

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Einführung | 1 |
| 1.1 Evolution der Kommunikationsnetze | 1 |
| 1.2 B-ISDN | 2 |
| 1.2.1 Der Asynchrone Transfermodus (ATM) | 2 |
| 1.2.2 Das Konzept der virtuellen Pfade | 4 |
| 1.2.3 Netzstruktur des B-ISDN | 5 |
| 1.2.4 Zeitliche Ebenen des Kommunikationsverhaltens | 6 |
| 1.2.5 Definition der grundlegenden Begriffe | 8 |
| 1.3 Verkehrskontrolle | 9 |
| 1.3.1 Übersicht | 9 |
| 1.3.2 Dienstkategorien und Verbindungsparameter | 11 |
| 1.3.3 Verbindungsannahmeentscheidung | 13 |
| 1.3.3.1 Spitzentbitratenreservierung für CBR-Verkehr | 13 |
| 1.3.3.2 Statistisches Multiplexen von VBR-Verkehr | 13 |
| 1.3.4 Verkehrsparameterüberwachung | 15 |
| 1.3.5 Ressourcenverwaltung durch virtuelle Pfade | 16 |
| 1.4 ATM-Netzplanung | 16 |
| 1.4.1 Topologieentwurf | 16 |
| 1.4.2 Netzdimensionierung | 17 |
| 1.4.3 Optimierung des Netzbetriebes | 17 |
| 1.4.4 Ziele und Einordnung der Arbeit | 17 |
| 2 ATM-Netzkonzepte | 19 |
| 2.1 VP-basierte Netzkonzepte | 19 |
| 2.1.1 Das MHVP-Netzkonzept | 20 |
| 2.1.2 Das SHVP-Netzkonzept | 22 |
| 2.2 VC-basierte Netzkonzepte | 25 |
| 2.3 Vergleich der Netzkonzepte | 26 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.3.1 | Rufbearbeitungsaufwand | 26 |
| 2.3.2 | Bündelungsgewinn | 27 |
| 2.3.3 | Statistischer Multiplexgewinn | 28 |
| 2.3.4 | Flexibilität bei Lastschwankungen | 29 |
| 2.3.5 | Bewertung der Ergebnisse | 29 |
| 3 | Verkehrslenkung und Fairneß für virtuelle Kanalverbindungen | 31 |
| 3.1 | Existierende Verkehrslenkungsverfahren | 31 |
| 3.2 | Verkehrslenkungsverfahren für das SHVP-Netzkonzept | 32 |
| 3.2.1 | Alternative Verkehrslenkung mit fester Absuchreihenfolge für Direktwege (FADR) | 32 |
| 3.2.2 | Verkehrslenkung mit zustandsabhängiger Direktwegeauswahl und Lastausgleich (LLPR) | 33 |
| 3.2.3 | Verkehrslenkung mit zustandsabhängiger Direktwegeauswahl und Lastbündelung (MFCR) | 33 |
| 3.3 | Fairneß zwischen den Verkehrsklassen | 35 |
| 3.3.1 | Das Schwellenwert-Fairneßverfahren von Roberts | 35 |
| 3.3.2 | Verkehrslenkung mit adaptiver Lastteilung (ALSR) | 38 |
| 3.4 | Simulativer Vergleich der Verkehrslenkungsverfahren | 38 |
| 3.4.1 | Simulationsmethode | 39 |
| 3.4.2 | Beschreibung des Beispiels | 39 |
| 3.4.3 | Vergleich ohne Fairneß | 39 |
| 3.4.4 | Vergleich mit Fairneß | 41 |
| 3.5 | Bewertung der Ergebnisse | 42 |
| 4 | Berechnung der Rufblockierungswahrscheinlichkeiten | 43 |
| 4.1 | Bekannte Berechnungsverfahren | 43 |
| 4.2 | Das äquivalente Einzelpfadmodell | 45 |
| 4.3 | Untersuchung des Fehlers des ESP-Modells für CBR-Verkehr | 46 |
| 4.3.1 | Fehler ohne Blockierungsausgleich zwischen den Verkehrsklassen | 46 |
| 4.3.2 | Fehler bei Verwendung des Schwellenwert-Fairneßverfahrens | 48 |
| 4.4 | Berechnung der Rufblockierungswahrscheinlichkeiten im Mehrdienstfall | 49 |
| 4.4.1 | Berechnungsmethoden für die Rufblockierungswahrscheinlichkeiten ohne Fairneß | 49 |
| 4.4.1.1 | Exakte Berechnungsmethode nach Kaufman/Roberts | 50 |
| 4.4.1.2 | Approximative Berechnungsmethode nach Labourdette und Hart | 51 |
| 4.4.2 | Berechnungsmethoden für die Rufblockierungswahrscheinlichkeiten bei Verwendung eines Fairneßverfahrens | 52 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.4.2.1 | Approximative Berechnungsmethode nach Roberts | 52 |
