

1 Einleitung

1.1 Motivation

1.1.1 Übertragungssystem

Für die Prozeßdatenkommunikation soll ein neuartiges integriertes Übertragungssystem entwickelt werden, das basierend auf etablierten Übertragungsverfahren sowohl leitungs- als auch paketvermittelte Daten transportieren kann. Wesentliche Forderung ist einerseits die Möglichkeit bestehende Netz-Infrastrukturen und Übertragungseinrichtungen in das neue System integrieren zu können und andererseits die Architektur flexibel genug zu gestalten, um auf neue Lösungsansätze oder neue Standards möglichst durch Erweiterung der Betriebs-Software reagieren zu können.

Zentrale und dezentrale Komponenten sollen dabei, je nach Eignung, gemeinsam Parametrierung, Steuerung und Überwachung des Systems übernehmen. Im Einzelnen lassen sich dabei folgende, nicht scharf abgrenzbare Aufgaben identifizieren:

- Überwachung des Netzzustandes und Ergreifen von Maßnahmen im Fehlerfall
- Verwaltung des Taktes und Steuerung der Synchronisation
- Wegelenkung der paketvermittelten Daten
- Zuteilung der Ressourcen und Einrichtung der Wege für leitungsvermittelte Daten

Aus den speziellen Anforderungen für die zentrale Zuteilung der Ressourcen ergibt sich die Fragestellung, die im theoretischen Teil der Arbeit behandelt wird. Das entwickelte Übertragungssystem wird in einem eigenen Kapitel vorgestellt.

1.1.2 Ressourcenverteilung

Die Prozeßdatenkommunikation unterscheidet sich hinsichtlich der Anforderungen an die Übertragungstechnik wesentlich von anderen Bereichen der Nachrichtentechnik. Neben vielen weiteren Unterschieden, zeichnet sie sich durch ein vergleichsweise statisches Wesen aus. Während in anderen Bereichen der Datenübertragung ständig neue Leistungsstufen für Teilnehmerzahl und Übertragungsrate erreicht werden und sowohl die Größe der Netze als auch deren Komplexität mit hoher Geschwindigkeit wachsen, hat in der Prozeßdatenübertragung eine einmal gefällte Entscheidung oft über lange Zeit Bestand.

Diese Tatsache bringt eine Reihe von Erleichterungen gegenüber anderen Disziplinen, aber auch gravierende Herausforderungen mit sich. Werden in Telephonnetzen die Zeiten, die eine Verbindung im Mittel aufrecht gehalten wird, in Minuten und die Rate der ankommenden

Gespräche in Hunderten pro Sekunde gemessen, so werden auf typischen Prozeßdaten-Netzen oft nur wenige hundert Verbindungen eingerichtet, die dann aber über Jahre unverändert bestehen bleiben müssen. Kanäle, die sicherheitsrelevante Daten transportieren, können nur verändert werden, wenn die unterliegenden Versorgungsnetze für diesen Zeitraum abgeschaltet werden. Das ist während des laufenden Betriebs eines solchen Netzes nur mit sehr großem Aufwand möglich.

Als Folge hieraus sind Ressourcen, die einmal belegt wurden, für lange Zeit belegt. Als suboptimal erkannte Entscheidungen, zum Beispiel für den Weg einer eingerichteten Verbindung, können nicht ohne weiteres korrigiert werden.

Klassische Telephonnetze sind wie die Netze der Prozeßdatenkommunikation ebenfalls Leitungsvermittelt, für solche Netze hat man schon sehr früh begonnen, das Problem der Belegung von Ressourcen zu untersuchen [Br48]. Die dort gefundenen Verfahren, wie zum Beispiel nichthierarchische Wegelenkung [Yu85] eignen sich jedoch nicht für das vorliegende Problem. Telephonnetze sind als Verlustsysteme ausgelegt, ein Verbindungswunsch, der nicht erfüllt werden kann, wird abgewiesen. Es wird davon ausgegangen, daß die augenblicklich belegten Ressourcen nach kurzer Zeit wieder verfügbar sind und der Verbindungswunsch dann angenommen werden kann. Bei den Netzen der Prozeßdatenkommunikation kann jedoch von einer unendlich langen Haltezeit ausgegangen werden, was bedeutet, daß ein einmal abgewiesener Verbindungswunsch auch in Zukunft nicht erfüllt werden kann.

