

## 2.2 RTP-Paketformat



- Formatkennzeichnung
  - ◆ Payload-Type (7 Bit)
  - ◆ festgelegte Bedeutungen
    - Profile legen Werte fest, z.B. RTP/AVP
    - z.B. 0x08 für G.711 mit A-Law (PCMA), 0x09 für G.722
  - ◆ freie Werte
    - können durch Anwendungen beliebig vergeben werden
    - erfordern Signalisierung
- Markierungsbit
  - ◆ kann formatabhängig für irgendeine Signalisierung genutzt werden
    - wird gegebenenfalls in einem Profil definiert
  - ◆ z.B. Audio:
    - erstes Paket nach einer Sprachpause wird markiert
- \* Profil definiert Größe des Payload-Typs und Menge der Markierungsbits

C.13

## 2.2 RTP-Paketformat (3)



- Identifikation der Datenquelle
  - ◆ Synchronization Source Identifier (SSRC)
    - ◆ 32 Bit
    - ◆ typisch: zufällig gewählt durch Sender
      - bleibt während der Übertragung gleich
      - erlaubt Identifikation einer von mehreren Quellen
- Identifikation beitragender Datenquellen
  - ◆ Contributing Source Identifier (CSRC)
    - ◆ 31 Stück möglich
- Zusatzelemente im Header möglich
  - ◆ Extension-Bit

C.15

## 2.2 RTP-Paketformat (2)



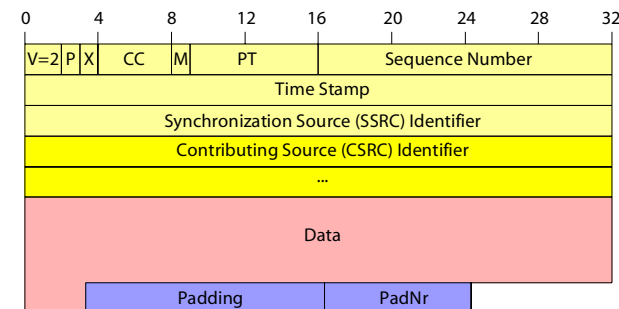
- Sequenznummer
  - ◆ 16 Bit
  - ◆ laufende Nummer des RTP-Pakets
    - erlaubt Erkennung von Paketverlusten
    - erlaubt Erkennung der Reihenfolge
  - ◆ erster Wert ist zufällig
- Zeitstempel
  - ◆ 32 Bit
  - ◆ wird formatabhängig bestimmt
    - wird gegebenenfalls in einem Profil definiert
    - erster Wert ist zufällig
  - ◆ z.B. Audio:
    - Nummer des ersten Samples im Paket bei durchlaufender Samplenummerierung

C.14

## 2.2 RTP-Paketformat (4)



- Aufbau eines RTP-Pakets



- ◆ V=2: Versionsnummer
- ◆ P=1: Padding am Paketende; P=0: kein Padding
- ◆ CC: Anzahl der Contributing Source Identifier
- ◆ M: Markierungsbit
- ◆ PT: Payload-Typ

C.16

## 2.3 RTP-Control-Protocol (RTCP)



- Kontrollpakete
  - ◆ Kommunikationspartner senden sich Kontrolldaten
- Aufgaben
  - ◆ Rückmeldungen zu
    - Paketverlusten
    - implizite Round-Trip-Time-Berechnung
  - ◆ Übermittlung von
    - persistenten Angaben zu RTP-Quellen
  - ◆ minimale Sitzungskontrolle
    - z.B. Abbau von Sitzungen

C.17

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-C-VolP.fm, 2006-11-07 22.40] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

## 2.4 Receiver-Report (RR)



- Mitteilungen von Empfängern

|                                       |   |    |                                  |    |        |    |    |    |
|---------------------------------------|---|----|----------------------------------|----|--------|----|----|----|
| 0                                     | 4 | 8  | 12                               | 16 | 20     | 24 | 28 | 32 |
| V=2                                   | P | RC | PT=201 (RR)                      |    | Length |    |    |    |
| SSRC of Sender                        |   |    |                                  |    |        |    |    |    |
| SSRC of 1st Source                    |   |    |                                  |    |        |    |    |    |
| Fraction Lost                         |   |    | Cumulative Number of Lost Pakets |    |        |    |    |    |
| Last Sequence Number                  |   |    |                                  |    |        |    |    |    |
| Interarrival Jitter                   |   |    |                                  |    |        |    |    |    |
| Last Sender Report Time Stamp (LSR)   |   |    |                                  |    |        |    |    |    |
| Delay Since Last Sender Report (DLSR) |   |    |                                  |    |        |    |    |    |
| SSRC of 2nd Source                    |   |    |                                  |    |        |    |    |    |
| Fraction Lost                         |   |    | Cumulative Number of Lost Pakets |    |        |    |    |    |
| Last Sequence Number                  |   |    |                                  |    |        |    |    |    |

