

Eine Architektur zur kontextsensitiven Dienstvermittlung auf Routingebene

Maik Debes und Jochen Seitz

Technische Universität Ilmenau
maik.debes | jochen.seitz@tu-ilmenau.de

Abstract: Durch die sich seit den letzten Jahren vollziehende Konvergenz der Netze entsteht ein Bedarf nach neuen Methoden zur Dienstsuche. Diese müssen so gestaltet sein, dass sowohl Ad-hoc- als auch Infrastrukturnetze unterstützt werden. Daneben forciert der gegenwärtige Trend zum ubiquitären und pervasiven Computing die Forderung nach Dienstangeboten, die individuell auf die Bedürfnisse einzelner Nutzer angepasst sind. Im folgenden Artikel wird eine Architektur vorgestellt, die beide Anforderungen erfüllt. Realisiert wird dies mit Hilfe des kontextsensitiven Routings. Dazu erfolgt die Dienstsuche und -vermittlung in Abhängigkeit des Nutzerkontextes auf Netzwerkebene.

1 Einleitung

Das Angebot von Kommunikations- und Informationsdiensten richtet sich einerseits nach den individuellen Bedürfnissen der Nutzer, andererseits aber auch nach den Möglichkeiten der verwendeten Netztechniken. Um einen optimal auf den Nutzer angepassten Dienst bereitstellen zu können, muss dessen Kontext berücksichtigt werden. Ein Dienstzugriff soll dabei möglichst flexibel und unabhängig vom Netz erfolgen. Den mobilen Zugriff auf solche Dienste können Infrastrukturnetze, durch ihre Topologie bedingt, nicht überall bedienen. Mobile Ad-hoc-Netze sind dagegen an keine Infrastruktur gebunden und deshalb sehr flexibel einsetzbar. Durch deren dynamische Topologie ergeben sich jedoch gegenüber den herkömmlichen Netzen auch spezielle Anforderungen an die Routen- und Dienstsuche. Konventionelle Verfahren sind hierbei in der Regel weder nutzbar, noch für einen Einsatz in heterogenen Umgebungen geeignet. Gerade mit der fortschreitenden Konvergenz der Netze ist aber eine netzübergreifende Lösung unumgänglich.

Aktuelle Verfahren zur Dienstsuche in Ad-hoc- und Infrastrukturnetzen (z. B. [Edw06, Ren07]) können diesen Anforderungen jedoch nicht genügen. Auch der in [LDS05] vorgestellte zentrale Ansatz ist für Ad-hoc-Netze nur bedingt geeignet. Für diese Netze ist eine Dienstsuche und -vermittlung auf Routingebene vorteilhaft. Ein entsprechender Vorschlag diesbezüglich wurde bereits in [DS03] unterbreitet. Dem folgend werden so genannte Kontextrouter, die Informationen über zur Verfügung stehende Dienste besitzen, in das Netzwerk integriert, die somit die Dienstvermittlung übernehmen können. Um den Nutzer einen auf ihn optimal angepassten Dienst anbieten zu können, wird auch dessen Kontext

bei der Auswahl berücksichtigt. Dementsprechend wird das Verfahren als kontextsensitives Routing bezeichnet. Es handelt sich hierbei um eine Form der Wegewahl in einem paketvermittelten Netzwerk, bei der die Entscheidung für einen Weg (Route) zu einem dienst anbietenden Netzknoten (Server) in Abhängigkeit von dem gesuchten Dienst und den zu seiner Erbringung vom dienstsuchenden Netzknoten (Client) bereitgestellten Kontexttypen erfolgt. Dazu wurde ein Architekturkonzept entwickelt, das in Abschnitt 2 vorgestellt wird. Zentrales Element bildet hierbei der Kontextrouter. Die zugehörigen Kommunikationsprozesse werden in Abschnitt 3 erläutert. Außerdem wurde die Architektur in Form eines Demonstrators praktisch umgesetzt. Abschnitt 4 gibt dazu einen Einblick. Abschließend erfolgt in Abschnitt 5 eine Zusammenfassung.

