Kapitel 8
Verteilte Datenbanken

Folien zum Datenbankpraktikum
Wintersemester 2009/10 LMU München

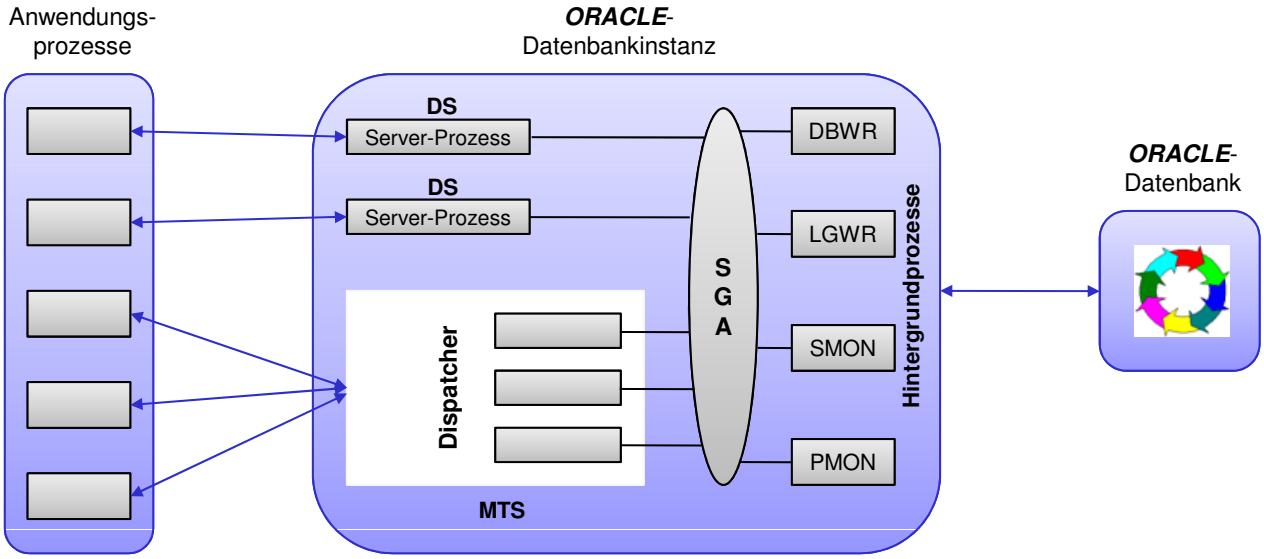
© 2008 Thomas Bernecker, Tobias Emrich
unter Verwendung der Folien des Datenbankpraktikums aus dem Wintersemester 2007/08 von Dr. Matthias Schubert

Übersicht

Client-Server-Architektur

- Ein Datenbanksystem beinhaltet in der Regel einen Datenbank-Server, der die ihm angetragenen Datenbankoperationen ausführt. In der *ORACLE-Architektur* bildet die sogenannte ***ORACLE-Instanz*** den Kern des Datenbanksystems.
- Eine *ORACLE*-Instanz verwaltet genau eine zugehörige Datenbank. Es besteht also eine logische Trennung zwischen der Datenbank und der verwaltenden Instanz. Eine Instanz kann zu verschiedenen Zeitpunkten an verschiedene Datenbanken gekoppelt sein.
- *ORACLE* unterscheidet zwei Konfigurationsvarianten, welche die Kommunikation der Anwendungsprozesse mit der Datenbank-Instanz festlegen:
  - ***Dedicated-Server-Configuration (DS)****:* An jeden Anwendungsprozess wird ein eigener Server-Prozess gebunden, der die Anforderungen des Anwendungsprozesses bearbeitet.
  - ***Dynamic Multi-Threaded-Server-Configuration (MTS)****:* Die Anwendungsprozesse kommunizieren mit einem *ORACLE*-Dispatcher, der die Anforderungen in eine Warteschlange in der ***System Global Area (SGA)*** einreiht. Der Auftrag wird dann durch einen beliebigen vom Dispatcher zugeordneten Server-Prozess bearbeitet.

- Die beiden Konfigurationsvarianten schließen sich dabei nicht gegenseitig aus, sondern können zeitgleich im System laufen.



- Bei der Verbindung mit einer *ORACLE*-Instanz lässt sich die Konfigurationsvariante einstellen, z.B. (bei entsprechenden Einträgen in der Datei '***tnsnames.ora***')

```
CONNECT <User>/<Passwort>@db_mts

CONNECT <User>/<Passwort>@db_ds
```

