

# Computergestützte Gruppenarbeit

## 11. Netzwerk-Protokolle

*Dr. Jürgen Vogel*

*European Media Laboratory (EML)  
Heidelberg*

*SS 2005*

# Inhalt der Vorlesung

1. Einführung
2. Grundlagen von CSCW
3. Gruppenprozesse
4. Benutzerschnittstelle
5. Zugriffsrechte und Sitzungskontrolle
6. Architektur
7. Konsistenz
8. Undo von Operationen
9. Visualisierung semantischer Konflikte
10. Late-Join
11. Netzwerk-Protokolle
12. Entwicklung von Groupware
13. Ausgewählte Groupware

# Inhalt

---

- Anforderungen von Groupware
- Internet-Protokolle und Netzwerk-Architektur
- Gruppenkommunikation
- Ausgewählte Anwendungs-Protokolle
  - ITU-T-Protokolle
  - SIP
  - RTP
  - RTP/I

# Anforderungen von Groupware (1)

## Datenströme

- Medium: Audio, Video, Shared Whiteboard, Virtual Reality, ...
- Typ: State, Event, Delta-State, Cue und Query

## Grundsätzliche Funktionalitäten

- Routing: Übermittlung der Datenpakete vom Sender zum Empfänger / zu den Empfängern
- zuverlässige Datenübertragung
  - Reparatur von Paketverlusten (fehlerhafte Bits, ausgefallene Links, überlastete Router) und vertauschter Reihenfolge
  - insbesondere zur Synchronisation bei Hard State-Verfahren
  - Automatic Repeat reQuest (ARQ): Übertragungswiederholung
    - (1) sender-basiert mit ACKs (Sender-Timeout) oder NACKs (Empfänger-Timeout)
    - (2) empfänger-basiert mit NACKs (NACK-Unterdrückung und Feedback Raise)

## Anforderungen von Groupware (2)

- Forward Error Correction (FEC): redundante Übertragung  
→ Reduktion der Notification Time im Verlustfall
- FEC und ARQ kombiniert
- Flow und Congestion Control
  - Flow Control: Anpassung der Senderate an den/die Empfänger
  - Congestion Control: Anpassung der Senderate an die Netzwerkkapazitäten (Router und Links)
  - Anpassung der Senderate schwierig für viele Anwendungen
- Security
  - Verschlüsselung: unautorisierten Zugriff verhindern
  - Authentifizierung: Quelle verifizieren und Manipulation verhindern
  - kritisch für: Groupware in Firmen, Spiele

# Kritische Netzwerk-Parameter

- Verzögerungszeit (insbes. synchrone Groupware)
  - Response und Notification Time für Operationen
  - Effektivität von Awareness-Meldungen
  - Bestimmung des Local Lag-Wertes bzw. Local Lag-Erfolgsquote
  - Dauer temporärer Inkonsistenzen
  - Reparaturzeit bei Zustandsanfragen
  - Initialisierungsverzögerung beim Late-Join
- Durchsatz
  - bei größeren Daten entscheidender Faktor der Verzögerung
  - Qualität des Medienstroms (oft min. Durchsatz notwendig)
  - Anzahl der aktiven Sender in einer Sitzung
- Verlustrate
  - Hard State: beeinflusst Verzögerung und Durchsatz durch eventuelle Übertragungswiederholungen
  - Soft State: Synchronisationsgeschwindigkeit

# Inhalt

---

- Anforderungen von Groupware
- Internet-Protokolle und Netzwerk-Architektur
- Gruppenkommunikation
- Ausgewählte Anwendungs-Protokolle
  - ITU-T-Protokolle
  - SIP
  - RTP
  - RTP/I