- ◆ RC: Anzahl der Sender, über die berichtet wird
- ◆ pro Sender SSRC ein RR-Eintrag von 24 Byte
- ◆ Payload-Type: PT=201

C.19

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-C-VolP.fm, 2006-11-07 22.40] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

## 2.3 RTP-Control-Protocol (2)



- Aufbau von RTCP-Daten
  - ◆ verschiedene RTCP-Pakettypen
    - Sender-Report (SR): Informationen von Sendern
    - Receiver-Report (RR): Informationen von reinen Empfängern
    - Source-Description-Items (SDES): nähere Angaben zur Quelle
    - Sitzungsende (BYE): beendet die Teilnahme eines Teilnehmers
    - Anwendungsabhängige Information (APP)
  - ◆ typisch: mehrere RTCP-Pakete in einem Paket des Transportprotokolls
    - fixer Header in jedem RTCP-Paket
    - Längenangabe im Header
    - Paketlänge immer Vielfaches von 32 Bit
    - Padding im letzten Paket möglich, ähnlich wie bei RTP

C.18

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-C-VolP.fm, 2006-11-07 22.40] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

## 2.4 Receiver-Report (2)



- RR-Eintrag
  - ◆ SSRC des Senders, über den berichtet wird
  - ◆ Anzahl der verlorenen Pakete seit Sitzungsbeginn
  - ◆ Bruchteil der verlorenen Pakete seit letztem RR
    - Fixkomma-Darstellung: ersten 8 Bit nach dem Komma
  - ◆ Letzte Sequenznummer des Senders
    - erweitert durch Überlaufzählung
  - ◆ Jitter-Berechnung der Paketankunftszeiten
    - Varianz der mittleren Abweichung von gesendeten Paketabständen zu empfangenen Paketabständen
    - gemessen in RTP-Timestamp-Einheiten
  - ◆ Realzeit-Stempel des letzten Sender-Reports des Senders
  - ◆ Verzögerung seit dem letzten Sender-Report in 1/65536 s
    - dient zur Round-Trip-Time-Berechnung

C.20

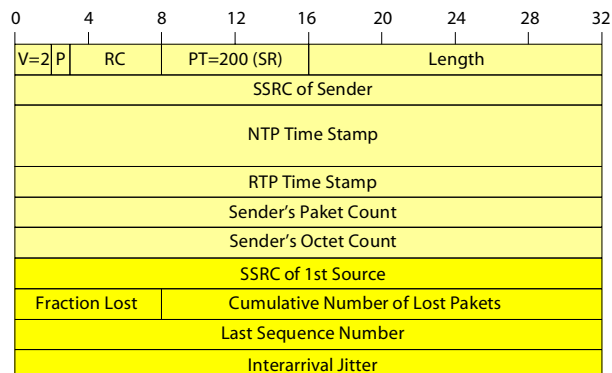
© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-C-VolP.fm, 2006-11-07 22.40] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

## 2.5 Sender-Reports (SR)



### ■ Mitteilungen von Sendern

- ◆ enthalten auch Receiver-Reports



- ◆ RC: Anzahl der Sender, über die berichtet wird
- ◆ Payload-Type: PT=200

C.21

## 2.6 Auswertung der Reports



### ■ Ableitbare Qualitätsmaße der RTP-Übertragung

- ◆ Round-Trip-Time
- ◆ Paketverluste
- ◆ Jitter
- ◆ verfügbare Bandbreite
- ◆ notwendiger Zwischenpuffer
- ◆ Anzeigeverzögerung

### ■ Zuordnung der RTP-Zeistempel an die Realzeit

- ◆ Synchronisation zwischen verschiedenen Strömen möglich
  - z.B. Audio und Video

