

Database Concepts & Relational Model

2016-1학기

권동섭

DATABASE CONCEPTS

- DB / DBMS란 무엇인가?
- 왜 DBMS를 사용하는가?

데이터베이스

- **Database (DB)**

- 한 조직의 여러 응용 시스템들이 공용(Shared)하기 위해 통합(Integrated), 저장(Stored)한 운영 데이터(Operational data)의 집합

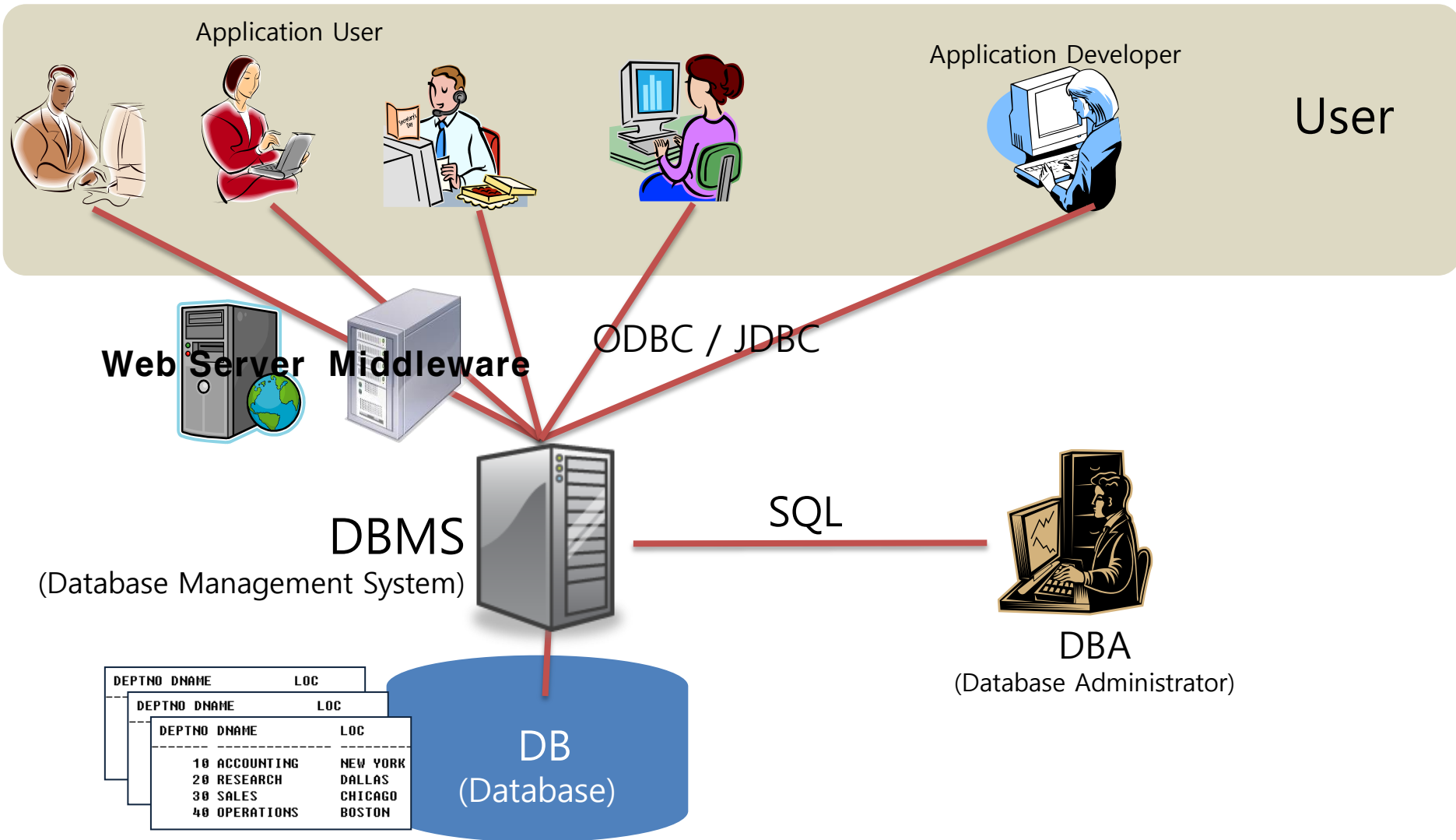
- 특징

- 컴퓨터 시스템과 무관.
- 데이터의 구조적 집합 (종이, 장부 등도 DB라고 할 수 있음)
- 일반적으로 컴퓨터 시스템을 이용하여 구축하여둔 데이터의 집합을 의미
- 데이터 모델에 따라 데이터베이스의 구조는 달라질 수 있음