2 Architektur

Die Funktion der Routingarchitektur wird durch Abbildung 1 illustriert. Das Netzwerk umfasst dort beispielhaft drei Subnetze, die über den Kontextrouter miteinander verbunden sind. Bei den Servern können im Wesentlichen drei Typen unterschieden werden. Zum einen gibt es die herkömmlichen Server (Server 2), die keine kontextsensitiven Dienste anbieten. Des Weiteren werden Server (Server 5), die sowohl kontextsensitive als auch herkömmliche Dienste unterstützen, und letztlich solche (Server 1, 3, 4), die ausschließlich kontextsensitive Dienste bereitstellen, unterschieden. Server, die die kontextsensitive Routingarchitektur nutzen wollen, müssen ihre Dienste unter Angabe der unterstützten Kontexttypen beim Kontextrouter registrieren.

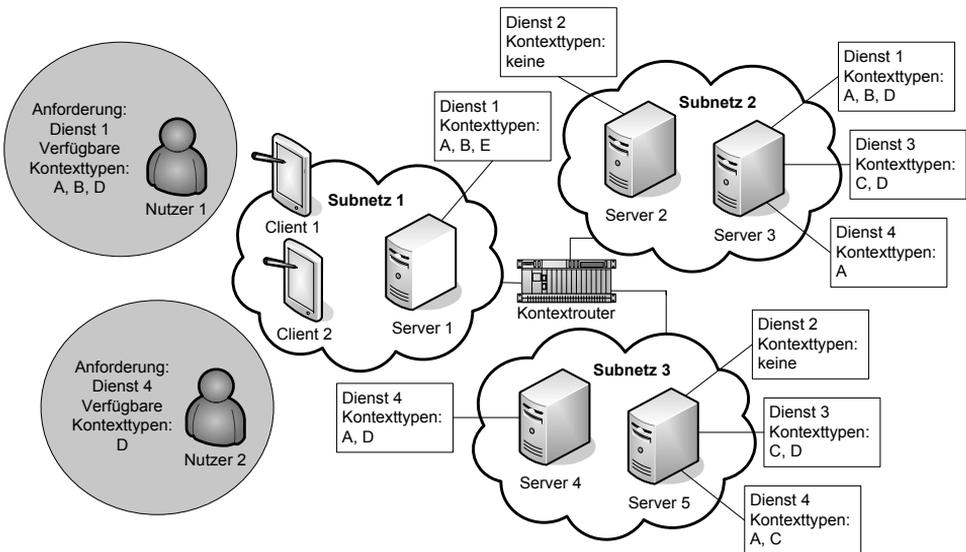


Abbildung 1: Die Komponenten der kontextsensitiven Routingarchitektur

Zur Suche nach einem kontextsensitiven Dienst wird eine Anfrage an den Kontextrouter gesendet. Die Anfrage enthält neben dem gesuchten Dienst auch die vom Client bereitgestellten Kontexttypen. Der Kontextrouter wertet anhand dieser Informationen aus, welcher Server als Diensterbringer in Frage käme. Wurde ein passender Server gefunden (Nutzer 1 \Rightarrow Server 3, Nutzer 2 \Rightarrow Server 4) und dieser durch den jeweiligen Client bestätigt, sendet der Router die nun folgenden zur Dienstkommunikation gehörenden Daten direkt an den Server weiter. Er arbeitet damit im weiteren Verlauf der Kommunikation als Proxy zwischen Client und Server.

