

DISTRIBUTED DATABASE DESIGN

The design of a distributed database introduces three new issues:

1. How to partition the database into fragments.
2. Which fragments to replicate.
3. Where to locate those fragments and replicas.

تصميم قاعدة البيانات الموزعة

يقدم تصميم قاعدة البيانات الموزعة ثلاث قضايا جديدة:

1. كيفية تقسيم قاعدة البيانات إلى أجزاء.
2. أي شظايا لتكرارها.
3. أين يتم تحديد تلك الأجزاء والنسخ المتماثلة.

DATA FRAGMENTATION

Data fragmentation allows you to break a single object into two or more segments or fragments. The object might be a user's database, a system database, or a table. Each fragment can be stored at any site over a computer network.

Information about data fragmentation is stored in the distributed data catalog (DDC), from which it is accessed by the TP to process user requests.

تجزئة البيانات

يسمح لك تجزئة البيانات بتقسيم كائن واحد إلى جزأين أو أجزاء أو أكثر. قد يكون الكائن قاعدة بيانات مستخدم أو قاعدة بيانات نظام أو جدول. يمكن تخزين كل جزء في أي موقع عبر شبكة الكمبيوتر. يتم تخزين المعلومات حول تجزئة البيانات في كتالوج البيانات الموزعة (DDC)، والذي يتم الوصول إليه من قبل TP لمعالجة طلبات المستخدم.

There are three types of data fragmentation strategies:

1. **Horizontal fragmentation** refers to the division of a relation into subsets (fragments) of tuples (rows). Each fragment is stored at a different node, and each fragment has unique rows. However, the unique rows all have the same attributes (columns). In short, each fragment represents the equivalent of a SELECT statement, with the WHERE clause on a single attribute.
2. **Vertical fragmentation** refers to the division of a relation into attribute (column) subsets. Each subset (fragment) is stored at a different node, and each fragment has unique columns—with the exception of the key column, which is common to all fragments.
3. **Mixed fragmentation** refers to a combination of horizontal and vertical strategies. In other words, a table may be divided into several horizontal subsets (rows), each one having a subset of the attributes (columns).

هناك ثلاثة أنواع من استراتيجيات تجزئة البيانات:

1. يشير التجزئة الأفقية إلى تقسيم العلاقة إلى مجموعات فرعية (أجزاء) من مجموعات (صفوف). يتم تخزين كل جزء في عقدة مختلفة ، ولكل جزء صفوف فريدة. ومع ذلك ، فإن كل الصفوف الفريدة لها نفس السمات (الأعمدة). باختصار ، يمثل كل جزء ما يعادل عبارة SELECT ، مع عبارة WHERE في سمة واحدة.
2. يشير التجزئة العمودي إلى تقسيم العلاقة إلى مجموعات فرعية سمة (عمود). يتم تخزين كل مجموعة فرعية (جزء) في عقدة مختلفة ، ولكل جزء أعمدة فريدة - باستثناء عمود المفتاح ، وهو مشترك بين جميع الأجزاء.

3. يشير التجزئة المختلطة إلى مجموعة من الاستراتيجيات الأفقية والعمودية. بمعنى آخر ، يمكن تقسيم الجدول إلى عدة مجموعات فرعية أفقية (صفوف) ، كل منها يحتوي على مجموعة فرعية من السمات (الأعمدة).

To illustrate the fragmentation strategies, let's use the CUSTOMER table for the XYZ Company, depicted in Figure bellow.

لتوضيح استراتيجيات التجزئة ، دعنا نستخدم جدول العميل لشركة XYZ ، كما هو موضح في الشكل أدناه.

Table name: CUSTOMER

CUS_NUM	CUS_NAME	CUS_ADDRESS	CUS_STATE	CUS_LIMIT	CUS_BAL	CUS_RATING	CUS_DUE
10	Sinex, Inc.	12 Main St.	TN	3500.00	2700.00	3	1245.00
11	Martin Corp.	321 Sunset Blvd.	FL	6000.00	1200.00	1	0.00
12	Mynux Corp.	910 Eagle St.	TN	4000.00	3500.00	3	3400.00
13	BTBC, Inc.	Rue du Monde	FL	6000.00	5890.00	3	1090.00
14	Victory, Inc.	123 Maple St.	FL	1200.00	550.00	1	0.00
15	NBCC Corp.	909 High Ave.	GA	2000.00	350.00	2	50.00

Horizontal Fragmentation

Suppose XYZ Company's corporate management requires information about its customers in all three states, but company locations in each state (TN, FL, and GA) require data regarding local customers only. Based on such requirements, you decide to distribute the data by state.