| 4.4.2.2 | Neue approximative Berechnungsmethode | 53 |
| 4.5 | Numerischer Vergleich der Berechnungsmethoden | 54 |
| 4.5.1 | Vergleich der Verfahren ohne Fairneß | 55 |
| 4.5.2 | Vergleich der Verfahren mit Fairneß | 55 |
| 4.5.3 | Vergleich der Rechenzeiten | 56 |
| 4.5.4 | Poisson-Annahme für den Überlaufverkehr | 57 |
| 4.6 | Analytische Ableitung der Rufblockierungswahrscheinlichkeit nach der Kapazität der virtuellen Pfade | 60 |
| 4.6.1 | Ableitung ohne Blockierungsausgleich zwischen den Verkehrsklassen | 60 |
| 4.6.2 | Ableitung mit Fairneß zwischen den Verkehrsklassen | 63 |
| 4.7 | Numerische Implementierung | 64 |
| 4.7.1 | Blockierungsformeln für nichtganzzahlige Kapazitäten | 64 |
| 4.7.2 | Randbereiche und Definitionslücken | 64 |
| 4.7.3 | Approximation der Sprünge der Blockierungsfunktion | 69 |
| 4.8 | Bewertung der Ergebnisse | 73 |
| 5 | Netzdimensionierung und Nettoptimierung | 75 |
| 5.1 | Einführung | 75 |
| 5.1.1 | Grundlagen der Optimierung | 75 |
| 5.1.2 | Übersicht über Verfahren zur Nettoptimierung | 76 |
| 5.1.3 | Modellierungsannahmen | 78 |
| 5.1.4 | Wegeführung von virtuellen Pfaden | 78 |
| 5.1.4.1 | Einfache Vollvermaschung | 79 |
| 5.1.4.2 | Zweifache, disjunkte Vollvermaschung | 79 |
| 5.1.4.3 | Maximale Vollvermaschung | 79 |
| 5.2 | Netzdimensionierung für das SHVP-Konzept | 80 |
| 5.2.1 | Beschreibung der Dimensionierungsverfahrens | 80 |
| 5.2.2 | Numerische Invertierung der Blockierungsformeln | 82 |
| 5.3 | Nettoptimierung | 82 |
| 5.3.1 | Beschreibung des entwickelten Verfahrens | 83 |
| 5.3.1.1 | Unbeschränkte Durchsatzmaximierung | 84 |
| 5.3.1.2 | Zweistufige Optimierung zur beschränkten Durchsatzmaximierung | 85 |
| 5.3.2 | Transformation der nichtlinearen Nebenbedingungen | 85 |
| 5.3.3 | Methoden zur Bestimmung der Blockierungsgrenze | 87 |

| | | |
|--|---|------------|
| 5.3.3.1 | Lösung eines Min-Max-Optimierungsproblems | 87 |
| 5.3.3.2 | Intervallhalbierungsmethode | 87 |
| 5.3.4 | Diskussion des nichtlinearen Optimierungsproblems | 89 |
| 5.3.5 | Methoden zur Kapazitätsreduktion von virtuellen Pfaden | 91 |
| 5.3.6 | Erweiterungsansätze | 92 |
| 5.3.6.1 | Zuverlässigkeitssaspekte | 92 |
| 5.3.6.2 | Anwendung auf VP/VC-Mischkonzepte | 93 |
| 5.3.6.3 | Einstellbare Blockierungswahrscheinlichkeiten für bestimmte Verkehrsklassen | 93 |
| 5.3.6.4 | Einstellbare Blockierungswahrscheinlichkeiten für bestimmte Knotenpaare | 94 |
| 5.3.6.5 | Aufteilung in Teilnetze | 94 |
| 6 Implementierung und Beispiele | | 95 |
| 6.1 | Implementierung | 95 |
| 6.1.1 | MINOS-Optimierungssoftware | 95 |
| 6.1.2 | Grundstruktur des Optimierungsprogramms | 96 |
| 6.1.3 | Komplexitätsabschätzungen | 96 |
| 6.1.3.1 | Netzdimensionierung | 96 |
| 6.1.3.2 | Netzoptimierung | 97 |
| 6.1.4 | Graphische Benutzeroberfläche | 97 |
| 6.2 | Beispiele | 99 |
| 6.2.1 | Deutschlandnetz mit 23 Knoten | 99 |
| 6.2.1.1 | Dimensionierung | 102 |
| 6.2.1.2 | Optimierung bei Schieflast | 105 |
| 6.2.1.3 | Optimierung für Überlast | 109 |
| 6.2.1.4 | Simulative Überprüfung der Optimierungsergebnisse . | 110 |
| 6.2.1.5 | Optimierung mit Berücksichtigung der Zuverlässigkeit | 114 |
| 6.2.2 | Weitere Netzbeispiele | 117 |
| 6.2.3 | Bewertung der Ergebnisse | 120 |
| 7 Zusammenfassung | | 121 |
| A Abkürzungen | | 125 |
| B Mathematische Symbole | | 129 |
| Literaturverzeichnis | | 131 |