Computergestützte Gruppenarbeit

10. Late-Join

Dr. Jürgen Vogel

European Media Laboratory (EML)
Heidelberg

SS 2006

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

- Einleitung
- Design von Late-Join-Algorithmen
- Ausgewählte Verfahren
  - SRM
  - NSTP
  - Late-Join-Dienst mit Politiken
- Konsistenz der Late-Join-Daten

Einleitung

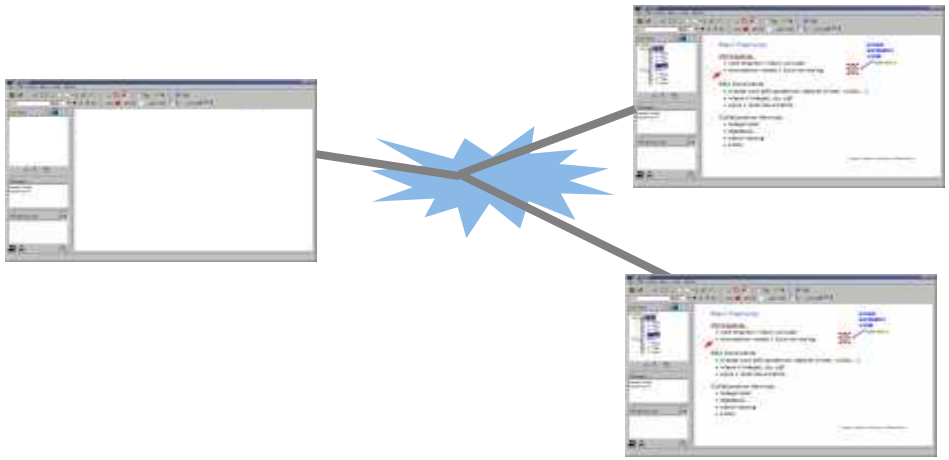
Groupware unterstützt meist dynamische Mitgliedschaft

- Benutzer können eine Sitzung jederzeit betreten/verlassen
- neue Mitglieder haben alle Zustandsänderungen seit Beginn der Sitzung verpasst

➡ initialer (i.d.R. leerer) Zustand ≠ aktueller Zustand

➡ Late-Join: Initialisierung neuer Anwendungsinstanzen

➡ auch im Fehlerfall (Netzwerkpartitionierung, Absturz, …)



Inhalt

- Einleitung
- Design von Late-Join-Algorithmen
- Ausgewählte Verfahren
  - SRM
  - NSTP
  - Late-Join-Dienst mit Politiken
- Konsistenz der Late-Join-Daten

Design von Late-Join-Algorithmen

Ziel: (teilweise) Initialisierung von Instanzen

Definitionen

- Late-Join-Client = zu initialisierende Instanz
- Late-Join-Server = Datenquelle
- Late-Join-Daten = relevante Initialisierungsinformationen
- Late-Join-Anfrage = Anfrage eines LJ-Clients

Die Rollen LJ-Client und LJ-Server können dynamisch sein

Anforderungen an LJ-Verfahren

- geringe *Initialisierungsverzögerung*
  - Zeitspanne zwischen Eintritt und Möglichkeit zur aktiven Teilnahme
  - kritisch bei umfangreichem Zustand
- geringe *Netzwerk-Last* durch LJ-Daten
- geringe *Anwendungskomplexität* (Daten und Rechenzeit)
- *Robustheit* gegen Fehler
- *Konsistenz* der LJ-Daten
  - nach Abschluss der Initialisierung
  - erfordert ggf. zusätzliche Konsistenzerhaltungs-Mechanismen

Problembereiche

- Selektion eines LJ-Servers
- Umfang und Art der LJ-Daten
- Zeitpunkt der Initialisierung
- Übertragung der LJ-Daten
- Konsistenz der LJ-Daten

Selektion eines Late-Join-Servers

1) Zentralisierte Architektur

- Daten-Server ist auch LJ-Server
- keine zusätzliche Verzögerung durch Selektionsverfahren
- keine zusätzlichen Konsistenz-Mechanismen erforderlich
- keine zusätzliche Anwendungs- und Netzwerklast für unbeteiligte Instanzen
- Nachteile von C/S-Architekturen: Skalierbarkeit, Serverausfall, Netzbelastung beim Server
- ggf. mehr als ein Server und/oder wechselnde Server