Database Management System (DBMS)

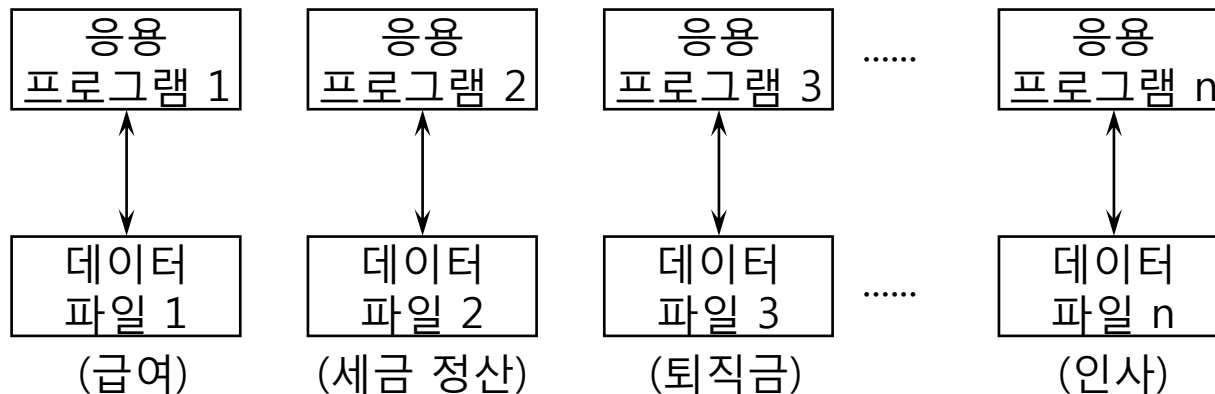
- DB관리를 위한 컴퓨터 시스템
 - 전사적인 정보 관리
 - 관련된 데이터의 집합
 - 데이터에 접근하는 프로그램 집합
 - 효율적이고 편한 사용을 위한 환경
- DBMS 응용의 예:
 - Banking: all transactions
 - Airlines: reservations, schedules
 - Universities: registration, grades
 - Sales: customers, products, purchases
 - Online retailers: order tracking, customized recommendations
 - Manufacturing: production, inventory, orders, supply chain
 - Human resources: employee records, salaries, tax deductions

Database System



DBMS의 목적

- 왜 Database관리를 위한 별도의 시스템이 필요한가?
- 파일 시스템 등의 저장소를 이용하여 직접 Database 관리 프로그램을 짜면 더 효율적이고, 응용 프로그램에 적합하게 제작할 수 있지 않을까?
- 초기 데이터 응용에서는 프로그래머가 직접 모든 프로그램을 작성
 - OS의 파일 시스템 등을 이용



파일 시스템의 문제점 (1/2)