Übersicht

Unterstützte Rechnerarchitekturen

- *ORACLE* unterstützt im wesentlichen vier Rechnerarchitekturen:
  - ***Ein-Prozessor-System (EP)*:** Ein im allgemeinen leistungsstarkes Rechnersystem mit einem Prozessor.
  - ***Symmetrisches Multi-Prozessor-System (SMP)*:** Das Rechnersystem beinhaltet mehrere gleichberechtigte Prozessoren, die einen gemeinsamen Hauptspeicher teilen (*Shared-Everything-* oder *Shared-Memory-System).*
  - ***Cluster-System (CS)*:** Das System besteht aus mehreren unabhängigen Rechnern mit jeweils eigenen Hauptspeicher. Auf die Sekundärspeichersysteme (Festplatten) hat allerdings jeder Rechner Zugriff (*Shared-Disk-System).*
  - ***Massiv-Parallel-Systeme (MPP)*:** Diese Systeme bieten eine hohe Anzahl von Einzelprozessoren (bis zu mehreren 1000), die über einen eigenen Hauptspeicher und einen eigenen Sekundärspeicher verfügen (*Shared-Nothing-System*).
- In der Standardausstattung unterstützt *ORACLE* sowohl *EP- als auch SMP-*Architekturen. Um *CS-* und *MPP-*Architekturen verwenden zu können, ist eine spezielle parallele Erweiterung von *ORACLE* erforderlich (*Oracle Parallel Server*, kurz *OPS*).

Übersicht

Oracle Parallel Server

- Die OPS-Option sorgt dafür, dass *ORACLE* aus der vorhandenen Rechnerarchitektur optimalen Nutzen zieht. Jeder Rechner erhält eine *ORACLE*-Instanz (pro Datenbank auf dem Rechner) mit den jeweiligen Hintergrundprozessen und einer eigenen SGA.
- Wird eine Datenbank durch mehrere (auf verschiedene Rechner verteilte) *ORACLE*-Instanzen verwaltet, dann können in Abhängigkeit von den Anwendungen folgende Vorteile erzielt werden:
  - Ist die Anwendung durch kurze Transaktionen mit wenig CPU- und I/O-Aufwand charakterisiert (z.B. OLTP), dann werden Transaktionen auf die beteiligten Prozessoren verteilt, wodurch eine Erhöhung des Durchsatzes erreicht wird.
  - Zeichnet sich die Applikation durch aufwändige Transaktionen mit hohen CPU- und I/O-Kosten aus (z.B. OLAP), kann die Ausführung einer Transaktion auf den beteiligten Prozessoren parallel verarbeitet werden. Dies führt zu einer Beschleunigung der Anwendung (Speed-Up).
- Die OPS-Option bietet eine erhöhte Fehlertoleranz gegenüber Rechnerausfällen. Fällt ein Rechner mit einer aktiven *ORACLE*-Instanz aus, dann stellt *ORACLE* die Konsistenz der betroffenen Datenbanken durch eine andere Instanz automatisch wieder her.

Übersicht

Verteilte Datenbanken

- Sind in einem Rechnerverbund mehrere Datenbanken (mit ihren *ORACLE*-Instanzen) aktiv, ist der Zusammenschluss zu einer ***verteilten Datenbank*** möglich. Im Gegensatz zu einem parallelen Server sind die Daten dauerhaft über die beteiligten Instanzen partitioniert und der Ausfall einer Instanz kann nicht durch eine andere Instanz abgefangen werden.
- Eine verteilte Datenbank bietet neben dem entfernten Datenbankzugriff noch weitere Unterstützung:
  - SQL-Anfragen können sich auf Tabellen verschiedener Datenbanken beziehen. Somit sind datenbankübergreifende Joins möglich. *ORACLE* kümmert sich intern um eine geeignete Aufteilung der SQL-Anweisung und das Zusammenführen der Einzelergebnisse zum Gesamtergebnis.
  - Es lassen sich Transaktionen bilden, die Operationen auf mehreren Datenbanken erfordern.
  - *ORACLE* verwaltet bei der Ausführung die beteiligten Rechnerplattformen (Windows NT, Unix) und die darunterliegenden Netzwerk-Protokolle.

Einbettung von Anwendungen in die verteilte Umgebung

Um Anwendungen in die verteilte Umgebung einzubetten, sind folgende Schritte notwendig:

1. Alle Datenbankinstanzen müssen administrativ dem Datenbanksystem als `<DB-Alias>` bekannt gemacht werden. Dafür steht die Datei '***tnsnames.ora***' zur Verfügung, in welche die zu den `<DB-Alias>` gehörenden Rechneradressen eingetragen werden müssen.
2. Verbinden mit einer Datenbank:

   ```
   CONNECT <User>/<Passwort>@<DB-Alias>
   ```

3. Um von dem Programm aus auch auf andere Datenbanken zuzugreifen, ist ein sogenannter *Datenbank-Link* erforderlich. Durch diesen wird die Anwendung mit der entsprechenden Datenbank verbunden:

   ```
   CREATE DATABASE LINK <DB-Link> USING <DB-Alias2>;
   ```

4. Von nun an kann ein SQL-Befehl über `<Name>@<DB-Link>` Bezug auf Schemaobjekte dieser Datenbank (Tabellen, Sichten, Prozeduren, etc.) nehmen.