2) Verteilte Architektur

- replizierte Datenhaltung → mehrere potentielle LJ-Server
- erfordert Verfahren zur Selektion des LJ-Servers
- zusätzliche Verzögerung
- Belastung aller Instanzen, aber auch Lastverteilung
- Konsistenz der LJ-Daten muss sichergestellt werden
- Robust und skalierbar

Problembereiche

- Selektion eines LJ-Servers
- Umfang und Art der LJ-Daten
- Zeitpunkt der Initialisierung
- Übertragung der LJ-Daten
- Konsistenz der LJ-Daten

Umfang der Late-Join-Daten

1) Komplette Initialisierung

- LJ-Client erhält Daten zur Berechnung des kompletten Zustands

\+ geringe Komplexität

\- hohe Initialisierungsverzögerung, Netzwerk- und Anwendungs-belastung bei umfangreichem Zustand

2) Teilweise Initialisierung

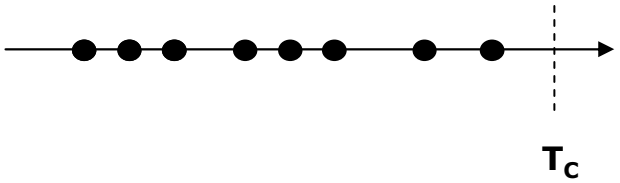
- LJ-Client erhält nur Teile des aktuellen Zustands (z.B. alle aktiven Objekte)

➡ zusätzliche Logik: wann sollen welche Teile übertragen werden?

➡ *LJ-Politik*

Art der Late-Join-Daten (1)

1) Replay der Operations-Historie



- LJ-Client berechnet aktuellen Zustand aus kompletter Historie
- Übertragung beginnt mit wohlbekanntem initialen Zustand

Bewertung

+ einfache Implementierung
+ keine zusätzliche Konsistenzerhaltung
- ineffizient, da die Historie irrelevante Informationen enthält:
  - mittlerweile gelöschte Objekte
  - sich überschreibende Änderungen, z.B. mehrfaches Verschieben eines Objekts
- erfordert unbegrenzte Speicherung der Historie
- Rekonstruktion aufwendig, z.B. per Timewarp für kontinuierliche Anwendungen

Art der Late-Join-Daten (2)

2) Kopie des aktuellen Zustands

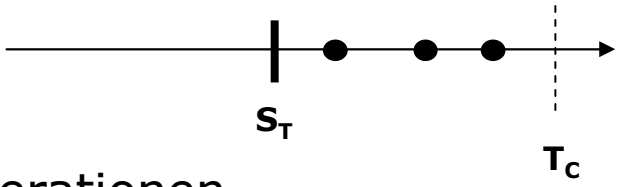
- LJ-Client erhält Zustand S_{T_C} (oder Teile hiervon)

Bewertung

+ effizienteste Form der Übertragung in Bezug auf Initialisierungs-Verzögerung und Netzwerklast
- Snapshot ggf. aufwendig für LJ-Server
- Konsistenz von S_{T_C}

Art der Late-Join-Daten (3)

3) Sequenz aus Zustand und Historie



- Kombination aus (1) und (2): übertrage älteren Zustand S_T und alle folgenden Operationen

Bewertung

+ gegenüber (2) vereinfachte Konsistenzerhaltung
+ Timewarp: älterer Zustand bereits in der Historie des LJ-Servers
- weniger effizient als (2), aber besser als (1) (hängt von T_C – T ab)

Problembereiche

- Selektion eines LJ-Servers
- Umfang und Art der LJ-Daten
- Zeitpunkt der Initialisierung
- Übertragung der LJ-Daten
- Konsistenz der LJ-Daten

Übertragung der Late-Join-Daten

1) Punkt-zu-Punkt (Unicast)

- direkte Verbindung zwischen LJ-Client und LJ-Server

\+ optimiert Netz- und Anwendungsbelastung bezogen auf einzelne Initialisierung

\- limitierte Verbindungsanzahl schränkt Skalierbarkeit ein

\- Wartezeit erhöht Initialisierungsverzögerung

2) Gruppenkommunikation (Multicast)

- Übertragung von LJ-Daten per Multicast
  → alle oder eine Teilmenge der Instanzen empfangen Daten