تجزئة أفقية

لنفترض أن إدارة شركة XYZ تتطلب معلومات حول عملائها في جميع الولايات الثلاث ، لكن مواقع الشركة في كل ولاية (TN. FL ، و GA) تتطلب بيانات تتعلق بالعملاء المحليين فقط. بناءً على هذه المتطلبات ، تقرر توزيع البيانات حسب الولاية.

FRAGMENT NAME	LOCATION	CONDITION	NODE NAME	CUSTOMER NUMBERS	NUMBER OF ROWS
CUST_H1	Tennessee	CUS_STATE = 'TN'	NAS	10, 12	2
CUST_H2	Georgia	CUS_STATE = 'GA'	ATL	15	1
CUST_H3	Florida	CUS_STATE = 'FL'	TAM	11, 13, 14	3

Table name: CUST_H1		Location: Tennessee			Node: NAS		
CUS_NUM	CUS_NAME	CUS_ADDRESS	CUS_STATE	CUS_LIMIT	CUS_BAL	CUS_RATING	CUS_DUE
10	Sinex, Inc.	12 Main St.	TN	3500.00	2700.00	3	1245.00
12	Mynux Corp.	910 Eagle St.	TN	4000.00	3500.00	3	3400.00

Table name: CUST_H2		Location: Georgia			Node: ATL		
CUS_NUM	CUS_NAME	CUS_ADDRESS	CUS_STATE	CUS_LIMIT	CUS_BAL	CUS_RATING	CUS_DUE
15	NBCC Corp.	909 High Ave.	GA	2000.00	350.00	2	50.00

Table name: CUST_H3		Location: Florida			Node: TAM		
CUS_NUM	CUS_NAME	CUS_ADDRESS	CUS_STATE	CUS_LIMIT	CUS_BAL	CUS_RATING	CUS_DUE
11	Martin Corp.	321 Sunset Blvd.	FL	6000.00	1200.00	1	0.00
13	BTBC, Inc.	Rue du Monde	FL	6000.00	5890.00	3	1090.00
14	Victory, Inc.	123 Maple St.	FL	1200.00	550.00	1	0.00

Vertical Fragmentation

suppose the company is divided into two departments: the service department and the collections department. Each department is located in a separate building, and each has an interest in only a few of the CUSTOMER table's attributes

تجزئة رأسية
افترض أن الشركة مقسمة إلى قسمين: قسم الخدمة وقسم التحصيل. يقع كل قسم في مبنى منفصل ، ولكل منها مصلحة في عدد قليل فقط من سمات جدول العملاء

FRAGMENT NAME	LOCATION	NODE NAME	ATTRIBUTE NAMES
CUST_V1	Service Bldg.	SVC	CUS_NUM, CUS_NAME, CUS_ADDRESS, CUS_STATE
CUST_V2	Collection Bldg.	ARC	CUS_NUM, CUS_LIMIT, CUS_BAL, CUS_RATING, CUS_DUE

Table name: CUST_V1 Location: Service Building Node: SVC			
CUS_NUM	CUS_NAME	CUS_ADDRESS	CUS_STATE
10	Sinex, Inc.	12 Main St.	TN
11	Martin Corp.	321 Sunset Blvd.	FL
12	Mynux Corp.	910 Eagle St.	TN
13	BTBC, Inc.	Rue du Monde	FL
14	Victory, Inc.	123 Maple St.	FL
15	NBCC Corp.	909 High Ave.	GA

Table name: CUST_V2 Location: Collection Building Node: ARC				
CUS_NUM	CUS_LIMIT	CUS_BAL	CUS_RATING	CUS_DUE
10	3500.00	2700.00	3	1245.00
11	6000.00	1200.00	1	0.00
12	4000.00	3500.00	3	3400.00
13	6000.00	5890.00	3	1090.00
14	1200.00	550.00	1	0.00
15	2000.00	350.00	2	50.00

Mixed Fragmentation

Mixed fragmentation requires a two-step procedure. First, horizontal fragmentation is introduced for each site based on the location within a state (CUS_STATE). The horizontal fragmentation yields the subsets of customer tuples (horizontal fragments) that are located at each site. Because the departments are located in different buildings, vertical fragmentation is used within each horizontal fragment to divide the attributes, thus meeting each department's information needs at each sub site. Mixed fragmentation yields the results displayed in Table below.

