die sich nicht in gegenseitiger Funkreichweite befinden. Aufgrund der fehlenden Infrastruktur und der spontanen Bildung erfordert ein MANET einen hohen Grad an Selbstorganisation.

Die Einsatzgebiete für ein MANET reichen von militärischen Anwendungen über den Einsatz in Katastrophenszenarien bis in den Heimbereich. Viele der möglichen Anwendungen in diesen Szenarien sind dadurch gekennzeichnet, dass ein Sender gleichzeitig eine Nachricht an mehrere Empfänger senden muss. Beispielsweise könnte in einem Katastrophenszenario ein Mitglied eines Suchtrupps eine Nachricht an alle Ärzte senden und damit um Hilfe bitten. Zielsetzung dieser Arbeit ist es, mit Hilfe von Multicast-Routing eine effiziente und robuste Realisierung dieser 1:n Kommunikation zu realisieren.

Diese Zielsetzung führte zur Entwicklung des ADAMA-Protokolls (Adaptive Multicast for Mobile Ad hoc Networks). Der Entwicklung von ADAMA ging eine umfangreiche Analyse der vorhandenen Multicast-Routingprotokolle für MANETs [1] voraus. Dazu wurden mehrere Multicast-Routingprotokolle im Simulator implementiert und deren Leistungsfähigkeit in unterschiedlichen Szenarien evaluiert. Das wesentliche Ergebnis dieser Analyse war, dass die analysierten Protokolle die Anforderungen nach Effizienz und Robustheit, wenn überhaupt, dann nur in dedizierten Szenarien erfüllen können, nicht aber in beliebigen Szenarien. Der Grund dafür ist, dass diese Protokolle unabhängig vom betrachteten Szenario immer die gleichen Protokollmechanismen bzw. -parameter verwenden. Die Analyse hat aber gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit von Protokollmechanismen bzw. -parametern szenarioabhängig ist. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Gruppendichte, die den Anteil der Knoten widerspiegelt, die Mitglied in der betrachteten Multicast-Gruppe sind, einen wesentlichen Einfluss darauf besitzt, welche prinzipiellen Ansätze zur Weiterleitung von Multicast-Datenpaketen geeignet sind. Gruppenspezifische Ansätze, die für jede Multicast-Gruppe eine eigene Verteilstruktur erzeugen, eignen sich gut bei geringer Gruppendichte. Dagegen sind gruppenneutrale Ansätze besonders bei mittlerer und hoher Gruppendichte geeignet. Die Mobilität innerhalb des MANETs hat dagegen einen signifikanten Einfluss auf die Wahl von sinnvollen Werten für Protokollparameter, wie z.B. für periodische Update-Intervalle. Dies basiert darauf, dass zahlreiche Protokollmechanismen so genannte Soft-States zur Speicherung von Zustandsinformationen verwenden. Soft-States sind Zustandsinformationen, denen eine bestimmte Gültigkeitsdauer zugeordnet ist. Die Gültigkeitsdauer vor Ablauf nicht aufgefrischt, so wird die entsprechende Zustandsinformation gelöscht. Die Auffrischung erfolgt dabei im Allgemeinen in den angesprochenen periodischen Update-Intervallen. Die optimalen Werte für diese Update-Intervalle sind abhängig von der Mobilität. Ist das Update-Intervall zu lang, werden Topologieänderungen nur sehr langsam erkannt. Ein zu kurzes Update-Intervall hat dagegen zu Folge, dass unnötig häufig Auffrischungen durchgeführt werden, wodurch ein hoher Kontrollaufwand entsteht. Alle in der Literatur vorgestellten Multicast-Routingprotokolle verwendeten von der Mobilität unabhängige, konstante Update-Intervalle. Dies hat im Allgemeinen zur Folge, dass die Anzahl von Paketverlusten mit zunehmender Mobilität ansteigt.

Die Szenarioabhängigkeit von Protokollmechanismen und –parametern hat bei der Entwicklung von ADAMA zur Verwendung eines adaptiven Ansatzes geführt. ADAMA passt sich an Gruppendichte und Mobilität an, indem es für die aktuelle Situation passende Protokollmechanismen bzw. –parameter auswählt. Aufgrund der fehlenden Infrastruktur in einem MANET, müssen die einzelnen Knoten diese Anpassung völlig selbstständig durchführen können. Dafür müssen sie einerseits die Gruppendichte und die Mobilität selbstständig bestimmen und andererseits auf Basis der ermittelten Werte geeignete Protokollmechanismen bzw. –parameter auswählen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Verfahren entwickelt, die dies ermöglichen.