Vorteilhaft bei dieser Proxykommunikation ist, dass sofort auf Serverausfälle reagiert werden kann. Ist ein Server nicht mehr erreichbar, kann der Router anhand der gespeicherten Daten einen alternativen Server auswählen, der aber den gleichen Dienst anbieten muss. Man könnte die Flexibilität des Systems so weit erhöhen, sodass in bestimmten Abständen überprüft wird, ob der verwendete Server noch optimal für die aktuell zu berücksichtigenden Kontexttypen ist oder ob ein anderer Server bessere Ergebnisse liefert. Tritt dieser Fall ein, wird zu dem anderen Server gewechselt. Damit erhält der Nutzer immer den für ihn am besten angepassten Dienst. Der Server bleibt für den Nutzer zu jedem Zeitpunkt „unsichtbar“. Da der gesamte Verkehr der Kommunikation über den Router geführt wird, kann dieser auch Verwaltungs- und Monitoringfunktionen (z. B. Funktionen zum Abrechnungsmanagement) übernehmen. Die Kommunikationsabläufe werden im Abschnitt 3 detaillierter behandelt.

3 Kommunikationsprozesse

Der Kontextrouter stellt das zentrale Element in der Routingarchitektur dar. Hier werden die kontextsensitiven Server registriert, Anfragen von Clients beantwortet und die Kommunikation zwischen Client und Server verwaltet. Damit ein Netzknoten die Funktionen des Kontextrouters in Anspruch nehmen kann, muss ihm dessen IP-Adresse bekannt sein. Diese wird periodisch mit Advertisement-Paketen im Netz veröffentlicht. Es besteht jedoch immer die Wahrscheinlichkeit, dass ein Knoten auch innerhalb des Zeitraumes zwischen zwei Advertisements die Adresse eines Kontextrouters (z. B. bei Neustart) benötigt. Diese kann dann mit einem Solicitation angefordert werden.

Die Server registrieren nach erfolgreicher Authentifizierung ihre Dienste und die von diesen unterstützten Kontexttypen auf dem Kontextrouter. Die Anfrage nach einem kontextsensitiven Dienst erfolgt dann mit einem erweiterten AODV-RREQ vom Client aus. AODV wurde deshalb als Basis gewählt, weil für dieses Protokoll diverse Implementierungen existieren und die Spezifikation Möglichkeiten für Erweiterungen bietet. Es ist eines der wenigen Ad-hoc-Netz-Protokolle, das standardisiert ist (RFC 3561 [BRPD03]) und an dem auch nach [CG07] aktiv noch entwickelt wird. Zur Erweiterung wird das Optionen-Feld des AODV-Paketes (siehe Abbildung 2) genutzt, um den Dienst (*Service*), zur Verfügung stehende Kontexttypen (gesetztes *F*-Flag in *Ct*) und die Priorität (*P*) des jeweiligen Kontexttyps zu übertragen. Im Anschluss daran erfolgt ein Vergleich mit den beim Router registrierten Diensten. Über eine entsprechende Auswahllogik wird dann entschieden, welcher Server den geeignetsten Dienst anbietet. Hierfür legt der Kontextrouter

eine interne Reihenfolge – eine „Serrangliste“ – für infrage kommende Server fest. In [Deb07] werden dazu drei Algorithmen vorgestellt. Ist eine Auswahl getroffen worden, sendet der Router ein erweitertes AODV-RREP an den Client zurück, das entweder den am besten geeigneten Server mit den dort unterstützten Kontexttypen enthält oder die Anfrage negativ beantwortet. Eine wiederholte Anfrage durch den Client ist dann möglich, wenn der Nutzer den vorgeschlagenen Server nicht in Anspruch nehmen will. Aktuell werden mit den vorgeschlagenen Paketformaten 100 Kontexttypen unterstützt, denen jeweils eine Priorität zwischen 0 und 7 zugeordnet werden kann. Mit Hilfe des neu eingeführten *No Alternatives*-Flag, welches im AODV-Paket-Header integriert wurde, wird dem Client angezeigt, ob beim Kontextrouter weitere alternative Server registriert sind.