\+ Übertragung kann mehr als einen LJ-Client initialisieren
→ optimiert Netz- und Anwendungsbelastung bezogen auf gesamte Sitzung

\- Belastung unbeteiligter Instanzen

Inhalt

- Einleitung
- Design von Late-Join-Algorithmen
- Ausgewählte Verfahren
  - SRM
  - NSTP
  - Late-Join-Dienst mit Politiken
- Konsistenz der Late-Join-Daten

Scalable Reliable Multicast (SRM)

SRM: Zuverlässiges Multicast-Protokoll, das auf UDP aufsetzt

➡ Reparatur von Paketverlusten mit Feedback Raise-Algorithmus

LJ-Algorithmus von SRM

- LJ-Client hat den Datenverkehr seit Beginn der Sitzung verpasst
- aus Sicht von SRM: kompletter Paketverlust

➡ repariere Verluste zur Auslieferung der Paket-Historie

Klassifikation

- verteiltes Verfahren mit dynamischer Selektion des LJ-Servers
- vollständige Initialisierung
- Replay der kompletten Operations-Historie
- sofortige Initialisierung
- Übertragung per Multicast
- anwendungsunabhängiger Ansatz

Notification Service Transport Protocol (NSTP)

NSTP: C/S-Architektur mit generischem Server

- Verwaltung von Objekten in Interessensbereichen
- abstraktes Datenmodell auf Basis von States und Events

LJ-Algorithmus von NSTP

- LJ-Client kontaktiert NSTP-Server und erhält die Zustände des gewählten Interessensbereichs

Klassifikation

- zentralisiertes Verfahren mit wohlbekanntem LJ-Server
- teilweise Initialisierung
- Initialisierung mit aktuellem Zustand
- sofortige Initialisierung
- Übertragung per Unicast
- anwendungsunabhängiger Ansatz

Late-Join-Dienst mit Politiken (1)

Überblick

- generischer Dienst für Anwendungen mit P2P-Architektur auf Basis des allgemeinen Datenmodells
- Ablauf wird vom LJ-Client gesteuert
- dynamische Selektion von Instanzen per EFR
- Anwendung kann Umfang und Zeitpunkt der Initialisierung individuell festlegen
- Initialisierung mit älterem Zustand und folgenden Operationen
- Übertragung per Multicast

Late-Join-Politiken (1)

Anwendung mit partitioniertem Zustand

Idee

- teilweise Initialisierung
- Berücksichtigung des aktuellen Bedarfs der Anwendung
- ➡ objektspezifische Initialisierungs-Strategie → LJ-Politik

Beispiel: Shared Whiteboard

- LJ-Client benötigt aktive Objekte sofort
- passive Objekte erst, wenn ältere Seiten reaktiviert werden
- ➡ Reduktion der Initialisierungsverzögerung und der Netzlast
- ➡ Voraussetzung: LJ-Client hat Meta-Informationen über den Anwendungszustand (z.B. aktive/passive Objekte)

Late-Join-Politiken (2)

LJ-Politiken

- Anwendung steuert objektspezifische Initialisierungs-Strategie
- statische oder dynamische Auswahl
- mögliche Politiken:
  - *keine Initialisierung*: Anwendung hat kein Interesse
  - *sofortige Initialisierung*: Objekt wird schnellstmöglich benötigt (z.B. aktive Objekte)
  - *ereignisgesteuerte Initialisierung*: Objekt wird erst im Fall einer Zustandsänderung benötigt
  - *kapazitätsgesteuerte Initialisierung*: Initialisierung bei freien (Netzwerk-)Ressourcen

