Verteilte Systeme – Übung

Aufgabe 6

Sommersemester 2025

Harald Böhm, Christian Berger, Tobias Distler

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Informatik 4 (Systemsoftware)
https://sys.cs.fau.de

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Überblick

Aufgabe 6

Aufgabe 6

Übungsaufgabe 6: Überblick

- Verteilte Synchronisation mittels Lamport-Lock-Protokoll (für alle)
  - Sperrobjekt: Blockieren/Deblockieren und Umwandlung von lokalen Sperranfragen in Ereignisse für Lamport-Lock-Protokollkomponente

```
public class VSLamportLock {
    public void lock();
    public void unlock();
}
```

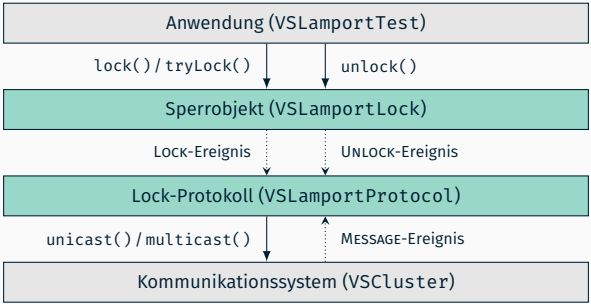
  - Implementierung der Lamport-Lock-Protokollkomponente

```
public class VSLamportProtocol {
    public void init();
    public void event(VSLamportEvent event);
}
```

- Zeitbeschränkte Sperrversuche (optional für 5,0 ECTS)
  - Spezifizierbare, maximale Wartedauer
  - Schnittstellenerweiterung

```
public boolean tryLock(long timeout, TimeUnit unit) throws InterruptedException;
```

Zusammenspiel der Komponenten



- Bereitgestellte *Test-Anwendung* mit 4 Testfällen
- Zu implementierende Lock-Protokoll-Logik
  - **Benutzerschnittstelle** (Sperrobjekt)
  - **Protokollschicht** (Lock-Protokolll)
- Bereitgestelltes *Kommunikationssystem*: Klasse zum zuverlässigen Senden von Nachrichten an bestimmte (`unicast()`) oder alle Prozesse (`multicast()`) im Verbund (Cluster)

Lock-Protokoll: Benutzerschnittstelle

- Implementierung in zwei Teilen
  - Benutzerschnittstelle (`VSLamportLock`)
  - Protokollschicht (`VSLamportProtocol`)
- Bietet Anwendungen blockierenden `lock()`-Aufruf und `unlock()`-Aufruf zum Entsperren
- Implementierung des blockierenden Verhaltens durch lokalen Semaphor
- Interaktion mit Protokollschicht erfolgt mittels der übergebenen `VSLamportProtocol`-Referenz im Konstruktor von `VSLamportLock`

```
public class VSLamportLock {
    public VSLamportLock(VSLamportProtocol protocol) { [...] }
}
```

Semaphor

`java.util.concurrent.Semaphore`

- Koordinierung von Ressourcenzugriffen
- Zentrale Methoden:

```
Semaphore(int permits);

void acquireUninterruptibly();
boolean tryAcquire(long timeout, TimeUnit unit) throws InterruptedException;
void release();
```

`Semaphore()`	Initialisiert Semaphore mit Startwert
`acquireUninterruptibly()`	Semaphore **un**unterbrechbar belegen
`tryAcquire()`	Semaphore unterbrechbar belegen, schlägt nach Timeout fehl
`release()`	Semaphore freigeben

- Beispiel:

```
Semaphore s = new Semaphore(1);
s.acquireUninterruptibly();
[...]
s.release();
```

Lock-Protokoll: Protokollschicht

- Implementierung in Klasse `VSLamportProtocol` verarbeitet Ereignisse vom Typ `VSLamportEvent` sequentiell (aus Konsistenzgründen)
  → Ereignisse haben einen Typ (`type`) und ein zugeordnetes Objekt (`content`)

```
public class VSLamportEvent {
    [...]
    public VSLamportEventType getType() { return type; }
    public Object getContent() { return content; }
}
```

- Trennung Protokoll-interner Ereignisse von Ereignissen für die höhere Protokollschicht
- Vorgegebene Ereignistypen:

```
public enum VSLamportEventType { MESSAGE, LOCK, UNLOCK }
```