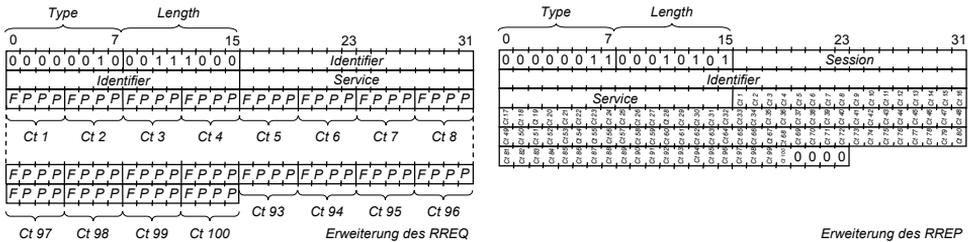


Abbildung 2: Optionen-Felder der erweiterten AODV-Pakete

Mit dem Antwortpaket sendet der Router einen Identifikator (*Identifier*) und eine Sitzungsnummer (*Session*) an den Client. Gleiche Identifikatoren können für verschiedene IP-Interfaces von Clients vergeben werden, müssen aber in der Kombination mit dem jeweiligen IP-Interface der Clients eineindeutig sein. Hier wird die IP-Adresse des ausgewählten Servers verwendet. Anhand dieses Identifikators kann eine spätere Zuordnung zwischen Client und Server erfolgen. Unproblematisch ist eine „parallele“ Kommunikation für zwei Dienste von einem Client aus zu ein und demselben Server, da die Anwendungskommunikation auf höheren Schichten erfolgt. Wird eine wiederholte Anfrage nach dem gleichen Dienst vom selben Client aus gesendet, so wird ihm dieselbe Antwort wie bei einer Erstanfrage geschickt, da davon auszugehen ist, dass das vorhergehende RREP-Paket verloren gegangen ist. Die Sitzungsnummer wird zur Unterstützung des Rerouting benötigt. Die Serrangliste besitzt eine begrenzte „Lebensdauer“.

Erhält der Router ein RREQ ohne Kontexterweiterung, behandelt er diese Anfrage wie ein herkömmliches Routingpaket. D. h., es wird auf das Paket mit einem RREP geantwortet, sofern die Route zum Ziel bekannt ist. Ist dies nicht der Fall, wird das RREQ-Paket mit einem Broadcast an die benachbarten Knoten weitergeleitet.

Hat der Client die Antwort des Kontextrouters empfangen und den ausgewählten Server akzeptiert, kann er die Kommunikation mit ihm initiieren. Der Client sendet die Daten weiterhin an den Kontextrouter und dieser leitet sie an den entsprechenden Server weiter. Abbildung 3 beschreibt dieses Szenario. Empfängt der Kontextrouter ein IP-Paket, ordnet er dies anhand der Quelladresse und des mit dem Client für diese Kommunikation vereinbarten Identifikators dem gewünschten Zielservers zu. Danach wird die Adresse des IP-Paketes ausgetauscht. Das Paket erhält nun als Ziel die Adresse des Servers. Der Identifikator wird ebenfalls ersetzt. Als Identifikator wird hier die IP-Adresse des Clients

verwendet. Mit diesem Identifikator werden schließlich die vom Server zurückgesendeten Pakete eindeutig dem entsprechenden Client zugeordnet. Erhält der Kontextrouter ein solches IP-Paket von einem Server, wird dieses direkt an den Client weitergeleitet. Kann der ursprünglich ausgewählte Server nicht mehr erreicht werden, werden alle zugehörigen Tabelleneinträge gelöscht. Alternativ kann der Kontextrouter die folgende Kommunikation auch auf einen gleichwertigen Server, d. h. der den gleichen Dienst unterstützt, umleiten bzw. „rerouten“. Problematisch ist an dieser Stelle, dass die bis dahin empfangenen Informationen und aufgenommenen Kontextinformationen verloren sind, wie auch in [Ren06] schon beschrieben wurde. Bei einigen kontextsensitiven Diensten könnte dies zu Problemen führen. Da es von der Anwendung abhängig ist, ob die „historischen“ Daten benötigt werden, verbleibt die Entscheidung über ein Rerouting beim Client. So kann dieser schon mit dem Senden des erweiterten RREQ durch Setzen eines Flagbits angeben, ob auf einen alternativen Server umgeleitet werden darf. Die Sitzungsnummer wird für das Rerouting benötigt, damit durch den Kontextrouter eine eindeutige Zuordnung zur jeweiligen Kommunikation erfolgen kann.