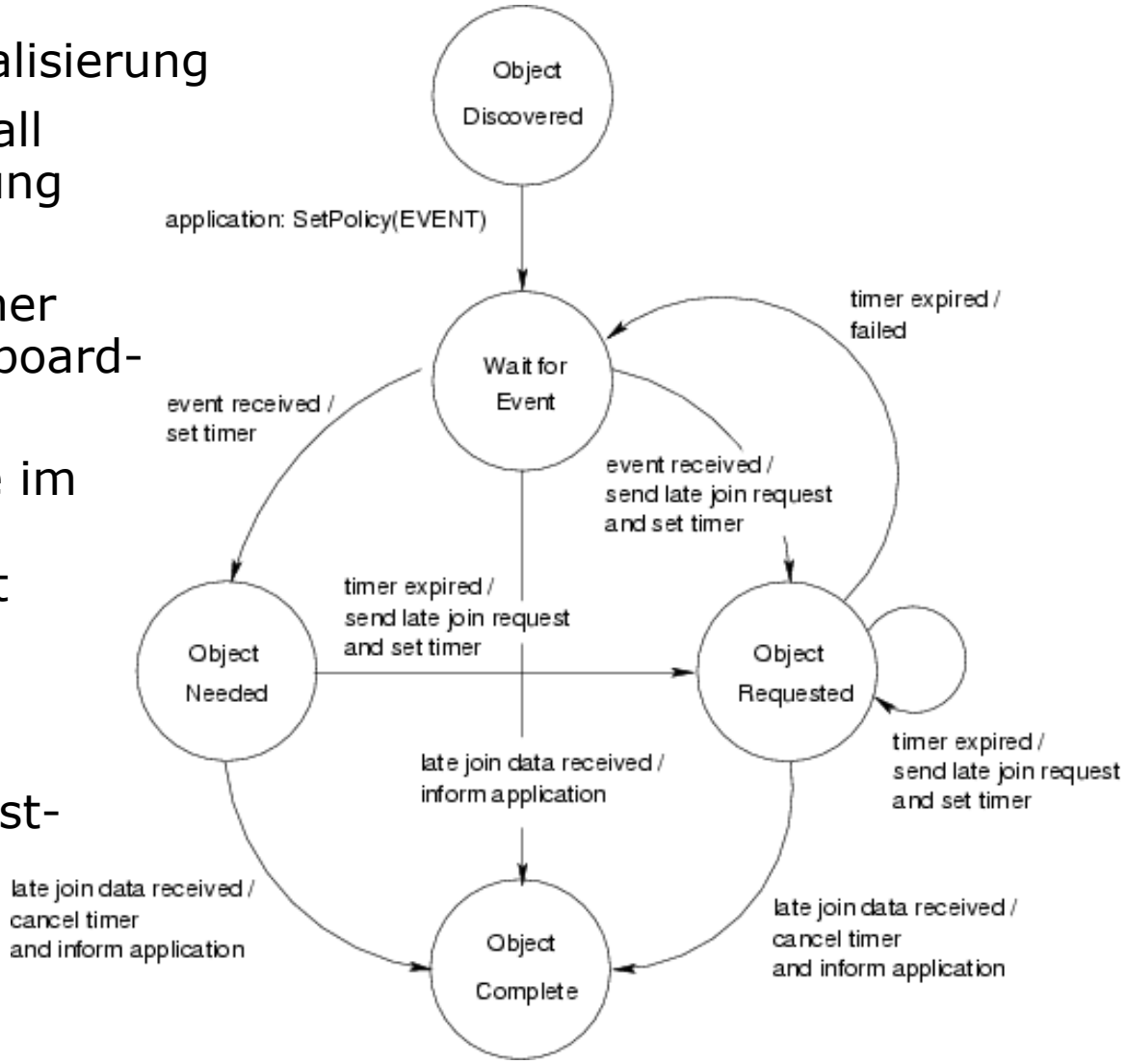
Late-Join-Politiken (3)

Ereignisgesteuerte Initialisierung

- Objekt wird erst im Fall einer Zustandsänderung benötigt
- z.B. Reaktivierung einer älteren Shared Whiteboard-Seite

➡ ignoriere Objekte, die im weiteren Verlauf der Sitzung nicht benötigt werden

➡ erhöhe Wahrschein-lichkeit für Mehrfach-nutzung einer Multicast-Übertragung durch mehrere LJ-Clients



Late-Join-Politiken (4)

Bewertung

+ Einsatz von LJ-Politiken kann Initialisierungsverzögerung, sowie Netzwerk- und Anwendungsbelastung stark reduzieren (siehe Simulationsergebnisse unten)
+ anwendungsunabhängige Realisierung auf Basis des Datenmodells
- Verzögerung der Initialisierung kann zu Datenverlust führen: Austritt der letzten besitzenden Instanz