Um sich an die Gruppendichte anpassen zu können, stellt ADAMA für jede Multicast-Gruppe zwei unterschiedliche Weiterleitungsmodi zur Verfügung: Sparse Mode und Dense Mode. Der Sparse Mode basiert auf einem gruppenspezifischen Ansatz und ist für den Einsatz bei geringer Gruppendichte optimiert. Der Dense Mode verfolgt einen gruppenneutralen Ansatz und ist damit bei mittlerer und hoher Gruppendichte geeignet. Die Berechnung der Metrik für die Gruppendichte, auf deren Basis die Entscheidung für einen der beiden Weiterleitungsmodi getroffen wird, basiert auf dem Verhältnis von der Anzahl der Gruppenmitglieder und der Anzahl der zum Messzeitpunkt an der Weiterleitung beteiligten Knoten. Die Metrik wird passiv, d.h. ohne das Versenden von zusätzlichen Kontrollnachrichten, bestimmt. Dadurch wird zusätzlicher Kontrollaufwand eingespart. Zu Beginn der Kommunikation wird für eine Multicast-Gruppe immer der Sparse Mode verwendet. Überschreitet der gemessene Metrikwert für die Gruppendichte einen bestimmten Grenzwert, dann wird in den Dense Mode gewechselt. Im Dense Mode wird weiterhin kontinuierlich die Gruppendichte bestimmt. Fällt diese unterhalb eines zweiten Grenzwertes ab, dann wird in den Sparse Mode zurückgewechselt. Simulationen haben gezeigt, dass dieser Mechanismus auch bei variierenden Gruppendichten eine zuverlässige Bestimmung des optimalen Weiterleitungsmodus ermöglicht. Im Vergleich zu bereits existierenden Protokollen, kann bei gleicher Robustheit die Größe der Verteilstruktur bei geringer und hoher Gruppendichte um bis zu 50% verringert werden.

Die Anpassung an die Mobilität im MANET erfolgt bei ADAMA mit Hilfe des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Konzepts der mobilitätsadaptiven Selbstparametrisierung [2]. Dabei werden die vom Sparse Mode und Dense Mode verwendeten Protokollmechanismen vom Knoten mit zur aktuellen Mobilität passenden Werten dynamisch parametrisiert. Die Mobilität wird dabei mit Hilfe der eigens entwickelten Mobilitätsmetrik MARVIN (MANET Relative Velocity Indicator) bestimmt. Wie auch die Metrik zur Bestimmung der Gruppendichte wird MARVIN passiv ermittelt. MARVIN basiert auf einer normierten Anzahl von Nachbarschaftsänderungen innerhalb eines konstanten Zeitintervalls. Nach der Bestimmung des MARVIN-Wertes wird mit Hilfe einer für den zu parametrisierenden Protokollmechanismus spezifischen Funktion, der ermittelte MARVIN-Wert auf einen Parameterwert abgebildet. Der Einsatz der mobilitätsadaptiven Parametrisierung ist nicht auf ADAMA beschränkt. Aufgrund eines modularen Designs kann das Konzept auch von anderen Protokollen verwendet werden. Es konnte gezeigt werden, dass durch die mobilitätsadaptive Selbstparametrisierung das bereits erwähnte Ansteigen der Paketverluste bei zunehmender Mobilität fast völlig verhindert werden kann.

Durch die adaptive Wahl des Weiterleitungsmodus und die mobilitätsbasierte Selbstparametrisierung kann mit ADAMA eine effiziente und robuste Multicast-Kommunikation in beliebigen Szenarien realisiert werden.

- [1] Oliver Stanze und Martina Zitterbart, Multicast-Routing in mobilen Ad-hoc-Netzwerken, Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (PIK), Themenheft, Dezember 2003
- [2] Oliver Stanze, Martina Zitterbart und Christian Koch, Mobility Adaptive Self-Parameterization of Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks, IEEE Wireless Communication and Networking Conference (WCNC), April 2006