Identifikatoren müssen nicht die IP-Adressen der beteiligten Netzknoten repräsentieren, eignen sich hier aber besser zur Verwaltung einer Blacklist beim Client. Mit dieser können unerwünschte Server ausgeschlossen werden.

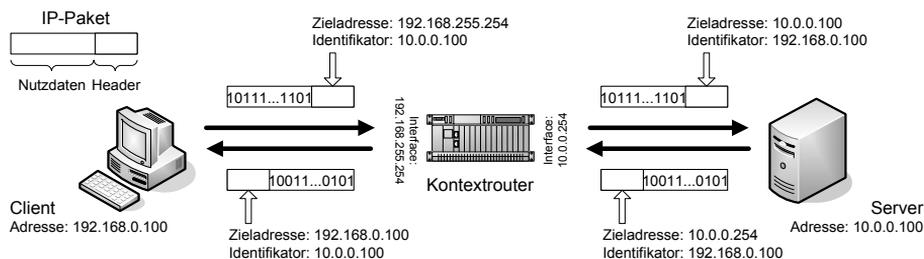


Abbildung 3: Weiterleitung durch den Kontextrouter

Erhält der Kontextrouter ein (ungültiges) IP-Paket, welches zwar an ihn adressiert ist, er aber keine Zuordnung zwischen Absender-IP-Adresse und Identifikator besitzt, wird dieses Paket verworfen. Das gilt sowohl für Pakete, die vom Client als auch für solche die vom Server gesendet wurden. Eine darüber hinausgehende Reaktion des Kontextrouters ist nicht notwendig. IP-Pakete, deren Optionen keinen Identifikator enthalten, werden als reguläre Daten wie bei einem herkömmlichen Router weitergeleitet.

Für die Übertragung des Identifikators und der Sitzungsnummer während der Kommunikation wird sowohl auf der Teilstrecke Client–Router als auch auf der Teilstrecke Router–Server das beim IPv4 vorgesehene Feld für Optionen genutzt. Wenn als Identifikatoren, wie hier vorgeschlagen, die IP-Adressen verwendet werden, erübrigt sich eine Kontrolle für eine doppelte Vergabe.

Das hier vorgestellte Modell des Kontextrouters kann natürlich noch erweitert werden. So ist es beispielsweise vorstellbar, dass auch eine Liste alternativer Kontextrouter vorgehalten wird. Diese können wiederum ihr Wissen über kontextsensitive Server austauschen. Damit wäre es dann auch möglich, Anfragen, die von einem Kontextrouter nicht beant-

wortet werden können, an einen anderen Kontextrouter weiterzuleiten. Daneben sind auch Strategien zur Last- und Funktionsteilung denkbar. Die Liste könnte noch beliebig fortgeführt werden und ist Thema zukünftiger Forschungsarbeiten.

4 Implementierung

Aktuell existiert am Fachgebiet Kommunikationsnetze ein Demonstrator, mit dessen Hilfe oben beschriebene Architektur realisiert wurde. Dieser umfasst einen Kontextrouter, der drei Netzwerke miteinander verbindet. Er bietet Interfaces sowohl für IP-Infrastruktur als auch für Ad-hoc-Netze. Der Kontextrouter wurde mit dem Software-Werkzeug Click [CMR07] realisiert. Die Client-Implementierungen basieren auf AODV-UU [Nor07]. Der Server benötigt keine erweiterten Netzfunktionen. Eine Testanwendung konnte deshalb in C realisiert werden. Die Funktionsfähigkeit der Architektur konnte mit diesem Demonstrator erfolgreich überprüft werden.