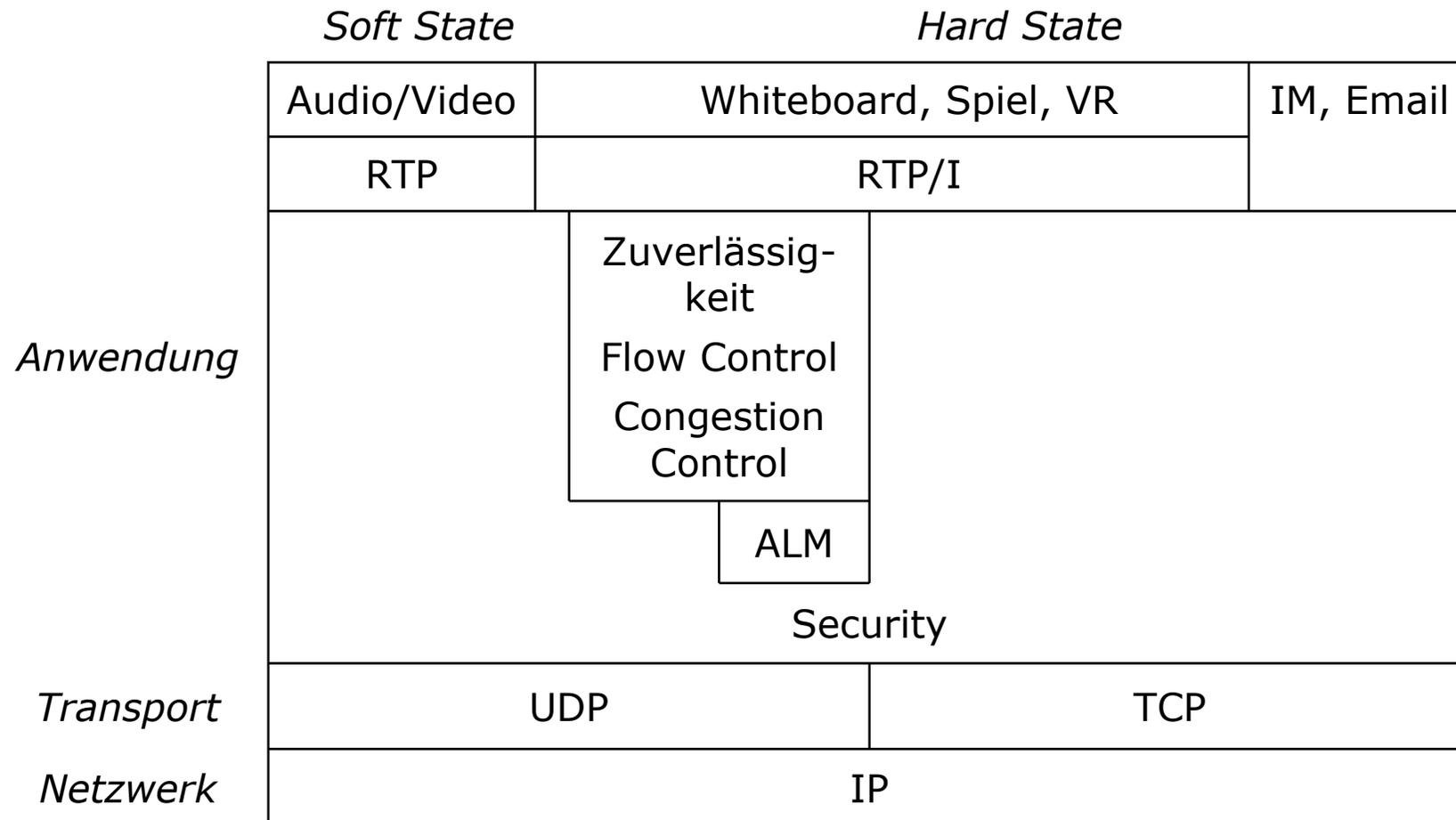
# Internet-Protokolle

- IP
  - Routing
  - Fragmentierung
  - Unicast oder Multicast
- TCP
  - streaming-orientiert
  - Verbindung
  - zuverlässige Datenübertragung
  - Flow und Congestion Control
  - kein Multicast
- UDP
  - paket-orientiert
  - keine Verbindung
  - keine Zuverlässigkeit
  - kein Flow und Congestion Control
  - Multicast