تجزئة مختلطة
يتطلب التجزئة المختلطة إجراء من خطوتين. أولاً ، يتم تقديم التجزئة الأفقية لكل موقع بناءً على الموقع داخل الدولة (CUS_STATE). ينتج عن التجزئة الأفقية مجموعات فرعية من مجموعات العملاء (الأجزاء الأفقية) الموجودة في كل موقع. لأن الأقسام تقع في مبان مختلفة. يتم استخدام التجزئة الرأسية داخل كل جزء أفقي لتقسيم السمات ، وبالتالي تلبية احتياجات المعلومات لكل قسم في كل موقع فرعي. ينتج عن التجزئة المختلطة النتائج المعروضة في الجدول أدناه.

FRAGMENT NAME	LOCATION	HORIZONTAL CRITERIA	NODE NAME	RESULTING ROWS AT SITE	VERTICAL CRITERIA ATTRIBUTES AT EACH FRAGMENT
CUST_M1	TN-Service	CUS_STATE = 'TN'	NAS-S	10, 12	CUS_NUM, CUS_NAME CUS_ADDRESS, CUS_STATE
CUST_M2	TN-Collection	CUS_STATE = 'TN'	NAS-C	10, 12	CUS_NUM, CUS_LIMIT, CUS_BAL, CUS_RATING, CUS_DUE
CUST_M3	GA-Service	CUS_STATE = 'GA'	ATL-S	15	CUS_NUM, CUS_NAME CUS_ADDRESS, CUS_STATE
CUST_M4	GA-Collection	CUS_STATE = 'GA'	ATL-C	15	CUS_NUM, CUS_LIMIT, CUS_BAL, CUS_RATING, CUS_DUE
CUST_M5	FL-Service	CUS_STATE = 'FL'	TAM-S	11, 13, 14	CUS_NUM, CUS_NAME CUS_ADDRESS, CUS_STATE
CUST_M6	FL-Collection	CUS_STATE = 'FL'	TAM-C	11, 13, 14	CUS_NUM, CUS_LIMIT, CUS_BAL, CUS_RATING, CUS_DUE

Table name: CUST_M1		Location: TN-Service		Node: NAS-S	
CUS_NUM	CUS_NAME	CUS_ADDRESS	CUS_STATE		
10	Sinex, Inc.	12 Main St.	TN		
12	Mynux Corp.	910 Eagle St.	TN		

Table name: CUST_M2		Location: TN-Collection		Node: NAS-C	
CUS_NUM	CUS_LIMIT	CUS_BAL	CUS_RATING	CUS_DUE	
10	3500.00	2700.00	3	1245.00	
12	4000.00	3500.00	3	3400.00	

Table name: CUST_M3		Location: GA-Service		Node: ATL-S	
CUS_NUM	CUS_NAME	CUS_ADDRESS	CUS_STATE		
15	NBCC Corp.	909 High Ave.	GA		

Table name: CUST_M4		Location: GA-Collection		Node: ATL-C	
CUS_NUM	CUS_LIMIT	CUS_BAL	CUS_RATING	CUS_DUE	
15	2000.00	350.00	2	50.00	

Table name: CUST_M5		Location: FL-Service		Node: TAM-S	
CUS_NUM	CUS_NAME	CUS_ADDRESS	CUS_STATE		
11	Martin Corp.	321 Sunset Blvd.	FL		
13	BTBC, Inc.	Rue du Monde	FL		
14	Victory, Inc.	123 Maple St.	FL		

