

2. Merkmale des ATM

Das ideale Netzwerk der Zukunft soll flexibel bezüglich der Anforderung an die Bandbreite und bei der Ausnutzung der Ressourcen sein.

In bisherigen paketvermittelten Netzwerken scheiterte diese Forderung an der hohen Komplexität der verwendeten Protokolle (z.B. X.25), die aufgrund der schlechten Qualität der Übertragungsstrecken notwendig war. Diese Komplexität führt zu großen Verzögerungen und erschwert den Transport von Diensten mit Zeitbeschränkungen und hohen Bitraten. Dies machte eine Konzeptveränderung bei ATM-Netzwerken notwendig, bei denen Funktionen im Netzwerk nicht mehrfach wiederholt werden, wenn der Dienst auch dann garantiert werden kann, wenn diese Funktionen nur an den Rändern des Netzwerkes implementiert werden. Anwendung findet dies auf zwei vom Netzwerk geleistete Funktionen.

- Informationstransparenz: Es wird keine Fehlerbehandlung in den Vermittlungsknoten innerhalb des Netzwerkes unterstützt.
- Zeittransparenz: Eine minimale Funktionalität in den Vermittlungsknoten ermöglicht ATM eine sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeit.

2.1. Informationstransparenz

Die Informationstransparenz (semantische Transparenz) bestimmt die Fähigkeit des Netzwerkes, Informationen korrekt vom Ursprung zum Ziel zu übertragen, d.h. mit einer begrenzten (vertretbaren) Fehlerzahl. Die von einem Netzwerk erzeugten Fehlerarten und ihre Häufigkeiten können sich entsprechend dem Übertragungsverfahren unterscheiden.

Die meisten Fehler werden durch Rauschen (weißes Rauschen, Impulsrauschen) hervorgerufen. Auch begrenzte Ressourcen, Überlastungen und Speicherüberläufe können dafür verantwortlich sein. Die möglichen Fehlerarten in einem paketvermittelten Netzwerke sind:

- Bitfehlerrate (BER - Bit Error Rate)
- Paketfehlerrate (PER - Packet Error Rate)
 - * Paketverlustrate (PLR - Packet Loss Rate)
 - * Paket-Dopplungsrate (PIR - Packet Insertion Rate)

Wie jedes Paketvermittlungssystem besteht das ATM-Netzwerk hauptsächlich aus zwei Arten von Elementen, die jeweils eine bestimmte Funktion erfüllen: Übertragung und Vermittlung/Multiplexen. Aufgrund der Eigenschaften von ATM (z.B. keine Datenflußsteuerung

und Fehlerprüfung) ist das Fehlverhalten jedoch anders als das der klassischen Paketvermittlungssystemen.

Die Gesamtbitfehlerrate ist abhängig von:

- dem Verlust und der fehlerhaften Ankunft der Bits im Datenfeld aufgrund von Übertragungsfehlern,
- dem Paketverlust im Vermittlungs- und Multiplexsystem durch Warteschlangenüberlauf und
- dem Verlust und der fehlerhaften Ankunft von Paketen durch Fehlleitung der Pakete auf Grund einer Fehlinterpretation des Datenkopfes im Vermittlungssystem.

2.2. Zeittransparenz

Zeittransparenz ist eine Funktion, die die rechtzeitige Ankunft der Information beim Empfänger garantiert. Sie kann als das Fehlen von Verzögerung und deren Schwankungen (Jitter) definiert werden.

Dienst	max. Verzögerung	max. Schwankung der Verzögerung	max. Bitfehlerrate
Telefon	250 ms	10 ms	10^{-2}
Telefax	1000 ms	irrelevant	10^{-4}
langsamer File-Transfer	1000 ms	irrelevant	$\rightarrow 0$
schneller File-Transfer	1000 ms	irrelevant	$\rightarrow 0$
Videophon	250 ms	10 ms	10^{-6}
interaktive Datenübertragung	500 ms	irrelevant	$\rightarrow 0$
Video	250 ms	10 ms	10^{-6}

Tabelle 2.1: Mindestanforderungen [ATM 10/96]

ATM benötigt in den Vermittlungsknoten nur minimale Funktionalität und ermöglicht daher sehr hohe Geschwindigkeiten. Auftretende Verzögerungen innerhalb des Netzwerkes und entsprechende Schwankungen können auf Werte von wenigen hundert Microsekunden reduziert werden.

ATM ist damit in der Lage, Zeittransparenz zu realisieren und Echtzeitdienste über das ATM-Netz zu transportieren.

ATM-Verzögerungscharakteristik

Verzögerungen im ATM-Netz hängen von verschiedenen Komponenten des Netzes ab, die jeweils für sich zur Gesamtverzögerung beitragen. In Abbildung 2.1 sind Verzögerungen für ein reines ATM-Netz angegeben.

Die am sendenden Endgerät zu Paketen (Zellen) zusammengeführten Daten werden erst am empfangenden Endgerät entpaketierte.

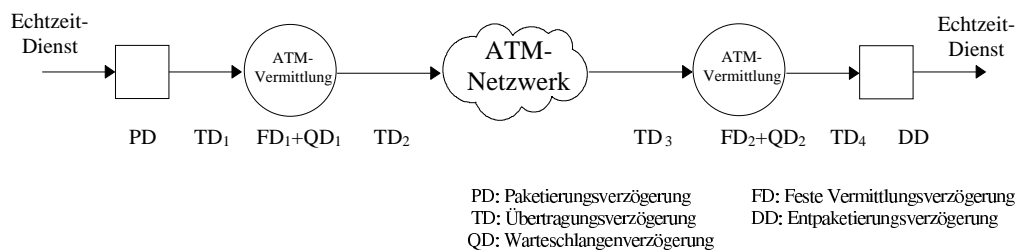


Abbildung 2.1: Verzögerungscharakteristik eines reinen ATM-Netzes [PRY 3/95]

In Kombination von ATM / Nicht-ATM-Netzwerken ist dies nicht möglich, da eine Anpassung der Zellen des ATM-Netzwerkes an die Übertragungscharakteristik des Nicht-ATM-Netzwerkes an jedem Netzübergang erfolgen muß, wodurch zusätzliche Verzögerungen (Entpaketier- und Nicht-ATM-Netz-Paketiervverzögerung) die Geschwindigkeit in einem Breitbandnetzwerk beeinflussen.

