

Ein ausfallsicheres Kommunikationssystem für Schiffsbesatzungen auf Basis von VoIP

Workshop PEARL 2006, Boppard

Jörg Rödel, *Robert Baumgartl*

Juniorprofessur Echtzeitsysteme
Fakultät für Informatik
TU Chemnitz
D-09107 Chemnitz

robert.baumgartl@cs.tu-chemnitz.de

1. Dezember 2006

Gliederung

- 1 Einführung
 - Ausgangssituation
 - Hardwarebasis
 - Betriebssystem
- 2 Entwurf des Systems
 - Topologie des Netzes
 - Konferenzmodell
 - Struktur des Clients
- 3 Leistungsbewertung
 - Testplattformen
 - Qualität der Audioübertragung
 - Analyse Audioverarbeitung
 - Analyse Videoverarbeitung
- 4 Zusammenfassung
 - Erkenntnisse

Ausgangssituation

- auf Schiffen bislang zwei getrennte Infrastrukturen für
 - Datenkommunikation
 - Konferenz-Sprachübertragung (Telefonie, z. B. via ATM)
- → Vereinheitlichung möglich?
- → Erweiterung zur Videotelefonie?

Herausforderungen:

- Ausfallsicherheit
- begrenzte Verarbeitungskapazität
- Gewährleistung der Vertraulichkeit

Hardwarebasis Systemknoten

- Axiomtek STX-88602
- VIA Eden (Samuel 2), 400 MHz, passiv gekühlt
- 128 MB RAM, 64 MB Flash
- Bedienung per Touchscreen



- Netzwerk: Ethernet (100 MBit/s)

Betriebssystem des Systemknotens

(Embedded) Linux, weil

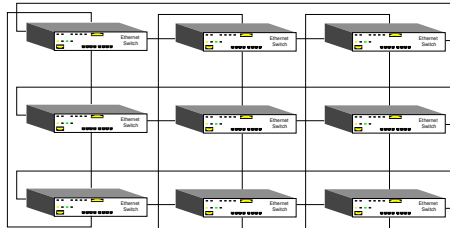
- frei konfigurierbar
- verfügbare Codecs für VoIP
- verfügbare Protokollstacks
- grafische Ausgabe einfach bzw. gut unterstützt
- Meßmechanismen gut implementierbar

Keine Trennung in zeitkritische und -unkritische Prozesse →
RT-Linux unnötig

Einsatz von Linux 2.4.25 für Systemknoten

Topologie

- typische Ethernet-Baumstruktur ungünstig
- Kompromiß: Gitterstruktur
- Ausfall von 4 Switches führt zum Versagen des Gesamtsystems



- Rekonfiguration mittels STP bzw. RSTP

Anforderungen

- Audio- und Videoinformationen jedes Teilnehmers *jedes* Teilnehmers an *alle* anderen Teilnehmer übermitteln
- Überlagern (Mischen) der Audioinformationen zur Konferenz

Gütekriterien:

- Skalierbarkeit
- Fehlertoleranz

Realisierungsalternativen für Audiokonferenz

- 1 Nutzung von IP-Multicast
 - pro Konferenz eine Multicast-Adresse
 - automatische Verteilung
 - Mischen der Audioströme an jedem Knoten
 - ungeeignet für existierende Netzinfrastruktur (Router)
- 2 Peer-to-Peer-Struktur
 - jeder Teilnehmer mit jedem anderen Teilnehmer verbunden
 - dezentrale Mischung
 - Gesamtzahl Verbindungen $n(n - 1)$ → immense Bandbreite
- 3 Zentraler Media Proxy
 - nimmt Ströme entgegen, mischt spezifisch für jeden Teilnehmer, und versendet an diese
 - Gesamtzahl Verbindungen: $2n$
 - Proxy im Client → jeder Client kann Proxy-Rolle übernehmen