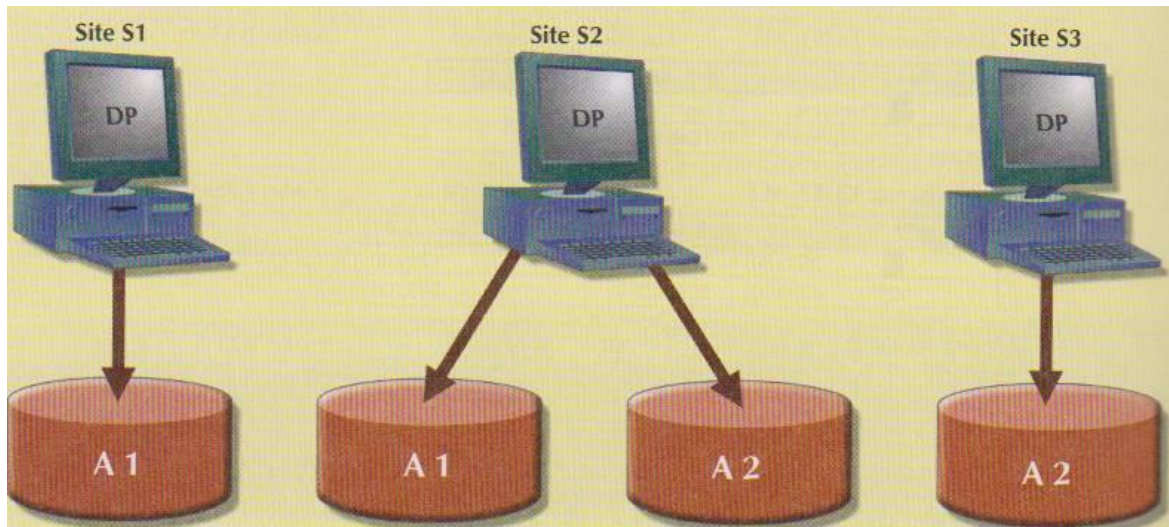
Table name: CUST_M6		Location: FL-Collection		Node: TAM-C	
CUS_NUM	CUS_LIMIT	CUS_BAL	CUS_RATING	CUS_DUE	
11	6000.00	1200.00	1	0.00	
13	6000.00	5890.00	3	1090.00	
14	1200.00	550.00	1	0.00	

DATA REPLICATION

Data replication refers to the storage of data copies at multiple sites served by a computer network. Fragment copies can be stored at several sites to serve specific information requirements.

نسخ البيانات

يشير تكرار البيانات إلى تخزين نسخ البيانات في مواقع متعددة تخدمها شبكة الكمبيوتر. يمكن تخزين نسخ مجزأة في عدة مواقع لخدمة متطلبات معلومات محددة.



Replicated data are subject to the mutual consistency rule. The **mutual consistency rule** requires that all copies of data fragments be identical. Therefore, to maintain data consistency among the replicas, the DDBMS must ensure that a database update is performed at all sites where replicas exist.

تخضع البيانات المكررة لقاعدة التماسق المتبادل. تتطلب قاعدة التماسق المتبادل أن تكون جميع نسخ أجزاء البيانات متطابقة. لذلك ، للحفاظ على تناسق البيانات بين النسخ المتماثلة ، يجب أن يضمن DDBMS إجراء تحديث لقاعدة البيانات في جميع المواقع التي توجد بها نسخ متماثلة.

Replication has **some benefits** such as (Improved data availability, better load distribution, improved data failure-tolerance, and reduced query costs).

It also imposes additional DDBMS processing overhead— because each data copy must be maintained by the system. Furthermore, because the data are replicated at another site, there are associated storage costs and increased transaction times (as data must be updated at several sites concurrently to comply with the mutual consistency rule).

To illustrate the replica overhead imposed on a DDBMS. Consider the processes that DDBMS

للنسخ المتماثل بعض الفوائد مثل (تحسين توفر البيانات وتوزيع أحمال أفضل وتحمل أفضل لفشل البيانات وتقليل تكاليف الاستعلام). كما أنه يفرض عبئاً إضافياً على معالجة DDBMS - لأن كل نسخة بيانات يجب أن يحتفظ بها النظام. علاوة على ذلك ، نظرًا لأن البيانات يتم نسخها في موقع آخر ، فإن هناك تكاليف تخزين مرتبطة وأوقات معاملات متزايدة (حيث يجب تحديث البيانات في عدة مواقع بشكل متزامن للامتثال لقاعدة الاتساق المتبادل).

لتوضيح النسخة المتمثلة الزائدة المفروضة على DDBMS. النظر في العمليات التي DDBMS

- If the database is fragmented, the DDBMS must decompose a query into sub queries to access the appropriate fragments.
- If the database is replicated, the DDBMS must decide which copy to access. A READ operation selects the nearest copy to satisfy the transaction. A WRITE operation requires that all copies be selected and to satisfy the mutual consistency rule.
- The TP sends a data request to each selected DP for execution.
- The DP receives and executes each request and sends the data back to the TP.
- The TP assembles the DP responses.
- إذا كانت قاعدة البيانات مجزأة ، يجب على DDBMS تفكيك الاستعلام إلى استعلامات فرعية للوصول إلى الأجزاء المناسبة.
- إذا تم نسخ قاعدة البيانات ، يجب أن يقرر DDBMS أي نسخة يمكن الوصول إليها. تحدد عملية القراءة أقرب نسخة لتلبية المعاملة. تتطلب عملية WRITE تحديد جميع النسخ ولتلبية قاعدة التناسق المتبادل.
- يرسل TP طلب بيانات إلى كل DP محدد للتنفيذ.
- يتلقى كل DP طلب وينفذه ويرسل البيانات مرة أخرى إلى TP.
- يقوم TP بتجميع ردود DP.