<i>Anwendung</i>	SMTP, HTTP, ...	
<i>Transport</i>	TCP	UDP
<i>Netzwerk</i>	IP	

# Architektur von Netzwerk-Protokollen (1)

Schichtenmodell (exemplarisch)



# Architektur von Netzwerk-Protokollen (2)

## Schichtenmodell ("Layering")

- jede Schicht realisiert bestimmte Dienste (über Interface)
- Schicht kapselt interne Funktionalität
- + Reduktion der Komplexität; Generalität; Austauschbarkeit
- Ineffizienz durch doppelte Informationen im Header und mehrfache Paketbehandlung; Anpassbarkeit

## Integrated Layer Processing (ILP)

- Integration verschiedener Funktionen
- Application-Level Framing (ALF): Application Data Unit (ADU) als kleinste unabhängige Einheit → State, Event, ...
- + jede ADU wird nur einmal behandelt; gemeinsame Informationen im Header; keine strikte Bearbeitungsreihenfolge; Anpassbarkeit
- Komplexität

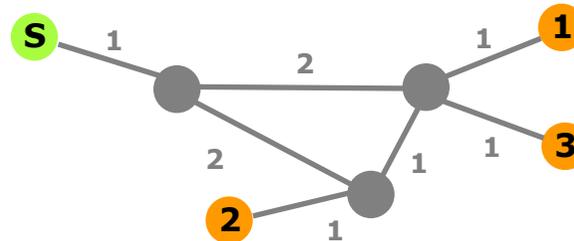
# Inhalt

---

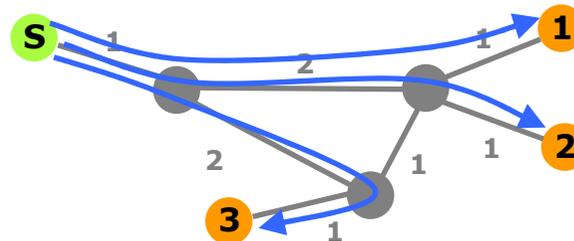
- Anforderungen von Groupware
- Internet-Protokolle und Netzwerk-Architektur
- **Gruppenkommunikation**
- Ausgewählte Anwendungs-Protokolle
  - ITU-T-Protokolle
  - SIP
  - RTP
  - RTP/I

# Gruppenkommunikation

- Groupware: Übertragung von Daten vom Sender zu mehreren Empfängern



- 1) Übertragung über mehrere Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (→ Unicast)



- ➔ ist ineffizient (für Sender und Netzwerk)
- ➔ Gruppenkommunikation (→ Multicast)

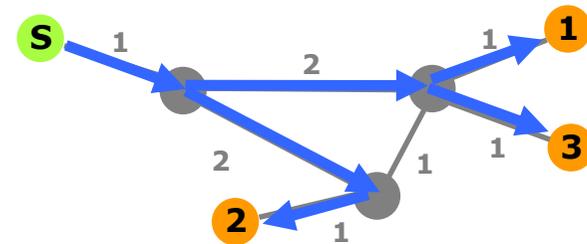
- 2) IP Multicast
- 3) Application-Level Multicast

# IP Multicast (1)

## Überblick

- offene Gruppen (Klasse D IP-Adresse)
- anonyme Mitgliedschaft
- Datenübertragung über Multicast-Verteilbaum aus Routern und LANs
- gemeinsamer (CBT, PIM-SM) oder senderspezifischer Verteilbaum (DVMRP, MOSPF, PIM-DM)
- Multicast-fähige Router im Internet: MBone (verbunden über Tunnel)
- Best-Effort-Übertragung
- Transport: UDP