5 Zusammenfassung

Die hier vorgestellte Architektur erfüllt alle in Abschnitt 1 beschriebenen Anforderungen. Das hierbei umgesetzte kontextsensitive Routing ermöglicht eine Dienstvermittlung auf Netzwerkebene. Es werden sowohl Ad-hoc-Netze als auch heterogene Netzwerkumgebungen unterstützt. Das kontextsensitive Routing ist lediglich auf die Netzfunktionen beschränkt. Die Architektur fügt sich damit in aktuelle Standards ein, sodass eine Interoperabilität bzw. Kompatibilität zu herkömmlichen Netzwerkprotokollen und -verfahren zur Dienstsuche besteht. Für die höheren Protokollschichten, die Ende-zu-Ende-Funktionen erfüllen, ist sie vollkommen transparent. Dem Provider wird durch den Einsatz der Proxykommunikation die Möglichkeit geboten, den Datenaustausch z. B. für Abrechnungszwecke zu verfolgen. Das kontextsensitive Routing ist vollkommen unabhängig von der eigentlichen Dienstleistung, da alle Anwender weiterhin über IP kommunizieren. Durch die Möglichkeit des Einsatzes mehrerer Kontextrouter innerhalb einer administrativen Domäne kann die Robustheit gesteigert werden. Gerade in Ad-hoc-Netzen ist dies von Vorteil. Alle dargestellten Funktionen sind auch mit IPv6 realisierbar, sodass das die vorgeschlagene Architekturkonzept auch zukünftige Anwendungen unterstützt.

Literatur

- [BRPD03] E. M. Belding-Royer, C. E. Perkins und S. R. Das. RFC 3561: Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. Request for Comments 3561, Network Working Group, Juli 2003. Category: Experimental.
- [CG07] M. Conti und S. Giordano. Multihop Ad Hoc Networking: The Theory. *IEEE Communications Magazine*, 45(4):78–86, April 2007.

- [CMR07] The Click Modular Router Project. <http://pdos.csail.mit.edu/click/>, Februar 2007.
- [Deb07] M. Debes. Kontextsensitives Routing: Architekturkonzept. Fachpublikation – Forschungsbericht, Digitale Bibliothek Thüringen, <http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=8273>, Juni 2007.
- [DS03] M. Debes und J. Seitz. Context-Sensitive Routing in Mobile and Ad-Hoc Networks. In 48. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK 2003, Ilmenau, Germany, 22.–25. September 2003. Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Technische Universität Ilmenau (Thüringen).
- [Edw06] W. K. Edwards. Discovery Systems in Ubiquitous Computing. *IEEE Pervasive Computing – Mobile and Ubiquitous Systems*, 5(2):70–77, April–Juni 2006.
- [LDS05] A. Lewandowska, M. Debes und J. Seitz. An Architecture for Context-Sensitive Telecommunication Applications. In J. Cordeiro, V. Pedrosa, B. Encarnacao und J. Filipe, Hrsg., *WEBIST – 2005 First International Conference on Web Information Systems and Technologies*, Seiten 40–47, Miami, USA, May 26 – 28 2005. Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication (INSTICC), INSTICC PRESS. ISBN 972-8865-20-1.
- [Nor07] E. Nordström. AODV-UU (Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing – For real world and simulation). Bericht, Uppsala University, Department of Information Technology, Uppsala, Schweden, Dezember 2007. <http://core.it.uu.se/core/index.php/AODV-UU>.
- [Ren06] K. Renhak. Router mit Kontextwissen. Studienarbeit, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Kommunikationsnetze, Ilmenau, August 2006.
- [Ren07] K. Renhak. Service-Discovery-Protokolle. Hauptseminar, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Kommunikationsnetze, Ilmenau, April 2007.