Realisierungsalternativen für Audiokonferenz

- 1 Nutzung von IP-Multicast
 - pro Konferenz eine Multicast-Adresse
 - automatische Verteilung
 - Mischen der Audioströme an jedem Knoten
 - ungeeignet für existierende Netzinfrastruktur (Router)
- 2 Peer-to-Peer-Struktur
 - jeder Teilnehmer mit jedem anderen Teilnehmer verbunden
 - dezentrale Mischung
 - Gesamtzahl Verbindungen $n(n - 1)$ → immense Bandbreite
- 3 **Zentraler Media Proxy**
 - nimmt Ströme entgegen, mischt spezifisch für jeden Teilnehmer, und versendet an diese
 - Gesamtzahl Verbindungen: $2n$
 - Proxy im Client → jeder Client kann Proxy-Rolle übernehmen

Protokollauswahl

VoIP kann implementiert werden via:

- Session Initiation Protocol (SIP)
- H.323
- Skype (proprietär)
- Interasterisk Exchange (IAX)
- Skinny Client Control Protocol (SCCP; Cisco)

Einfache Codecs:

- Audio: G.711 (8 Bit, 8kHz, A-Law/ μ -Law)
- Video: H.261 (352×288 oder 175×144 Pixel)

Protokollauswahl

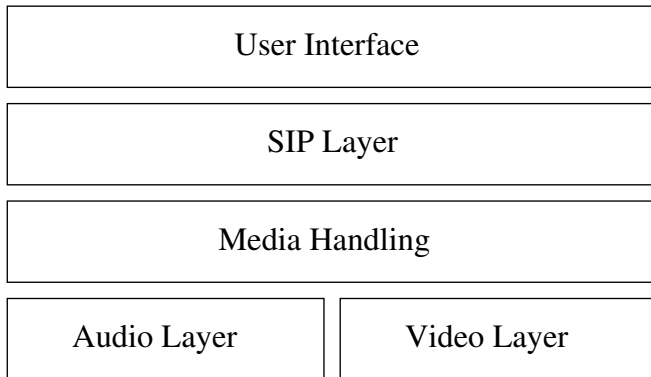
VoIP kann implementiert werden via:

- **Session Initiation Protocol (SIP)**
- H.323
- Skype (proprietär)
- Interasterisk Exchange (IAX)
- Skinny Client Control Protocol (SCCP; Cisco)

Einfache Codecs:

- Audio: G.711 (8 Bit, 8kHz, A-Law/ μ -Law)
- Video: H.261 (352×288 oder 175×144 Pixel)

Aufbau des Clients



Experimentalplattformen

Prozessor	VIA Eden Samuel 2	Pentium M 735 „Dothan“	AMD Athlon „Thunderbird“
Plattform	Embedded	Mobile	Desktop
f_c [MHz]	400	1500	1400
RAM [MB]	128	512	128
L1 [KiB]	64+64	32+32	64+64
L2 [KiB]	64	2048	256

Wieviel Paketverlust ist tolerabel?

Subjektive Tests zur Beurteilung der Qualität der Audioübertragung:

Verl.-Wkt.[%]	Fehler	subjektive Qualität
0	keine	ausgezeichnet
1–4	hörbar	gut
5–12	signifikant	akzeptabel
13–16	sehr hoch	noch verständlich
> 16	extrem	unverständlich

Fazit:

- willkürlich 2% Verlustwahrscheinlichkeit als Obergrenze definiert
- weitere Untersuchungen erforderlich

Erreichbare Anzahl der Konferenzteilnehmer (Audio)

Plattform: Embedded									
Teilnehmer	14	15	16	17	18	19	20	21	22
verloren	0	0	0	0	0	0	253	500	716
Plattform: Mobile									
Teilnehmer	59	60	61	62	63	64	65	66	67
verloren	0	5	6	14	13	134	225	314	437
Plattform: Desktop									
Teilnehmer	50	51	52	53	54	55	56	57	58
verloren	0	0	0	116	274	344	439	522	635

Verlorene Pakete in Abhängigkeit von der Teilnehmerzahl (3000 Pakete, 1 min)