Anwendung	RTP, RTP/I, ...
Transport	UDP
Netzwerk	<b>IP Multicast</b>

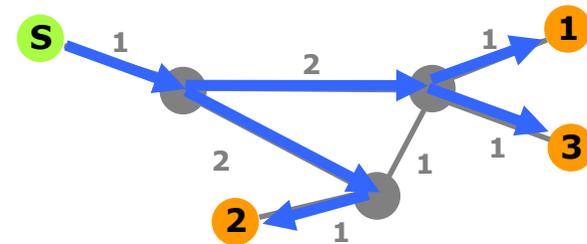


# IP Multicast (2)

## Bewertung

- + optimale Datenübertragung
- + für Anwendung transparent
- komplexe Protokoll-Architektur
- aufwendige Gruppenverwaltung im Router
- mangelnde Verbreitung wegen administrativem Overhead und Abrechnungsproblematik
- keine Unterstützung durch ISDN/DSL
- keine Mitgliederkontrolle
- Adressvergabe (Kollisionen möglich)

Anwendung	RTP, RTP/I, ...
Transport	UDP
Netzwerk	<b>IP Multicast</b>

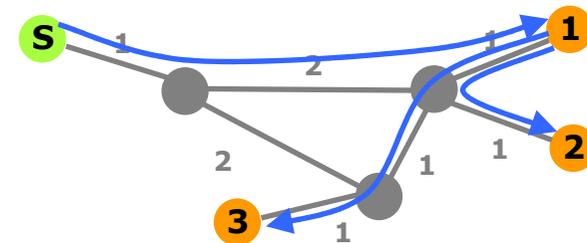


# Application-Level Multicast (1)

## Überblick

- Multicast-Verteilbaum mit End-Systemen (Instanzen) als Knoten
- keine Netzunterstützung erforderlich
- optimiere Verteilbaum in Bezug auf Verzögerung, Durchsatz, ...
- explizite Mitgliedschaft
- Transport: UDP oder TCP
- Beispiele: Narada, Yoid, HMTP, BTP, Overvast, TMesh, PSTP, ...

<i>Anwendung</i>	RTP, RTP/I, ... <b>ALM</b>	
<i>Transport</i>	UDP	TCP
<i>Netzwerk</i>	IP	

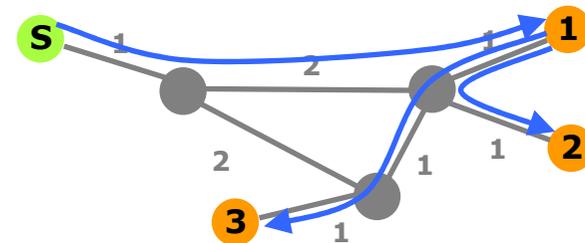


# Application-Level Multicast (2)

## Bewertung

- + behebt viele Probleme von IP Multicast: Router- und Netzwerkunterstützung, Adressierung, Kontrolle der Mitgliedschaft
- + Anpassung auf spezifische Anwendungsbedürfnisse
- + Kontrolle der Funktionalität durch den Anwendungsentwickler
- zusätzliche Belastung der Anwendung
- Verteilbaum suboptimal: Paketduplikate, zusätzliche Verzögerung

<i>Anwendung</i>	RTP, RTP/I, ... <b>ALM</b>	
<i>Transport</i>	UDP	TCP
<i>Netzwerk</i>	IP	



# Inhalt

---

- Anforderungen von Groupware
- Internet-Protokolle und Netzwerk-Architektur
- Gruppenkommunikation
- Ausgewählte Anwendungs-Protokolle
  - ITU-T-Protokolle
  - SIP
  - RTP
  - RTP/I