Sichten und Synonyme

- Um die Handhabung zu vereinfachen, sind Sichten und Synonyme nützlich.
- Eine Sicht lässt sich wie folgt definieren, so dass anschließend die Tabelle über `<Sicht>` direkt, d.h. ohne Angabe des Datenbank-Links, angesprochen werden kann.

  ```
  CREATE VIEW <Sicht> AS SELECT * FROM <Tabelle>@<DB-Link>;
  ```

- Ein Synonym kann in ähnlicher Weise eingerichtet werden. Der Synonymname fungiert anschließend wie ein Tabellenname.

  ```
  CREATE SYNONYM <Synonym> FOR <Tabelle>@<DB-Link>;
  ```

Datenbank-Operationen

Die Datenbank-Operationen werden von *ORACLE* wie folgt auf das verteilte System abgebildet:

- ***Einfache verteilte Leseoperationen***: Es werden nur Objekte aus genau einer Remote-Datenbank angefragt (es sind keine lokalen Objekte an der Operation beteiligt). In diesem Fall wird die Anweisung an die entsprechende *ORACLE*-Instanz weitergereicht.

  Beispiel:
  ```
  select * from mitarbeiter@db1 where salary>5000;
  ```

- ***Komplexe verteilte Leseoperationen***: An der Operation sind Objekte aus mehreren Datenbanken beteiligt. Der lokale Server zerlegt die SQL-Anweisung in Subbefehle und reicht diese an die entsprechenden *ORACLE*-Instanzen weiter.

  Beispiel:
  ```
  select * from mitarbeiter@db1 m, abteilung@db2 a
  where ... ;
  ```


Verteilte Schreiboperationen sind grundsätzlich durch das Transaktionskonzept abgesichert:

- ***Lokale Transaktion***: Es werden nur Objekte in der lokalen Datenbank geändert. Die Verarbeitung läuft wie im nicht-verteilten Fall.
- ***Remote Transaktion***: Nur Tabellen, die sich auf genau einem Remote-Server befinden, werden verändert. Diese Operationen werden durch die gewöhnliche Transaktionsverwaltung auf dem Remote-Server verarbeitet.

  Beispiel:
  ```
  update mitarbeiter@db1 set gehalt = gehalt * 1.2
  where salary>5000 ;
  ```

- ***Verteilte Transaktion***: Es werden Tabellen auf mehreren Datenbank-Servern verändert. Die Bearbeitung solcher Transaktionen stützt sich auf das 2-Phasen-Commit-Protokoll.

Transaktionskontrolle

ORACLE verwendet hierfür ein ***2-Phasen-Commit-Protokoll****:*

- *1. Phase: Abstimmung der Teilnehmer*

  Die erste Phase besteht aus dem Vorbereiten der Transaktion, in der die beteiligten Instanzen die lokale Transaktion durchführen ohne abschließend ein Commit abzusetzen. Jede Instanz sendet ein *„Vote Commit"* oder ein *„Vote Abort"* an den Koordinator und wartet anschließend auf dessen globale Entscheidung.

- *2. Phase: Entscheidung des Koordinators*

  Der Koordinator erhält die Ergebnisse aller Teilnehmer und fällt eine globale Entscheidung. Liefern alle Teilnehmer *„Vote Commit"*, so entscheidet der Koordinator *„commit"*. Liefert (mindestens) ein Teilnehmer *„Vote Abort"*, so entscheidet der Koordinator *„abort"*.

Replikation

- Im engen Zusammenhang mit verteilten Datenbanken steht das Konzept der *Replikation*. Hier werden Daten aus Gründen der besseren Verfügbarkeit oder des schnelleren lokalen Zugriffs redundant in mehreren Datenbanken gehalten. Das Datenbanksystem muss dann gewährleisten, dass die redundanten Daten miteinander abgeglichen werden.
- *ORACLE* bietet drei Replikationsmechanismen. Die ersten beiden beruhen auf einem Master/Slave-Prinzip, bei dem die Slave-Datenbank nur lesenden Zugriff erhält.
  - ***Asynchrone Replikation****:* Die redundanten Daten in der Slave-Datenbank werden periodisch auf den aktuellen Stand der Master-Datenbank gebracht. *ORACLE* bietet hierfür den Schnappschuss-Mechanismus an.

Beispiel:

```
CREATE SNAPSHOT <Schnappschuss>
REFRESH <Refresh_Klausel> AS ... ;
```

- ***Synchrone Replikation***: Die redundanten Daten in der Slave-Datenbank werden gleichzeitig mit den Daten in der Master-Datenbank aktualisiert.
- ***Synchrone Lese/Schreib-Replikation***: Änderungen sind sowohl auf der Slave- als auch auf der Master-Datenbank erlaubt. Die Datenbanken werden nach jeder Änderung auf den neuesten Stand gebracht.

- Die Synchronisation der replizierten Datenbankobjekte wird dabei über *interne Trigger* realisiert. Diese werden von *ORACLE* automatisch generiert und sind in eine übergreifende Transaktionskontrolle eingebettet (garantieren also konsistente Replikate). Für das Management von Replikation bietet *ORACLE* als Tool den ***Replication Manager*** *an.*