Übertragung von Late-Join-Daten

Übertragung: (1) Anwendungsdaten, (2) LJ-Anfragen, (3) LJ-Daten

Multicast-Gruppen

1	Anwendungsdaten LJ-Anfragen LJ-Daten	Anwendungsdaten LJ-Anfragen	Anwendungsdaten
2		LJ-Daten	LJ-Daten
3			LJ-Anfragen

+ gleichzeitige Initialisierung mehrerer LJ-Clients
+ geringe Komplexität
– alle Instanzen empfangen LJ-Daten und Anfragen

+ reduzierte Netz-belastung
– alle Instanzen empfangen LJ-Anfragen
– Management-Overhead für 2te Gruppe

+ sehr geringe Netzbelastung durch LJ
– Management-Overhead für 2te und 3te Gruppe

Late-Join mit 3 Multicast-Gruppen (1)

Gruppen: (1) alle Instanzen, (2) Server-Gruppe, (3) Client-Gruppe

(1) LJ-Server-Gruppe

- sende LJ-Anfragen zunächst an Server-Gruppe
- Selektion eines bestimmten Servers per EFR
- Antwort an Client-Gruppe (→ Daten) und Server-Gruppe (→ ACK)
- Teilnehmer sind einige wenige Instanzen:
  - günstig platziert → Verzögerung
  - mächtig → Antwortfähigkeit
  - → Reduktion der gesamten Netz- und Instanz-Belastung
- Fragestellungen:
  1. Bestimmung der Mitglieder
  2. Fehlerfall: kein passender Server für Anfrage

Fehlerfall

- zweite Anfragerunde: sende Anfrage an Anwendungsgruppe

Late-Join mit 3 Multicast-Gruppen (2)

Bestimmung der Mitglieder

- Kriterien
  - Abdeckung aller Objekte → verhindert zweite Anfrage-Runde
  - geringe Teilnehmer-Anzahl Server-Gruppe N^{SG} → Netzverkehr, doppelte Selektion, beteiligte Instanzen
  - Stabilität der Gruppe (Anzahl Ein- und Austritte) → Overhead
  - Fairness → gleichmäßige Belastung aller Instanzen
  - Komplexität → Overhead
- Algorithmen
  - Verteilt: Informationsaustausch zur Bestimmung der optimalen Zusammensetzung, z.B. Objektbesitz
    → Komplexität und zusätzliche Netzbelastung
  - Isoliert: individuelle Entscheidung über Eintritt und Austritt
  - Anwendungsbestimmt: Anwendung entscheidet, z.B. wenn Floor Control zum Einsatz kommt

Late-Join mit 3 Multicast-Gruppen (3)

Isolierte Teilnehmer-Bestimmung

- Austritt: Timeout, wenn keine Anfrage mehr beantwortet wurde

  $t_l = T_m\ (\gamma\ O_p/O + (1-\gamma)R_a/R\ )$

  T_m durchschnittliche Mitgliedschafts-Zeitdauer

  O_p Anzahl verfügbarer Objekte

  O Anzahl aller Objekte

  R_a Anzahl beantworteter Anfragen

  R Anzahl aller Anfragen

  γ Gewichtung

  → Ziel: geringe Anzahl potenter Server

  → minimale Gruppengröße N^{SG}_{min}

- Eintritt: angepasster EFR-Algorithmus

  $t = T_{max}(\gamma(1-O_p/O) + (1-\gamma)(1+\log_N x))$

  T_{max} maximale Wartezeit

  x Zufallsvariable

  → je mehr Objekte, desto kürzer t

Late-Join mit 3 Multicast-Gruppen (4)

(2) LJ-Client-Gruppe

- Verteilung der LJ-Daten → im Idealfall (Politik!) Mehrfachnutzung
- Instanz wird Mitglied bei Eintritt in die Sitzung
- Dauer der Mitgliedschaft:
  - (1) Empfang aller Daten
  - (2) Timeout (mit Wiedereintritt bei Bedarf)