# ITU-T-Protokolle

## Protokollfamilie H.32x

- ITU-T-Standards für Audio-, Video- und Daten-Konferenzen
- integriert Telefonnetzwerke (PSTN) mit IP-Netzwerken
- PSTN-Dienste: Einleiten und Beenden, Rufweiterleitung, Halten, ...
- mehrere Kanäle (TCP/UDP):
  - RAS-Kanal (H.225) zum Gatekeeper (QoS: Zugangskontrolle)
  - Signalisierungskanal (H.225) zur Sitzungskontrolle
  - Medien-Kontrollkanal (H.245) zum Austausch von Fähigkeiten
  - Medien-Kanäle zum unidirektionalen Datentransport (per RTP)
- Kodierung von Medienströmen:
  - H.26x für Video (z.B. H.263)
  - G.7xx für Audio
  - T.12x für Daten, z.B. T.120 für Shared Whiteboards und T.128 für Application Sharing
- verwendet z.B. von VoIP-Anwendungen, MS NetMeeting, ...

# Inhalt

---

- Anforderungen von Groupware
- Internet-Protokolle und Netzwerk-Architektur
- Gruppenkommunikation
- **Ausgewählte Anwendungs-Protokolle**
  - ITU-T-Protokolle
  - **SIP**
  - RTP
  - RTP/I

# Session Initiation Protocol (SIP)

- IETF-Standard (RFC 3261) zur Sitzungskontrolle in IP-Netzen (Einleiten, Managen und Beenden)
- Sitzung = RTP-Medienströme
- Beschreibung der Sitzungsdetails per Session Description Protocol (SDP, RFC 2327): Adressen und Codecs
- symbolische Teilnehmer-Adressen mit dynamischer Auflösung
- umfangreiche Funktionalität, z.B. Halten und Weiterleiten, personalisierte Erreichbarkeit, Status (Awareness), Mobilität, ...
- P2P-Protokoll mit optionaler Server-Infrastruktur (z.B. SIP Proxy zur Lokalisation von Teilnehmern)
- im Vergleich zu H.323 wesentlich weniger komplex
- verwendet z.B. für VoIP-Anwendungen, Videokonferenzen, MS Messenger, ...

# Inhalt

---

- Anforderungen von Groupware
- Internet-Protokolle und Netzwerk-Architektur
- Gruppenkommunikation
- Ausgewählte Anwendungs-Protokolle
  - ITU-T-Protokolle
  - SIP
  - RTP
  - RTP/I

# Real-time Transport Protocol (RTP)

- von IETF standardisiertes (RFC 3550) Anwendungsprotokoll für nicht-interaktive Echtzeit-Medien, insbesondere Audio und Video
- erfasst die gemeinsamen Eigenschaften solcher Medien und macht diese nach Außen sichtbar
- ➔ ermöglicht die anwendungsunabhängige Handhabung von RTP-Datenströmen, d.h. ohne anwendungsspezifisches Wissen, z.B. zum Aufzeichnen von Sitzungen (z.B. mit MBoneVCR)
- Protokoll-Framework mit Spezifikation von anwendungsspezifischem Wissen
  - Anwendungsklasse: Profile, z.B. Audio, Video → definiert anwendungsübergreifende Funktionen
  - Anwendung: Payload Type, z.B. GSM, MPEG-4 → definiert die Kodierung des Anwendungs-Datenstroms
- Bestandteile: RTP und RTCP

<i>Anwendung</i>	<b>RTP</b>	
<i>Transport</i>	UDP	TCP
<i>Netzwerk</i>	IP MC	IP

# RTP und RTCP

RTP: Real-time Transport Protocol

- zur Übertragung der Anwendungsdaten
- folgt dem ALF-Prinzip: ADUs als Dateneinheiten
- anwendungsübergreifende Informationen im RTP-Header: Payload Type, Zeitstempel, Sender ID, Sequenznummer, ...

RTCP: RTP Control Protocol

- leichtgewichtige Sitzungskontrolle per Soft State
  - Teilnehmerinformationen: Name, Adresse, Email, ...
  - Ein- und Austritt in eine Sitzung
- Qualitäts-Reports als Feedback für den Sender
  - Verlustrate, Verzögerung, Jitter, ...
  - erlaubt Anpassung des gesendeten Medienstroms
- Bandbreite für RTCP-Daten limitiert (z.B. auf 5% aller Daten)

# RTP für interaktive Anwendungen

RTP ist anpassbar → auch für interaktive Anwendungen?