C.23

## 2.5 Sender-Report (2)



### ■ Sender-Information

- ◆ Realzeit-Stempel des gesendeten Berichts im NTP-Format (64 Bit)
  - Hinweis: LSR im RR enthält nur mittleren 32 Bit (ungenauer)
- ◆ RTP-Zeistempel des gesendeten Berichts im profilabhängigen Format
  - ordnet RTP-Zeitstempel der realen Zeit zu
- ◆ Anzahl aller RTP-Pakete des Senders zu seiner SSRC
- ◆ Anzahl aller Oktets/Bytes des Senders zu seiner SSRC

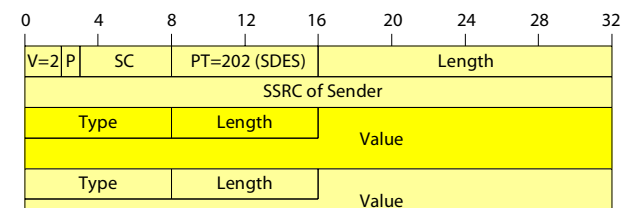
### ■ Empfänger-Informationen im selben Format wie beim RR

C.22

## 2.7 Source-Description (SDES)



### ■ Zusatzangaben zum Sender



- ◆ SC: Anzahl der SDES-Einträge
- ◆ SDES-Einträge können beliebige Länge haben
  - Padding mit Null-Bytes am Ende des Pakets für 32-Bit-Alignment

C.24

## 2.7 Source-Description (2)



- Typen
  - ◆ CNAME (Type=1)
    - Canonical Name
    - möglichst eindeutige und haltbare Identifikation des Teilnehmers
    - z.B. Benutzername@Rechnername
    - z.B. hauck@ygramul.informatik.uni-ulm.de
  - ◆ NAME (Type=2)
    - Benutzername im Klartext
    - z.B. Franz J. Hauck
    - Nutzung z.B. als Teilnehmername bei Videokonferenz
  - ◆ EMAIL (Type=3)
    - Mail-Adresse des Benutzers
    - z.B. franz.hauck@uni-ulm.de
  - ◆ weitere Typen definiert (Telefonnummer, Ortsangabe ...)

C.25

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-C-VolIP.fm, 2006-11-07 22.40] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

## 2.8 Übertragung per UDP/IP (2)



- RTCP
  - ◆ eigener Port vorgesehen
  - ◆ typisch: RTCP-Port ist RTP-Port + 1
  - ◆ typisch: RTP-Port hat gerade Nummer
- Default-Ports für RTP/AVP
  - ◆ RTP: 5004
  - ◆ RTCP: 5005
- Wechsel des RTP-Payload-Typen möglich
  - ◆ Wechsel zwischen verschiedenen Codierungen

C.27

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-C-VolIP.fm, 2006-11-07 22.40] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

## 2.8 Übertragung über UDP/IP



- User Datagram Protocol
  - ◆ paketorientiertes Protokoll
  - ◆ ungesichert
    - Paketverlust, Paketverdoppelung, Umordnung der Reihenfolge
  - ◆ Portnummer pro Rechner identifiziert Anwendung
    - Adressierung erfolgt über IP-Adresse und Port
- RTP
  - ◆ Nutzung eines lokalen Ports als Absenderadresse im Sender
  - ◆ Nutzung eines lokalen Ports als Empfängeradresse im Empfänger
  - ◆ gemeinsame Nutzung möglich

C.26

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-C-VolIP.fm, 2006-11-07 22.40] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

## 2.9 Internettelefonie über RTP



- Zwei RTP-Ströme zwischen zwei Telefonen
  - ◆ jeder verschickt Sender-Reports über RTCP
  - ◆ Anpassung der Codierung anhand von Qualitätsmaßen möglich
- Voraussetzung
  - ◆ IP-Adresse und Portnummer der Gegenstelle bekannt
- ▲ Probleme
  - ◆ IP-Adresse und Portnummer können sich theoretisch ändern
    - „Telefonnummer“ sollte gleich bleiben
    - konfigurierbare Zuordnung wünschenswert
  - ◆ Anruf und Klingeln?
  - ◆ Wählen, Besetztton?
  - ◆ Welche Formate versteht die Gegenstelle?

C.28

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-C-VolIP.fm, 2006-11-07 22.40] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>