Simulationsergebnisse

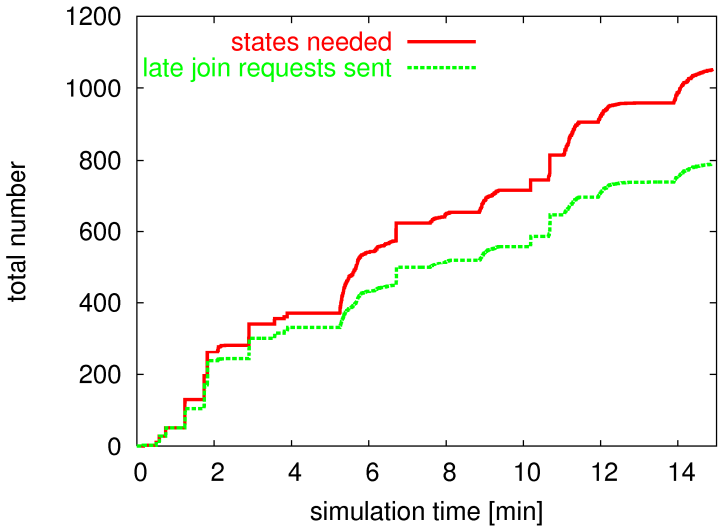
Simulation von LJ-Algorithmen

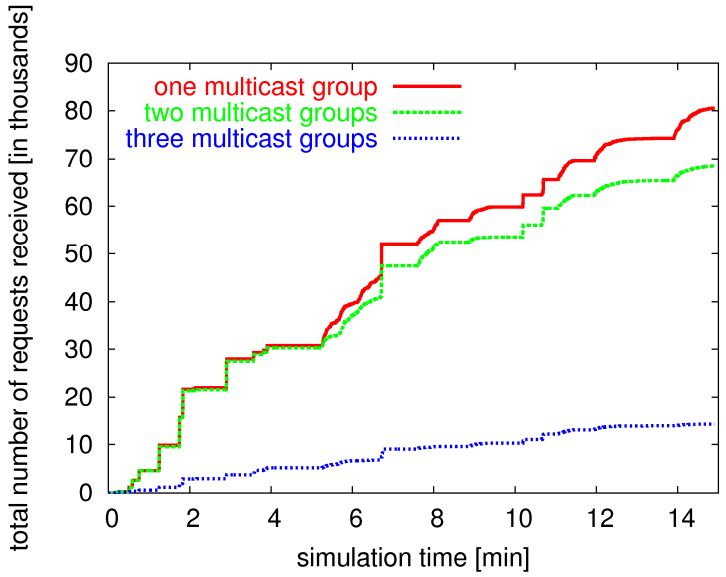
- diskrete Ereignis-Simulation mit einfachem Netzwerk-Modell
- Analyse verschiedener Politiken und Übertragungsmethoden
- verschiedene Szenarien mit simuliertem Benutzerverhalten
  - Ein- oder Austritt in die Sitzung
  - erzeuge Objekte oder ändere Objekte
  - aktiviere oder deaktiviere Objekte