- RTP-Datenmodell kennt nur States und Delta-States
    - ➔ Events, Cues und Queries fehlen
  - keine Partitionierung des Zustands in Objekte
    - ➔ Partitionierung komplexer Zustände wünschenswert
  - RTP-Medienströme haben nur einen Sender
    - ➔ i.d.R. haben interaktive Anwendungen viele Sender
  - RTP-Teilnehmer-IDs können kollidieren und sich ändern
    - ➔ problematisch für Konsistenzerhaltung
  - kontinuierliche RTP-Medien können Folge-Zustände nicht berechnen (z.B. Video)
    - ➔ anderes Datenmodell
- ➔ RTCP Qualitäts-Reports meist nicht sinnvoll verwendbar (z.B. wegen zuverlässiger Datenübertragung)

# Inhalt

---

- Anforderungen von Groupware
- Internet-Protokolle und Netzwerk-Architektur
- Gruppenkommunikation
- Ausgewählte Anwendungs-Protokolle
  - ITU-T-Protokolle
  - SIP
  - RTP
  - RTP/I

# RTP/I

Idee: Analogon zu RTP für interaktive Anwendungs-Datenströme

- basiert auf dem abstrakten Datenmodell (Objekte, States, Events,...)
- Schnittstelle zu Informationen über die Sitzung, die Teilnehmer und die ausgetauschten Daten