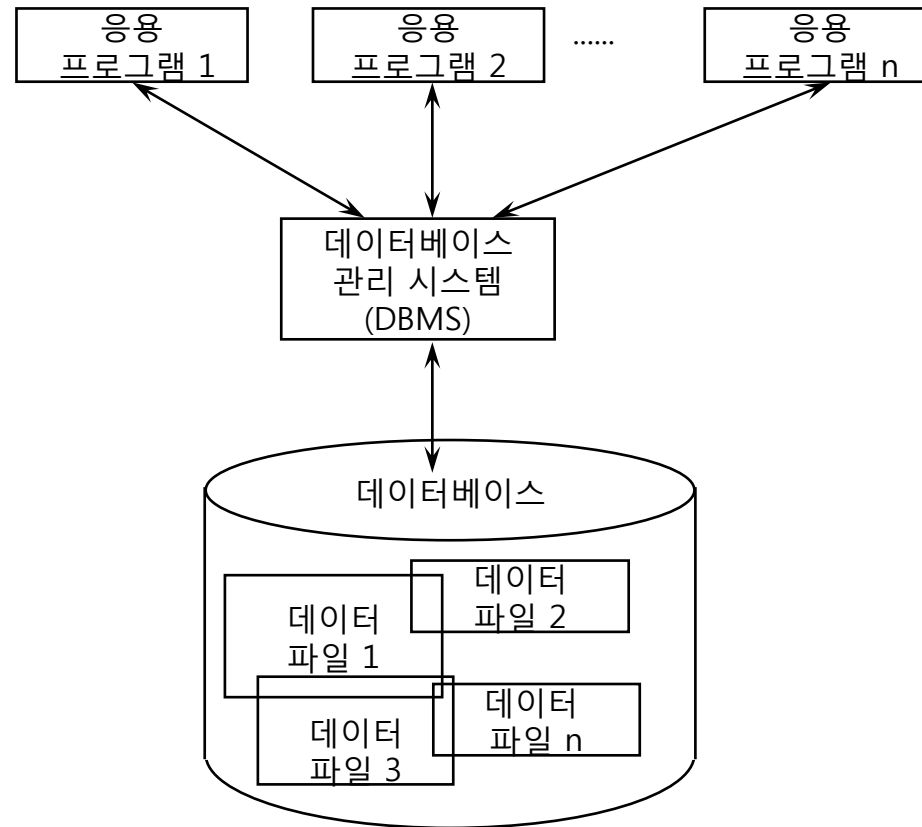
- 데이터의 중복(**Redundancy**) 와 일관성(**Consistency**) 문제
 - Multiple file formats, duplication of information in different files
- 데이터 접근의 어려움
 - 각 작업마다 별도의 프로그램 작성
 - 각각 별도의 방법이 필요할 수 있음
- 데이터 종속성 (**Dependency**)
 - 데이터의 포맷이나 접근 방법 등이 프로그램 코드에 종속됨.
 - 프로그램의 변경이나 데이터 형태, 종류 등의 변경이 불가능
- 데이터 독립성 (Isolation)
 - 여러 프로그램에서 동시에 데이터를 수정하면?
 - 하나의 수정 작업이 다른 작업에 영향을 줄 수 있음

파일 시스템의 문제점 (2/2)

- 변경의 원자성(**Atomicity**) 문제
 - 일련의 작업 중 시스템의 failure가 발생하면??
 - 예) 계좌이체 중 내 계좌에서 돈이 나갔는데, 다른 계좌에 가기 전에 정전이 일어난다면?
- 동시 사용성(**Concurrency**) 제어 문제
 - 동시에 일련의 작업들이 이루어질 경우 올바른 수행을 보장할 수 있는가? (일관성에 문제)
 - 예) 두 명이 동시에 한계좌에서 돈을 인출하려고 하면?
- 데이터 무결성 (**Integrity**) 문제
 - Integrity constraints (예. account balance > 0) 가 프로그램 코드 속에 기술
 - 프로그램 코드를 복잡하게 만들고 유지 보수를 어렵게 함
 - 제약조건 변경이나 추가 등이 힘들다.
- 보안
 - 보안을 보장하기 힘들: 다양한 파일, 다양한 접근 경로, 다양한 프로그램의 이용