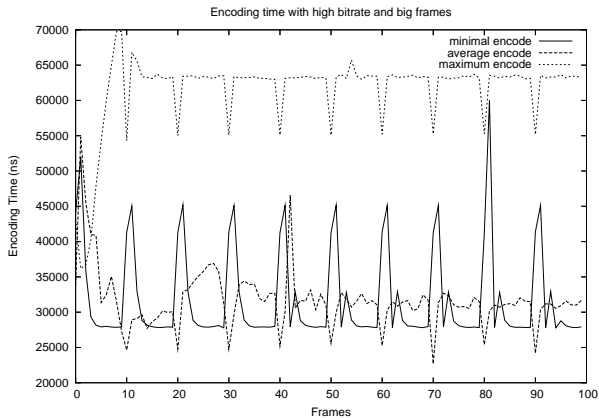
Untersuchte Einflußgrößen

- H.261 unterstützt zwei Auflösungen
 - 352x288 Pixel („groß“)
 - 176x144 Pixel („klein“)
- zwei Bitraten aus der Empfehlung
 - 400 kBit/s („schnell“)
 - 8 kBit/s („langsam“)
- Charakteristik des Videobildes
 - Standbild
 - Bild eines Sprechers („normal“)
 - zufällig generierte Informationen („Zufall“)

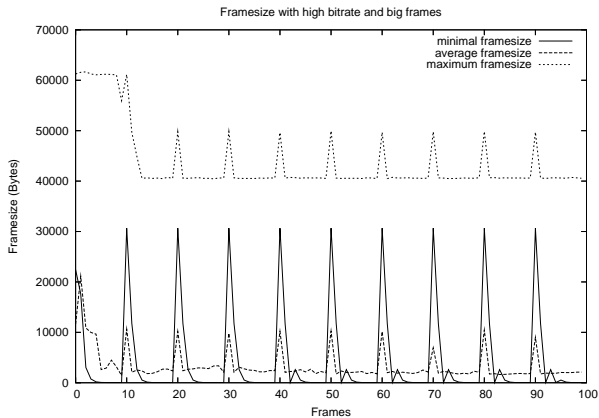
Videoverarbeitung im Embedded System

Charakter	Größe	Bitrate	Ø Zeiten [ms]	
			Kodieren	Dekodieren
Stand	klein	langsam	7.333	5.285
		schnell	7.894	5.640
	groß	langsam	21.819	21.777
		schnell	31.844	24.580
Normal	klein	langsam	6.969	5.714
		schnell	9.910	7.341
	groß	langsam	28.197	24.553
		schnell	31.702	25.992
Zufall	klein	langsam	15.717	11.136
		schnell	16.097	11.394
	groß	langsam	62.591	46.704
		schnell	61.551	45.961

Zeiten für Videokodierung, Embedded-Plattform



Verteilung der Framegröße, Embedded-Plattform



Fazit Analyse Videoverarbeitung

- Video-Raten zwischen 9 und 78 Bilder/s möglich pro Teilnehmerpaar
- Standbild und Sprecherbild haben identische Verarbeitungszeiten, aber unterschiedliche Framegrößen
- Zufallsbild ist (unrealistischer) Grenzfall
- Mobile-Plattform ist um Faktor 7-10 schneller als Embedded-Plattform

Erkenntnisse

- Vereinheitlichung der Kommunikationsinfrastruktur möglich
- Nachweis der Funktionsfähigkeit der Audiokonferenz erbracht
- Rechenzeitbedarf determiniert maximale Teilnehmeranzahl, Bandbreite irrelevant
- Videokonferenz nur mit schlechter Qualität realisierbar

Folgearbeiten

- präzisere Bewertung der Sprachqualität (trainierte Probanden)
- Untersuchung komplexerer Audiocodecs (Verbesserung der Qualität vs. Rechenzeitbedarf)
- Leistungsverbesserung durch
 - Einsatz von SSE,
 - Nutzung eines DSP (z. B. AD Blackfin).
- Senkung der Rekonfigurationszeit des Netzes nach Teilausfall
- Nutzung der *Padlock Engine* zur Verschlüsselung