➔ anwendungsunabhängige Handhabung von Datenströmen

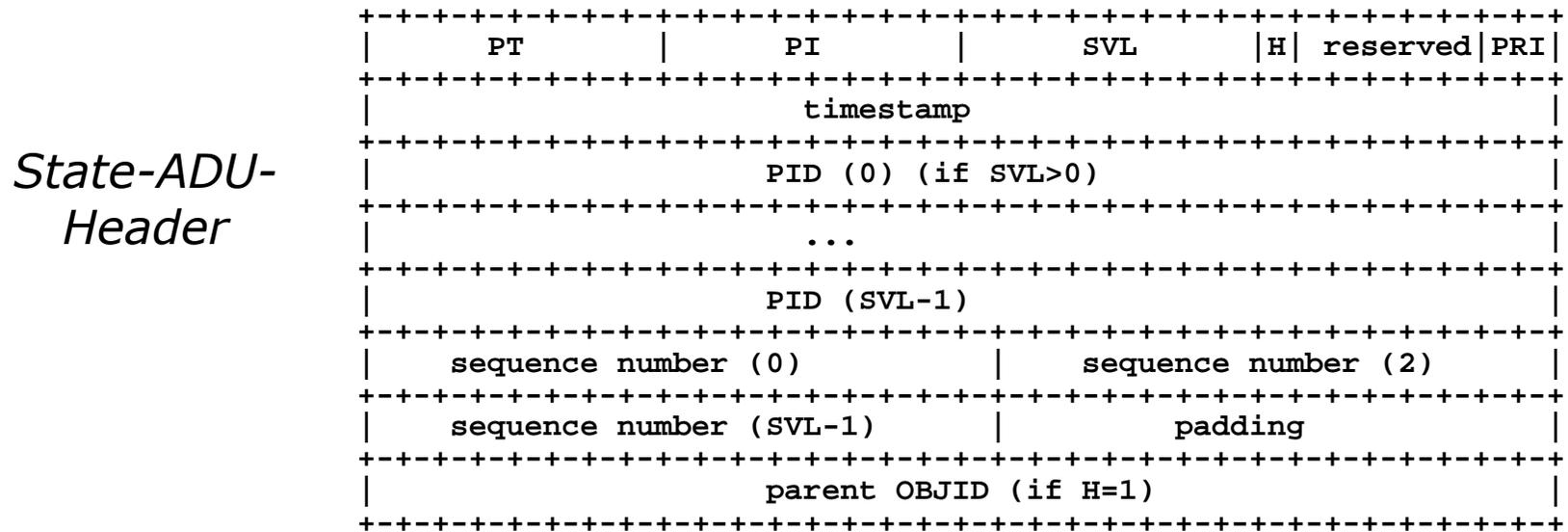
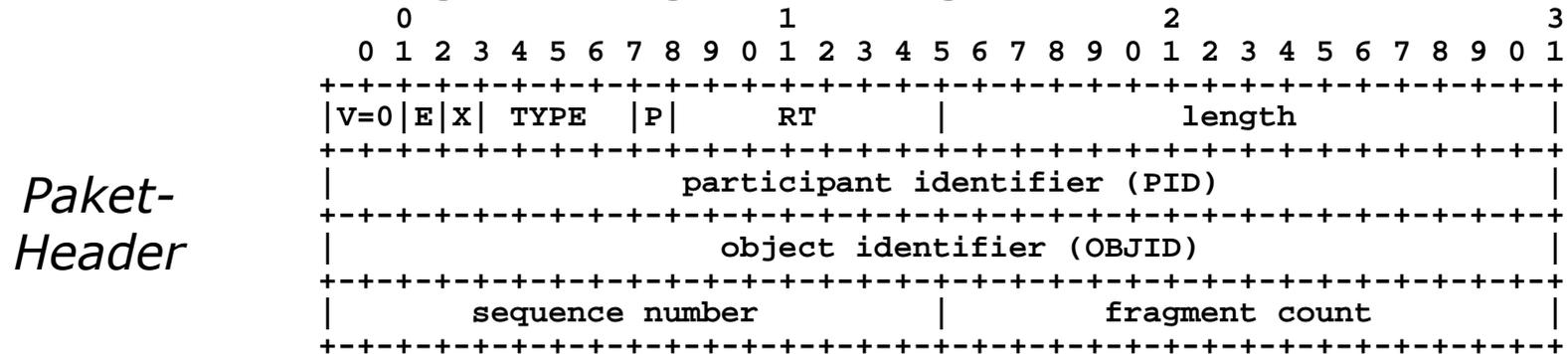
<i>Anwendung</i>	<b>RTP/I</b> R / ALM	
<i>Transport</i>	UDP	TCP
<i>Netzwerk</i>	IP MC	IP

RTP/I – Real-time Transport Protocol für interaktive Anwendungen

- Internet Draft (draft-mauve-rtpi-00.txt)
- Anpassung des Rahmenwerks per Profile und Payload Type
- Bestandteile RTP/I und RTCP/I
- verwendet für TeCo3D, mlb, Spiel und Java Remote Control

# RTP/I - Datenprotokoll

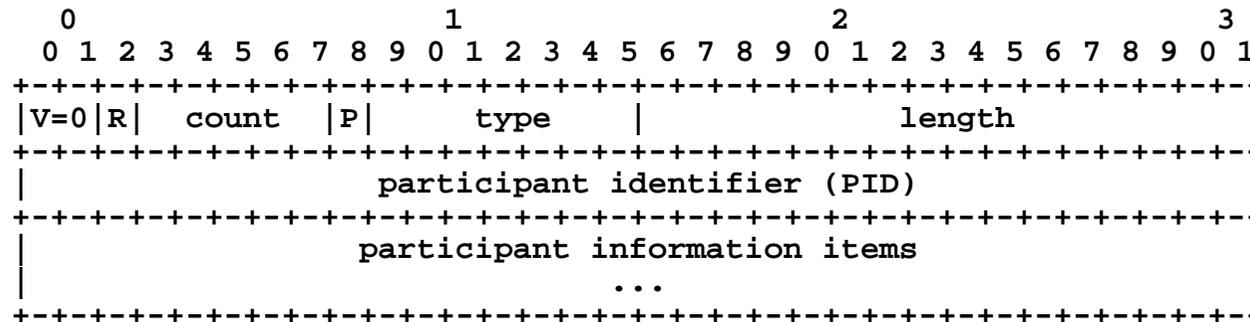
- Datenübertragung nach dem ALF-Prinzip: State, Event, Delta-State, Cue und Query ADUs
- Zusammenfassung und Fragmentierung von ADUs



# RTCP/I – RTP/I Control Protocol

Leichtgewichtige Sitzungskontrolle

- Teilnehmerinformationen: Name, Adresse, Email, ...