Eine ähnlich gelagerte Fragestellung ist die Optimierung der Verdrahtungsstrukturen auf gedruckten Schaltungen. Auch bei diesem Problem sollen knappe Ressourcen möglichst optimal verteilt werden und auch dort blockieren sich Verbindungen gegenseitig. Der grundsätzliche Unterschied ist jedoch, daß zu Beginn der Aufgabe alle geplanten Verbindungen bereits bekannt sind und so verschiedene Varianten verglichen werden können. In der Prozeßdatenkommunikation treten die Verbindungsanforderungen normalerweise zeitlich nacheinander auf, weshalb auch diese Optimierungsstrategien nicht zur Anwendung kommen können.

Es müssen also andere Methoden gefunden werden, um die knapp bemessenen Ressourcen eines Übertragungsnetzes besser nutzen zu können.

In dieser Arbeit soll die Anwendbarkeit und Tauglichkeit verschiedener Bewertungsmaße und Verteilungsalgorithmen im Hinblick auf die oben umrissene Aufgabe untersucht werden. Um einzelne Bewertungsmaße hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit auf Netzen verschiedener Strukturen bewerten zu können, ist es nötig, umfangreiche statistische Untersuchungen mit stochastisch erzeugten Netzen und Verbindungsanforderungen anzustellen.

Zur Durchführung der genannten Untersuchungen muß zunächst eine geeignete Simulationsumgebung geschaffen werden. Ferner müssen Algorithmen entwickelt werden, die auf Basis stochastischer Methoden Netzstrukturen generieren. Dabei sollen die so entstehenden Netzstrukturen mit denen real existierender Netze vergleichbar sein.

Das in wesentlichen Teilen vom Autor entwickelte Übertragungssystem steht in enger Beziehung zu der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Ressourcenverteilung. Einerseits sind viele Aspekte der angestellten Untersuchungen erst durch eine genauere Kenntnis des Übertragungssystems verständlich. Andererseits führen die Untersuchungsergebnisse zu einer besseren wirtschaftlichen Nutzbarkeit des Systems. Beide Sachgebiete können deshalb nicht isoliert voneinander betrachtet werden.

1.2 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 wird zunächst der technische Hintergrund der Arbeit vorgestellt, ein neu entwickeltes Übertragungssystem, das gleichzeitig leitungsvermittelte und paketvermittelte Datenübertragung realisiert. Darauf aufbauend wird in den Folgekapiteln die Verbesserung der Zuteilung von Ressourcen und die damit verbundene Wegefindung in der leitungsvermittelten Datenübertragung untersucht und als Kern der Arbeit dargestellt.

Bei der Bearbeitung der Fragestellung kamen vorrangig Methoden der Graphentheorie zum Einsatz. Die zum Verständnis der Arbeit nötigen Grundzüge der Graphentheorie werden in Kapitel 3 vorgestellt.

Es wird die Greedy Eigenschaft von Algorithmen eingeführt und gezeigt, warum die in dieser Arbeit untersuchten Probleme nur mit solchen Greedy Algorithmen bearbeitet werden können. Schließlich wird gezeigt, daß Greedy Algorithmen in der vorliegenden Problemklasse nicht zwingend eine optimale Lösung liefern müssen.

Zur Übersicht werden die wichtigsten Algorithmen, die in dieser Arbeit verwendet werden vorgestellt.

Die entwickelten Algorithmen zur Erzeugung stochastischer Netzstrukturen und die Eigenschaften der von ihnen erzeugten Netze werden ausführlich in Kapitel 4 behandelt.

Kapitel 5 stellt zunächst ein experimentelles Szenario zum Vergleich verschiedener Bewertungsmaße vor. Es werden dabei verschiedene Varianten des Experimentes, sowie die Größe der zu untersuchenden Stichproben betrachtet.

Anschließend wird der Mechanismus der Blockade erörtert und untersucht, inwieweit sich die Blockadeeigenschaften einfacher Graphenmodelle auf komplexere stochastische Graphen übertragen lassen.

Schließlich werden in Kapitel 6 die erreichten Ergebnisse der verschiedenen vorgeschlagenen Bewertungsmaße vorgestellt und miteinander verglichen.

Kapitel 7 faßt abschließend die wesentlichen Erkenntnisse noch einmal kurz zusammen.