Three replication scenarios exist :

- A **fully replicated** database stores multiple copies of each database fragment at multiple sites. In this case , all database fragments are replicated. A fully replicated database can be impractical due to the overhead it imposes on the system.
- A **partially replicated** database stores multiple copies of some database fragments at multiple sites. Most DDBMSs are able to handle the partially replicated database well.
- An **unreplicated** database stores each database fragment at a single site. Therefore, there are no database fragments.

توجد ثلاثة سيناريوهات للنسخ المتمثل:

- تخزن قاعدة البيانات المنسوخة بالكامل نسخًا متعددة من كل جزء من قاعدة البيانات في مواقع متعددة. في هذه الحالة ، يتم نسخ كافة أجزاء قاعدة البيانات. يمكن أن تكون قاعدة البيانات المنسوخة بالكامل غير عملية بسبب النفقات العامة التي تفرضها على النظام.
- تخزن قاعدة البيانات المنسوخة جزئيًا نسخًا متعددة من بعض أجزاء قاعدة البيانات في مواقع متعددة. معظم DDBMSs قادرة على التعامل مع قاعدة البيانات المنسوخة جزئيًا بشكل جيد.
- تخزن قاعدة البيانات غير المكررة كل جزء من أجزاء قاعدة البيانات في موقع واحد. لذلك ، لا توجد أجزاء من قاعدة البيانات.

Several factors influence the decision to use data replication:

- **Database size**. The amount of data replicated will have an impact on the storage requirements and data transmission costs. Replicating large amounts of data requires a window of time and high bandwidth that could affect other applications.
- **Usage frequency**. The frequency of data usage determines how frequently the data needs to be updated. Frequently used data needs to be updated more often, for example, large data sets that are used only every quarter.
- **Costs**, including those for performance, software overhead, and management associated with synchronizing transactions and their components vs. fault-tolerance benefits that are associated with replicated data.

هناك عدة عوامل تؤثر على قرار استخدام نسخ البيانات:

- حجم قاعدة البيانات. سيكون لمقدار البيانات المنسوخة تأثير على متطلبات التخزين وتكاليف نقل البيانات. يتطلب نسخ كميات كبيرة من البيانات فترة زمنية ونطاق ترددي عالٍ يمكن أن يؤثر على التطبيقات الأخرى.
- تكرار الاستخدام. يحدد معدل تكرار استخدام البيانات مدى تكرار الحاجة إلى تحديث البيانات. تحتاج البيانات المستخدمة بشكل متكرر إلى التحديث في كثير من الأحيان ، على سبيل المثال ، مجموعات البيانات الكبيرة التي يتم استخدامها كل ربع سنة فقط.
- التكاليف ، بما في ذلك تكاليف الأداء والتكاليف العامة للبرامج والإدارة المرتبطة بمزامنة المعاملات ومكوناتها مقابل مزايا التسامح مع الخطأ المرتبطة بالبيانات المنسوخة.

Data replication information is stored in the distributed data catalog (DDC), Whose contents are used by the TP to decide which copy of a database fragment to access.

DATA ALLOCATION

Data allocation describes the process of deciding where to locate data. Data allocation strategies are as follows:

يتم تخزين معلومات نسخ البيانات في كتالوج البيانات الموزعة (DDC) ، حيث يستخدم TP لتحديد أي نسخة من جزء قاعدة البيانات يمكن الوصول إليها.

تخصيص البيانات

يصف تخصيص البيانات عملية تحديد مكان تحديد البيانات. استراتيجيات تخصيص البيانات هي كما يلي:

- With **centralized data allocation**, the entire database is stored at one site.
- With **partitioned data allocation**, the database is divided into two or more disjointed parts (fragments) and stored at two or more sites.
- With **replicated data allocation**, copies of one or more database fragments are stored at several sites.
- مع التوزيع المركزي للبيانات ، يتم تخزين قاعدة البيانات بأكملها في موقع واحد.
- مع توزيع البيانات المقسمة ، يتم تقسيم قاعدة البيانات إلى جزأين مفككين أو أكثر (أجزاء) ويتم تخزينها في موقعين أو أكثر.
- مع تخصيص البيانات المنسوخة ، يتم تخزين نسخ من جزء واحد أو أكثر من أجزاء قاعدة البيانات في عدة مواقع.