- Ein- und Austritt in eine Sitzung

Zustandsinformationen

- Objekte: IDs, Beschreibung (z.B. Typ), aktiv vs. passiv

Austausch per Soft State

- sofortige Ankündigung und kürzere Intervalle für neue/geänderte Informationen
- Bandbreite limitiert (z.B. auf 5%)

# Generische Dienste für RTP/I-Anwendungen

Implementierung von Algorithmen als generische Dienste, z.B.

- zuverlässiger Transport von ADUs
- Verschlüsselung und Authentifizierung
- Floor Control
- Late-Join
- Aufzeichnung und Wiedergabe von Sitzungen

Konsistenzerhaltung (Local Lag, Timewarp, Zustandsanfragen)

- Verwaltung Operations-Historie auf Basis von ADUs
- Ordnung per Zustandsvektor und/oder Zeitstempel

```
class RTPI_ConsistencyControl  
void InsertRtpiAdu(RTPI_ADU adu)  
void SetInsertStateFrequency(Time interval)  
void SetStorageTime(Time time)
```

```
Interface RTPI_ConsistencyControlFeedback  
void ExecuteRtpiAdus(RTPI_ADU_List adus)  
RtpiAdu GetObjectState(ObjId object)  
boolean Conflict(RTPI_ADU adu1, RTPI_ADU adu2)  
boolean Overwrite(RTPI_ADU adu1, RTPI_ADU adu2)
```

# Zusammenfassung

- Netzwerk-Kommunikation ist eine zentrale Komponente von Groupware
- Netzwerk-Qualität hat starken Einfluss auf die Benutzbarkeit von (synchroner) Groupware → User-Feedback erforderlich
- standardisierte Protokolle erlauben interoperable Kommunikation und die (Wieder-)Verwendung von Standard-Funktionalität
- ebenfalls denkbar: Middleware wie CORBA, Java Beans, ...

# Literaturhinweise (1)

- Tanenbaum, A. S. *Computer Networks* (4th Edition). Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 2002
- Floyd, S., Jacobson, V., Liu, C., McCanne, S., and Zhang, L. *A Reliable Multicast Framework for Light-Weight Sessions and Application Level Framing*. In: *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 5, No. 6, pages 784 – 803, 1997
- Chu, Y., Rao, S. G., and Zhang, H. *A Case For End-System Multicast*. In: *Proc. ACM SIGMETRICS*, Santa Clara, CA, USA, pages 1–12, June 2000
- J. Vogel, *Consistency Algorithms and Protocols for Distributed Interactive Applications*, PhD Thesis, University of Mannheim, 2004
- Schulzrinne, H. and Rosenberg, J., *A Comparison of SIP and H.323 for Internet Telephony*, In: *Proc. NOSSDAV*, Cambridge, England, July 1998

## Literaturhinweise (2)

- Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., and Jacobson, V. *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*. Internet Request For Comments, IETF, RFC-3550, July 2003
- Mauve, M., Hilt, V., Kuhmünch, C., Vogel, J., Geyer, W., and Effelsberg, W. *RTP/I: An Application-Level Real-Time Protocol for Distributed Interactive Media*. Internet Draft: draft-mauve-rtpi-00.txt, 2000
- Mauve, M., Hilt, V., Kuhmünch, C., and Effelsberg, W. *RTP/I - Toward a Common Application-Level Protocol for Distributed Interactive Media*. In: IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 3, No. 1, pages 152–161, 2001