

# Terminoden bauen anarchische Netze

Am Departement für Kommunikationssysteme der ETH Lausanne hat man sich dem Aufbau selbstorganisierender, mobiler WAN verschrieben. Sogenannte **Terminoden** sollen die «anarchischen» Netze möglich machen.

Erscheinungsdatum: 02.06.2000, Computerworld CH  
Rubrik: CWSpezial  
Autor: Daniel Meierhans

Drahtlose Wide Area Netzwerke (WAN), wie wir sie heute kennen, sind stark strukturiert. Ein festes Netz von Sender/Empfängeranlagen sichert den Zugang zu einem verdrahteten Rückgrat. Dabei erledigen Server, Router und Switches den grössten Teil der Netzwerkfunktionen zentral. Ein Forschungsteam des Departements für Kommunikationssysteme der ETH Lausanne versucht nun den Aufbau sich selber organisierender, mobiler WAN, die ohne zusätzliche Infrastruktur funktionieren, den heutigen Sicherheitsansprüchen genügen, alle Funktionen, die Anwender von einem Netzwerk erwarten, bieten und auf mehrere Millionen Teilnehmer skalierbar sind.

Die Lausanner Forscher unter der Leitung von Jean-Pierre Hubaux und Martin Vetterli sehen in solchen anarchischen, ohne äussere Kontrolle funktionierenden Netzen auch ein demokratisches Instrument: Keine staatliche oder wirtschaftliche Macht, so meinen sie, könne in einem solchen Netzwerk in den freien Fluss der Information eingreifen.

Das eben gestartete Projekt erstreckt sich über einen Zeitrahmen von zehn Jahren bis ins Jahr 2010 und stellt die Wissenschaftler vor allem vor technische Herausforderungen. Denn die Lausanner können nur bedingt auf herkömmliche Technologien zurückgreifen, weil diese zwingend vom Einsatz stationärer Basisstationen ausgehen. Die mobilen Ad-Hoc WAN (MA-WAN) – so nennen die Forscher ihr Konzept – sollen aber einzig auf den sogenannten Terminoden beruhen: Kleine mobile Geräte, die, der Name sagt es, sowohl Terminal als auch Netzwerkknoten (Node) sind. In ihnen müssen alle Netzwerkfunktionen wie Routing- und Switching-Fähigkeiten sowie Serverleistungen, die in konventionellen Netzen die stationären Knoten übernehmen, untergebracht sein. Oder einfacher gesagt: Sämtliche relevanten Netzwerkinformationen müssen über das gesamte Netz hinweg verteilt sein, denn Terminoden werden dereinst Handgeräte mit entsprechend begrenzter Speicherkapazität sein. Trotzdem werden nach der Vision des Lausanner Teams nicht alle Terminoden identisch sein. Einige könnten, sozusagen im Dienst der Allgemeinheit, zusätzliche Speicher- oder Netzwerkaufgaben übernehmen.

## Wer und wo bist Du?

Eine erste Herausforderung auf dem Weg zu einem MA-WAN ist die eindeutige Addressierung und Lokalisierung der einzelnen Geräte, ohne die ein gezielter Informationsaustausch nicht möglich ist. Zusätzlich zur herkömmlichen IP-Adresse (Internet Protocol) sehen die Forscher die Notwendigkeit einer gerätespezifischen **Terminoden**-Identifikation (TI) und einer ortsabhängigen Adresse (OA). Während erstere analog zu der in Ethernet-Netzen gebräuchlichen MAC-Adresse (Media Access Control) während der Herstellung in das Gerät gebrannt werden kann, ist für die zweite heute noch kein Vorbild greifbar. Denkbar wäre eine Anbindung an das Satelliten gestützte Global Positioning System (GPS). Die durch GPS gelieferten Koordinaten könnten Grundlage der OA sein. Ein weiterer Ansatz wäre etwa Selbstorganisation der Elemente, indem die **Terminoden** zum Beispiel ihre relativen Positionen zueinander anhand der Signalstärke von Test-Nachrichten festlegen.

## Sozial-orientiert

Die Daten selber werden in einem MA-WAN quasi hüpfenderweise über eine Kette von Geräten übertragen, bis sie an ihrem Bestimmungsort angekommen sind. Um in einem MA-WAN den «besten» Weg zu finden, muss nicht nur das Optimum von Distanz, Energieverbrauch und Datenverkehr bestimmt werden. Ein anarchisches Netz muss auch die

Zuverlässigkeit der einzelnen Knoten berücksichtigen. Den Lausannern schwebt dabei ein «sozial-orientiertes» Modell vor, in dem sich der Sender «Freunde» sucht, von denen er aus Erfahrung weiss, dass der Datenverkehr über sie funktioniert, sicher und zuverlässig ist. In grossen MA-WAN ist zudem die Definition virtueller, geographischer Räume denkbar. Über weite Strecken wird so zuerst die grobe virtuelle Region angesteuert, in der dann die Feinverteilung via lokaler Nachbarschaftsbeziehungen erfolgt. Alle diese Formen von Mobility-Management bedingen allerdings, dass die Benutzer ihre Geräte auch bei Nichtgebrauch eingeschaltet lassen und die Mobilität der Teilnehmer nicht zu gross ist. Nur so kann die Funktionsfähigkeit des Netzes aufrecht erhalten werden.

Als Kernmodule innerhalb der einzelnen **Terminoden** würden geprüfte und gesicherte Smart-Cards, wie die SIM-Karte in heutigen Handys, das Weiterleiten der Informationspakete steuern. Sie könnten auch zur Verschlüsselung der Nachrichten mittels eines Public-Key-Verfahrens verwendet werden.

Zur Realisierung des ambitionierten Projekts werden die Lausanner mit anderen Hochschulen insbesondere mit Thomas Gross von der ETH Zürich zusammenarbeiten. Die Schweizer sind aber nicht die einzigen, die sich mit der Entwicklung von MA-WAN befassen. Neben Arbeitsgruppen an grossen US-Universitäten wie dem Massachusetts Institute of Technology (MIT), der Carnegie Mellon Universität und Stanford arbeiten auch Forschungslaboratorien der Industrie (etwa Lucent Tecnology, Sun Microsystems, Microsoft und Motorola) an verwandten Projekten. Schliesslich hat die Internet Engineering Task Force (IETF), eine Protokoll-Wächterin des Internets, durch ihre Mobile-Ad-Hoc-Networks-Arbeitsgruppe (MANET) Routing-Protokolle für Netzwerke bis zu einer Grösse von wenigen hundert Routern spezifiziert.

### **Sinn und Zweck**

Das grösste Hindernis für solche Netzwerke könnte das Fehlen von Geschäftsmodellen in diesem Umfeld sein. Heute verdienen Firmen ihr Geld im Internet mehr schlecht als recht, indem sie Gebühren für ihre Dienstleistungen erheben. Wieso soll ein Anwender aber seinen **Terminoden** zur Verfügung stellen, damit ein kommerzieller Anbieter Inhalte über seine private Infrastruktur verschicken kann? Auch zu diesen Fragen hat sich die Arbeitsgruppe um Hubaux Gedanken gemacht: Ein Belohnungssystem, mit dem jeder Terminode, der an einem erfolgreichen Datentransfer beteiligt war, entschädigt wird, könnte weiterhelfen. Durch den finanziellen Anreiz würden mehr Anwender angelockt und damit auch die Stabilität und Verfügbarkeit des Netzes erhöht.