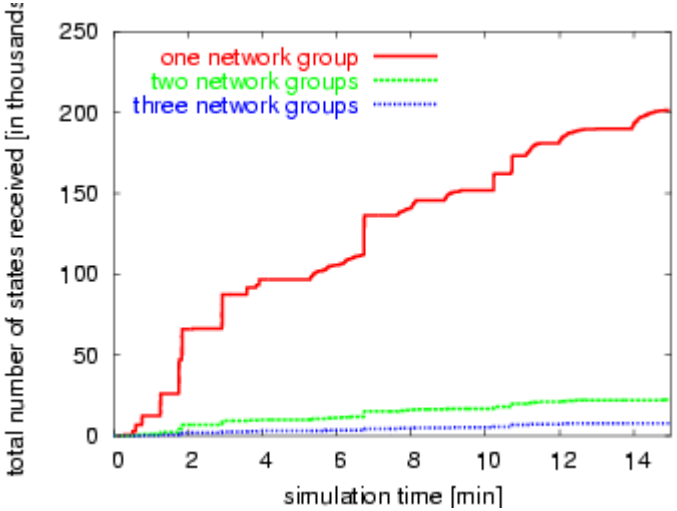
Szenario 1: Shared Whiteboard-Sitzung

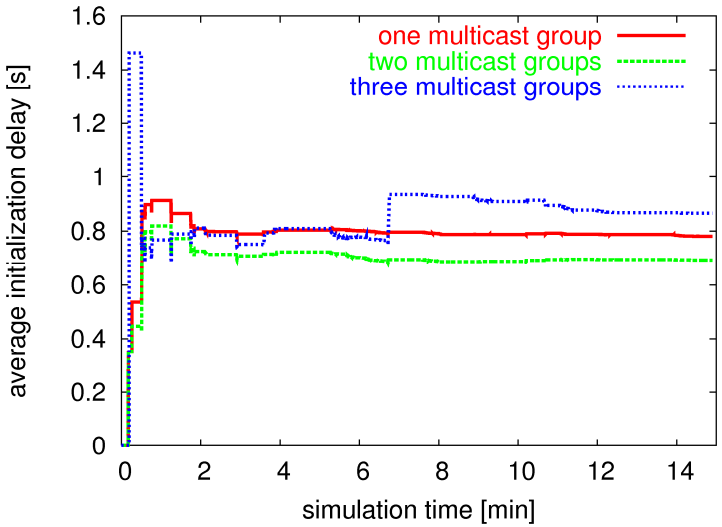
- Analyse der Datenübertragung: 1,2 oder 3 Gruppen
- maximal 100 Teilnehmer (Start mit 80)
- 15 Minuten, 14 Seiten, 570 Objekte, 3.300 Events
- Ereignis-Gesteuerte Politik
- Ende-zu-Ende Netzverzögerung $\in$ [3ms,480ms], $\varnothing$ 230ms
- T_{max} = 500ms
- N^{SG}_{min} = 3

Simulationsergebnisse (2)









Inhalt

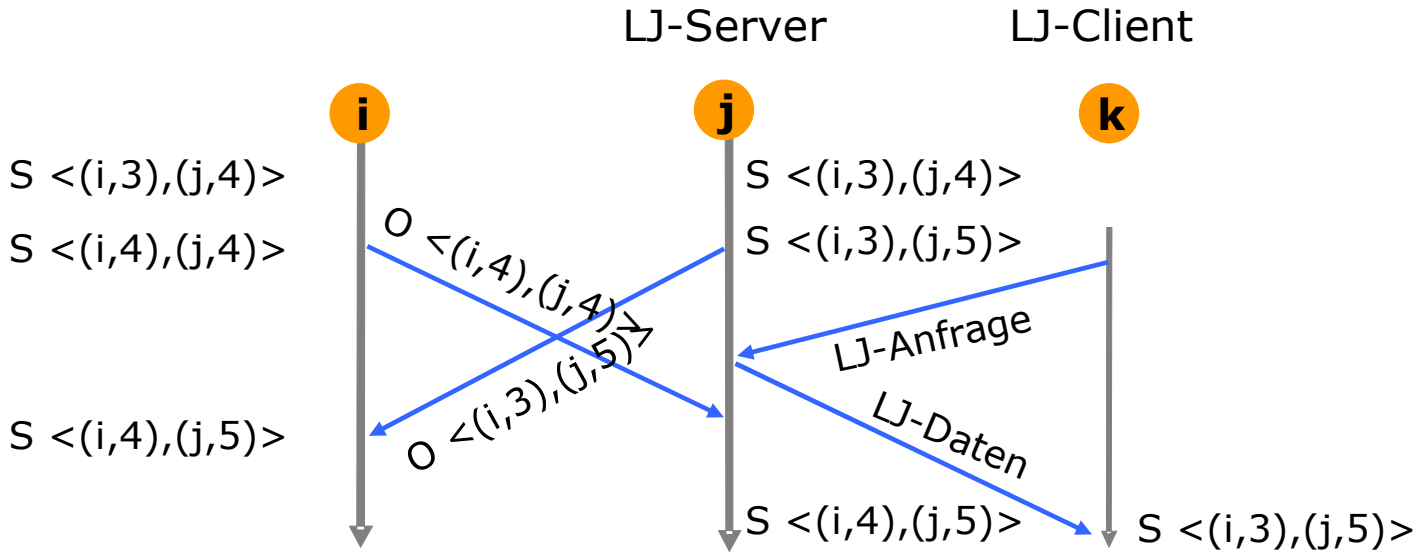
- Einleitung
- Design von Late-Join-Algorithmen
- Ausgewählte Verfahren
  - SRM
  - NSTP
  - Late-Join-Dienst mit Politiken
- Konsistenz der Late-Join-Daten