DBMS

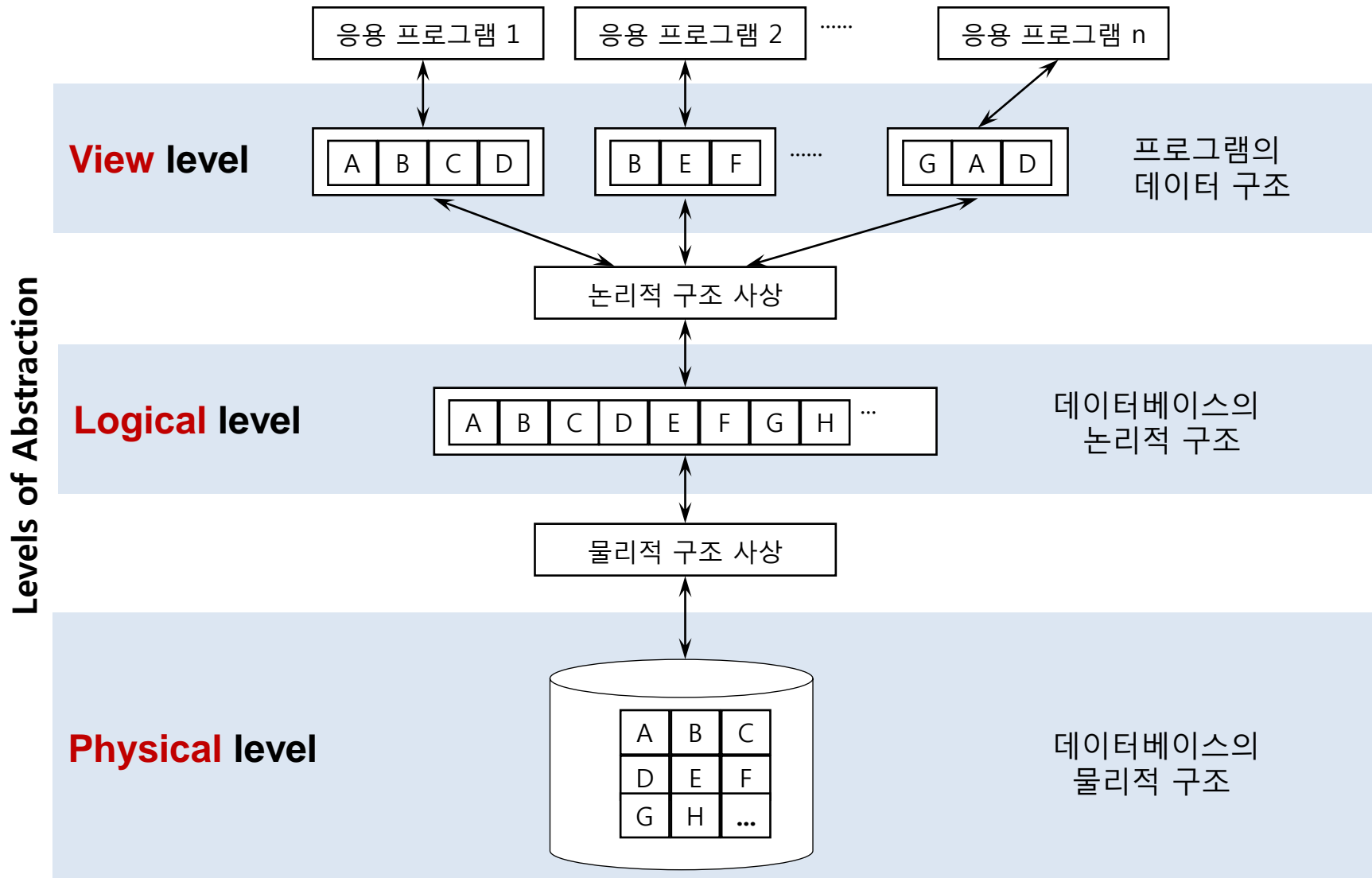
- 데이터의 종속성과 중복성의 문제 해결
- 데이터베이스를 공유할 수 있도록 관리하는 시스템