  - Protokollinterner Ereignistyp: `MESSAGE`
  - Typen für Ereignisse aus Benutzerschnittstelle heraus: `LOCK` und `UNLOCK`

- Vorsicht beim Umgang mit Lock-Anfragen in der Warteschlange
  - Korrekte Zuordnung zwischen `lock()`-Aufrufen und den erzeugten REQUEST-Nachrichten notwendig
  - Schnell aufeinanderfolgende Lock-Anforderungen können sonst zu Problemen führen

Kommunikationssystem

- Vorgegebene Klasse `VSClusterImpl` implementiert die Schnittstelle des Kommunikationssystems (`VSCluster`)
  - Ausgelieferte Nachrichten/Ereignisse sind immer vom Typ `MESSAGE`
  - Jeder einzelne Lamport-Protokoll-Prozess im Verbund hat ein eigenes, lokales `VSCluster`-Objekt
  - Kommunikationssystem läuft stets in einem eigenen Thread, d. h., Ereigniszustellung erfolgt immer aus demselben Thread heraus
- Methoden der Kommunikationssystemschnittstelle `VSCluster`
  - ID des lokalen Lamport-Protokoll-Prozesses und #Prozesse im Verbund

```
public int getProcessID();
public int getSize();
```

  - Nachricht an einen bestimmten Prozess im Verbund senden

```
public void unicast(Serializable msg, int processID) throws IOException;
```

  - Nachricht an alle Prozesse im Verbund senden

```
public void multicast(Serializable msg) throws IOException;
```

- Über `unicast()` bzw. `multicast()` gesendete Nachrichten werden sequentiell in FIFO-Reihenfolge durch die `event()`-Methode am jeweiligen Protocol-Objekt ausgeliefert

Test-Anwendung

- Einfaches Testen der Implementierung durch Test-Anwendung
- Konfiguration: Zu verwendende Rechner in Datei `my_hosts` ablegen
- Ausführung: Start im CIP-Pool mit `distribute.sh`
  - 1. Parameter gibt Art des Testfalls an (siehe unten)
  - Skripte können im Basisverzeichnis der eigenen Paket-Hierarchie abgelegt werden; alternativ:
    - Explizites Spezifizieren des Basisverzeichnisses (2. Parameter, optional)
    - und ggf. (3. Parameter, optional) des Verzeichnisses von `my_hosts`
- Überprüfung: Skript `checklogs.sh` ausführen
- Verschiedene Testfälle (Mindestlaufzeit: 1 Minute)
  - Einfacher Fall (Aufruf mit Parameter `simple`)
    - Beantragen (`lock( )`) und Freigeben (`unlock( )`) in Schleife
    - Darf nicht stehen bleiben
  - Komplexer Fall (Aufruf mit Parameter `fancy`)
    - Gegenseitiges Umbuchen von Beträgen zwischen Konten
    - „Sum is“-Zeile darf sich nicht ändern (max. Betrag pro Rechner: 1000)
    - Darf nicht stehen bleiben
  - Debugging-Hilfe (Aufruf mit Parameter `debug`): Testet auf häufige Probleme
  - Testfälle für erweiterte Variante: siehe nächste Folie

Erweiterte Variante: Zeitbeschränkte Sperrversuche

7.5 ECTS

- Basisvariante (`lock()`) würde Anwendung so lange blockieren, bis der kritische Abschnitt tatsächlich für sie freigegeben ist
- Erweiterung der Sperrobjektimplementierung um folgende Methode

```
public boolean tryLock(long timeout, TimeUnit unit) throws InterruptedException;
```

  - Spezifizieren einer maximalen Blockierzeit über `timeout` und `unit` (z. B. `TimeUnit.MILLISECONDS`)
  - Methode reagiert auf Unterbrechung des die Methode aufrufenden Threads mittels einer `InterruptedException`

- Zieht in der Regel Änderungen von `VSLamportLock` **sowie** `VSLamportProtocol` nach sich
- Zwei weitere Testfälle
  - Funktionalität von einfachem (Parameter `simple-try`) und komplexem Fall (Parameter `fancy-try`) grundlegend analog zu `simple`- bzw. `fancy`-Testfall
  - `tryLock()`- statt `lock()`-Aufrufe (jeweils so lange, bis Lock vergeben wurde)
  - Dynamische Anpassung des Timeouts in Abhängigkeit von erfolgreichen und nicht erfolgreichen Aufrufen von `tryLock()`