Konsistenz der Late-Join-Daten

Ziel: LJ-Client hat konsistenten Zustand nach der Initialisierung

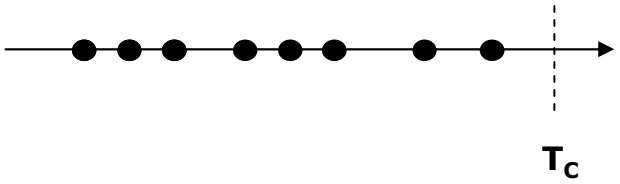
1) Zentralisierte Architektur
- LJ-Server stellt die vollständige Initialisierung sicher
- keine zusätzlichen Konsistenz-Mechanismen erforderlich

2) Verteilte Architektur
- zentrales Problem: keine Konsistenz-Garantie für lokale Zustände



Replay der Operations-Historie

- LJ-Client berechnet aktuellen Zustand
- Historie muss vollständig sein: Verluste können per SV/SN erkannt werden
- diskrete Anwendungen: Reihenfolge beachten
- kontinuierliche Anwendungen: Ausführungszeitpunkte beachten
- Übertragungsmethode hat keinen Einfluss



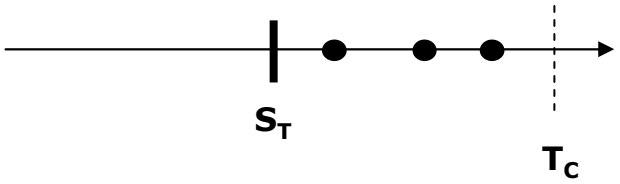
Kopie des aktuellen Zustands

- nur Instanzen ohne bewusste temporäre Inkonsistenz oder Unvollständigkeit sind potentielle LJ-Server

- mangelnde Konsistenzgarantie erfordert zusätzliche Maßnahmen

1. iterative Zustandsübertragung
   - empfangende Instanzen überprüfen Konsistenz/Vollständigkeit
   - ggf. erneute Zustandsübertragung
   - bei Verwendung einer Multicast-Gruppe
   → schnelle Reparatur
2. iterative Zustandsanfrage
   - LJ-Client überprüft anhand periodischer Sitzungsnachrichten Konsistenz/Vollständigkeit
   - ggf. erneute LJ-Anfrage
   - bei Verwendung von zwei oder drei Multicast-Gruppen
   → konzentriert Belastung auf LJ-Client

Sequenz aus Zustand und Historie



- Voraussetzung vieler Konsistenzer-haltungs-Mechanismen ist eine lokale Operations-Historie
  → Reparatur auf Basis lokaler Informationen
- Initialisierung mit der Historie würde dem LJ-Client die lokale Reparatur von temporären Inkonsistenzen ermöglichen
  → Übertragung der kompletten Historie ist ineffizient
- Idee: Übertrage älteren Zustand plus Teil-Historie
- größtenteils lokale Reparatur möglich: $\forall\ O_{j,t^o,t^*}$ mit $t^* > T$
- in den meisten Szenarien sollte $T_C - T \approx 1s$ ausreichen

Zusammenfassung

- Late-Join: Initialisierung neue Sitzungsteilnehmer
- Art und Umfang der Initialisierung: LJ-Politiken
- Übertragung von LJ-Anfragen und –Daten
- "schlechter" LJ-Algorithmus kann hohe Initialisierungsverzögerung, Netzwerk- und Anwendungsbelastung verursachen
- LJ erfordert ggf. zusätzliche Konsistenzerhaltungs-Verfahren

Literaturhinweise

- Vogel, J., Mauve, M., Hilt, V., and Effelsberg, W. *Late Join Algorithms for Distributed Interactive Applications*. In: ACM/Springer Multimedia Systems, Vol. 9, No. 4, pages 327–336, 2003.
- J. Vogel, Consistency Algorithms and Protocols for Distributed Interactive Applications, PhD Thesis, University of Mannheim, 2004.
- Geyer, W., Vogel, J., and Mauve, M. *An Efficient and Flexible Late Join Algorithm for Interactive Shared Whiteboards*. In: Proc. ISCC, Antibes, France, pages 404–409, July 2000.
- 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.
- Patterson, J. F., Day, M., and Kucan, J. *Notification Servers for Synchronous Groupware*. In: Proc. ACM CSCW, Cambridge,MA, USA, pages 122–129, November 1996.