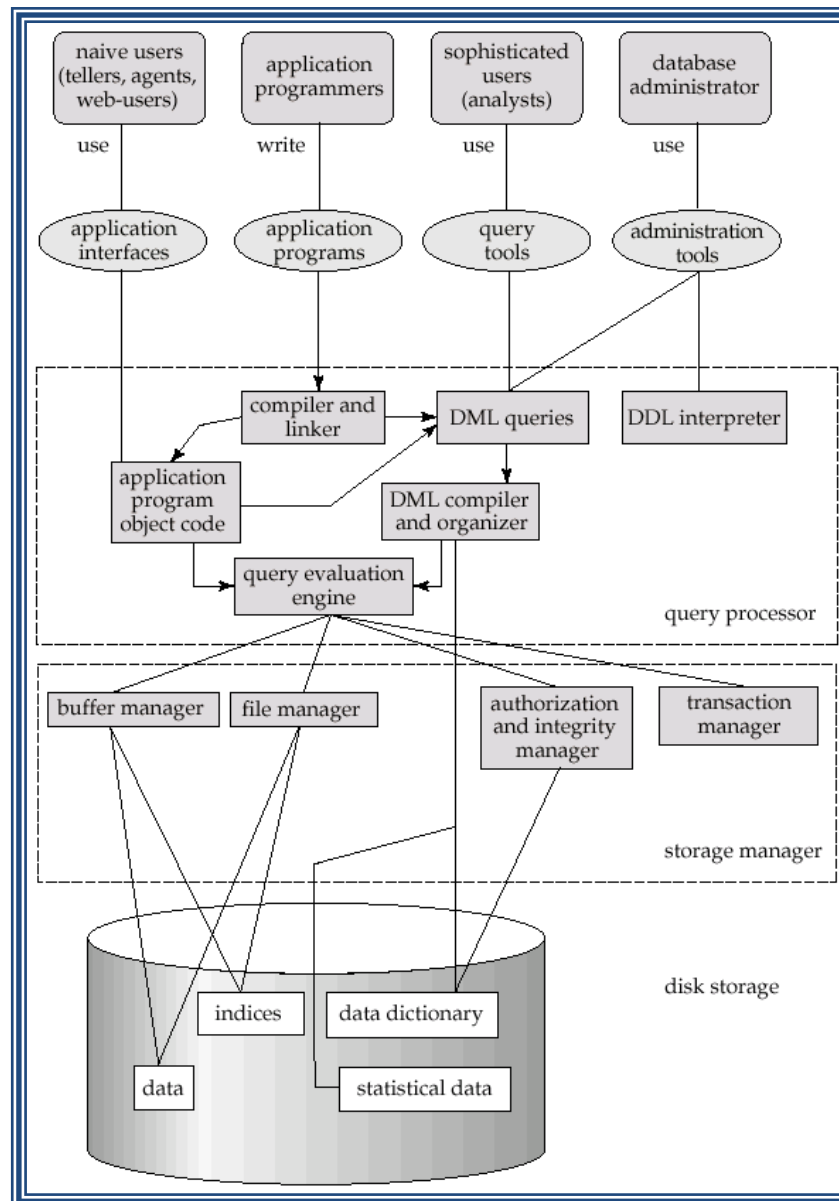
DBMS의 장단점

- 장점
 - 데이터 중복(redundancy)의 최소화
 - 데이터의 공유(sharing)
 - 일관성(consistency) 유지
 - 무결성(integrity) 유지
 - 보안(security) 보장
 - 표준화(standardization) 용이
 - 전체 데이터 요구의 조정
- 단점
 - 비용: H/W, DBMS, 운영비, 교육비, 개발비
 - 프로그램의 복잡화
 - 성능상의 오버헤드

Data Independence Property



DBMS Architecture



DBMS의 과거와 현재

데이터베이스 역사

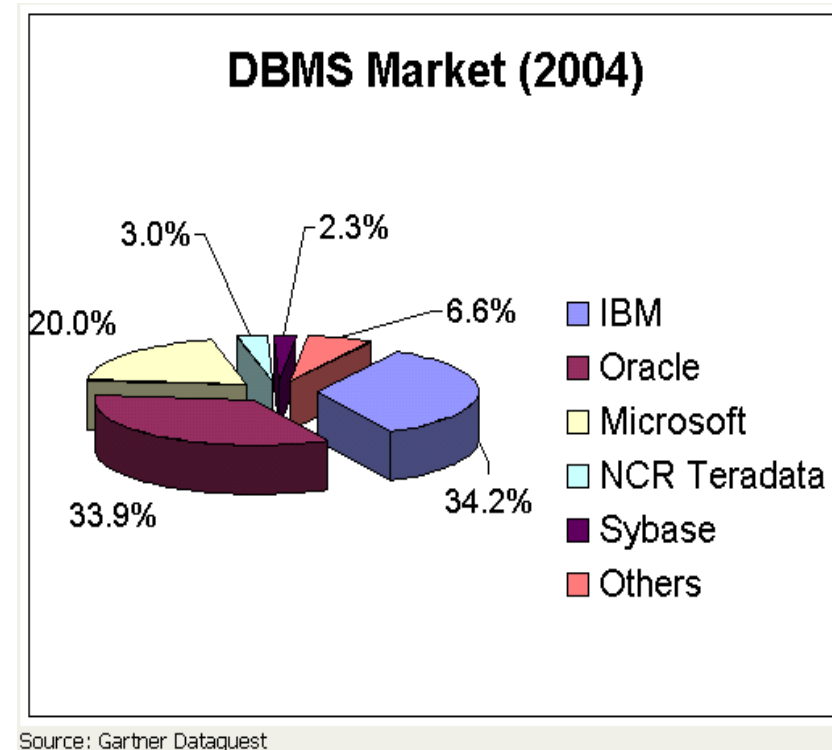
- 1950s and early 1960s:
 - 펀치카드, 테이프(순차적 접근만 가능)등을 이용한 데이터 처리
 - File System
- Late 1960s and 1970s:
 - HDD 사용
 - Network & hierarchical data models
 - Ted Codd가 relational data model 정의
 - ACM Turing Award 수상
 - IBM Research: System R prototype
 - UC Berkeley: Ingres prototype
 - 고성능 트랜잭션 처리