1) Übertragungsverzögerung (TD - Transmission Delay)

Die Übertragungsverzögerung ist abhängig vom Abstand der Endpunkte einer Verbindung und kann in Abhängigkeit vom verwendeten Übertragungsmedium zwischen 4 und 5 $\mu\text{s}/\text{km}$ liegen (unabhängig von der Art des zum Einsatz kommenden Übertragungsverfahrens) [PRY 3/95].

2) Paketiervverzögerung (PD - Packetization Delay)

Die Paketiervverzögerung tritt immer dann auf, wenn Daten eines Dienstes in Pakete umgewandelt werden. In Abhängigkeit von der Netzwerkgestaltung leistet die Paketierungsverzögerung an jedem Übergang zu einem Nicht-ATM-Netzwerk einen Beitrag zur Gesamtverzögerung und ist in einem reinen ATM-Netz nur einmal anzutreffen.

3) Vermittlungsverzögerung

Die Vermittlungsverzögerung setzt sich aus zwei Verzögerungsanteilen zusammen.

3a) Feste Vermittlungsverzögerung (FD - Fixed Switching Delay)

Die feste Vermittlungsverzögerung ist abhängig von dem zum Einsatz kommenden Vermittlungsprinzip und wird durch die eingesetzte Hardware bestimmt. Durch die Steigerung

der internen Verarbeitungsgeschwindigkeit des Koppelnetzes im Verhältnis zur Geschwindigkeit der Eingangsports, kann diese Verzögerung sehr gering gehalten werden.

(z.B. Bay Networks ATM-Switching-Hub-System 5000 AH: Switched Fabric Modul (SFM),

Modell 5720: Verdopplung der internen Verarbeitungsgeschwindigkeit

→ $16 \text{ Ports} \times 155 \text{ Mbit/s} = 2,5 \text{ Gbit/s}$

→ Koppelnetzkapazität von 5 Gbit/s

[SIL]

3b) Warteschlangenverzögerung (QD - Queuing Delay)

Da ATM-Systeme Zellen statistisch multiplexen und v ermitteln, sind Warteschlangen im Netzwerk erforderlich, um Zellverluste zu vermeiden. Die durch diese Puffer hervorgerufene Verzögerung ist abhängig von der Verkehrslast.

4) Entpaketierungsverzögerung (DD - Depacketization Delay)

Beim Empfänger oder an Netzwerkübergängen erfordern Echtzeitsdienste eine zusätzliche Verzögerung, um den den Zellen hinzugefügten Jitter auszugleichen und so den ursprünglich synchronen Datenstrom zu rekonstruieren.

Die Entpaketierungsverzögerung kann als eine Art Netzwerkgestaltungsfunktion in Endgeräten angesehen werden.

Durch die Kombination entsprechender Verzögerungsparameter besteht die Möglichkeit, die gesamte Ende-zu-Ende-Verzögerung in einem reinen ATM-Netzwerk bzw. einer Kombination ATM / Nicht-ATM-Netzwerk zu berechnen.

<u>Verzögerung pro Richtung</u>	<u>Auswirkungen auf die Kommunikation</u>
> 600 ms	keine Kommunikation möglich
600 ms	kaum zusammenhängende Kommunikation möglich
250 ms	die Verzögerung wirkt stark störend, der Gesprächsstil muß angepaßt werden
100 ms	die Verzögerung ist nicht wahrnehmbar, wenn der Hörer den Sprechenden nur über das Netz und nicht gleichzeitig direkt hört.
50 ms	keine Verzögerung wahrnehmbar

Tabelle 2.2: Verzögerungsauswirkungen auf Audioverbindungen [KYA 3/96]

Die maximal erlaubte Ende-zu-Ende-Verzögerung bei Echtzeitsdiensten war Gegenstand von ITU-Studien. So sollte bei der Übertragung von Sprachdiensten minderer Qualität die maximale Verzögerung von 150 ms nicht überschreiten. Bei der Arbeit an graphischen Visualisierungssystemen in Echtzeit liegt die Schwelle der Akzeptanz bei 30 ms. Qualitativ hochwertige Multimediadienste im Weitverkehrsbereich sollten Verzögerungen nicht über 100

ms realisiert werden. Für eine LAN-Arbeitsgruppe kommt eine zulässige Verzögerung von maximal 10 ms in Frage, wenn die zusätzlichen Verzögerungen durch ein Backbone-Netzwerk bzw. durch Weitverkehrsleitungen berücksichtigt werden.

In Tabelle 2.2 sind die Auswirkungen von Verzögerungen auf die Qualität von Audioverbindungen dargestellt.

2.3. Skalierbarkeit

Skalierbarkeit ist ein weiteres wichtiges Merkmal der ATM-Technologie. Diese Eigenschaft besagt, daß das Netz in der Lage ist, den Applikationen die Datenübertragungsleistung anzubieten, die sie gerade benötigt (bandwidth on demand). Neben der Skalierbarkeit hinsichtlich der Bandbreite ist auch die Skalierung hinsichtlich der Ausdehnung ein wesentliches Kriterium moderner Netze.

[KYA 3/96; PRY 3/95; SIL; ATM 10/96]