데이터베이스 역사 (계속)

- 1980s:
 - RDBMS가 상용화 됨 (Oracle)
 - SQL이 표준으로 제정됨
 - 병렬, 분산 Database
 - OO-DBMS 소개됨
- 1990s:
 - OR-DBMS
 - 대규모 의사결정 시스템 및 Data Mining 응용
 - 수 TB 규모의 데이터 웨어하우스
 - 웹 시스템과 결합
- 2000s:
 - XML & XQuery, 스트림 처리, GIS, Grid, 내장형, Real-Time DB, 자동화된 DB 관리, NoSQL
- 2010s: Big data, NoSQL

DBMS 제품



- BIG 3
 - Oracle: RDBMS 최초 상용화, RDBMS 시장 점유율 가장 높음 (국내 점유율 특히 높음)
 - IBM DB2: RDBMS 최초개발, 메인프레임등에서 점유율 높음
 - MS-SQL Server: Sybase 코드에 기반
- 기타
 - Teradata, Informix, Sybase
 - MySQL, PostgreSQL, Firebird, Cubrid
 - Main-Memory(Real-time) DB : Altibase, TimesTen
 - Embedded DB: SQLite, BerkeleyDB






DBMS 성능

- 현재 DB 성능의 한계는?
 - 과연 현재 사용 시스템의 성능은 어느 정도인가?
 - 가격은 어느 정도 인가?
- DBMS 벤치마크 사이트: <http://www.tpc.org>
 - 데이터베이스 시스템의 성능 벤치마크
 - DBMS + H/W System + Middle Ware System ...
 - 분류
 - TPC-C / TPC-E: 트랜잭션 시스템 (OLTP)
 - TPC-H: 의사결정 시스템 (OLAP)
 - TPCx-HS: Big Data (Hadoop)

TPC-C



Rank	Company	System	Performance (tpmC)	Price/tpmC	Watts/KtpmC	System Availability	Database	Operating System	TP Monitor	Date Submitted
1		SPARC T5-8 Server	8,552,523	.55 USD	NR	09/25/13	Oracle 11g Release 2 Enterprise Edition with Oracle Partitioning	Oracle Solaris 11.1	Oracle Tuxedo CFSR	03/26/13
2		Dell PowerEdge T620	112,890	.19 USD	NR	11/25/14	SQL Anywhere 16	Microsoft Windows 2012 Standard x64	Microsoft COM+	11/25/14

TPC-E

Rank	Company	System	Performance (tpsE)	Price/tpsE	Watts/tpsE	System Availability	Database	Operating System	Processors / Cores / Threads	Date Submitted
1		Lenovo System x3950 X6	11,059	143.91 USD	NR	12/17/15	Microsoft SQL Server 2014 Enterprise Edition	Microsoft Windows Server 2012 R2 Standard Edition	8 / 144 / 288	12/17/15
2		FUJITSU Server PRIMEQUEST 2800E2	10,058	187.53 USD	NR	11/11/15	Microsoft SQL Server 2014 Enterprise Edition	Microsoft Windows Server 2012 R2 Standard Edition	8 / 128 / 256	11/11/15
3		System x3950 X6	9,145	192.38 USD	NR	11/25/14	Microsoft SQL Server 2014 Enterprise Edition	Microsoft Windows Server 2012 Standard Edition	8 / 120 / 240	11/25/14



3,000 GB Results

TPC-H

Rank	Company	System	QphH	Price/QphH	Watts/KQphH	System Availability	Database	Operating System	Date Submitted	Cluster
1		Dell PowerEdge R720xd using EXASolution 5.0	7,808,386	.15 USD	NR	09/24/14	EXASOL EXASolution 5.0	EXASOL EXACluster OS 5.0	09/23/14	Y
2		Cisco UCS C460 M4 Server	725,686	1.08 USD	NR	07/14/15	Microsoft SQL Server 2014 Enterprise Edition	Microsoft Windows 2012 R2 Standard Edition	07/13/15	N

10 TB Results

TPCx-HS

Rank	Company	System	HSph	Price/HSph	Watts/KHSph	System Availability	Apache Hadoop Compatible Software	Operating System	Date Submitted	Cluster
1		Dell PowerEdge 730/730xd	9.07	38,101.22 USD	NR	10/19/15	Cloudera Distribution for Apache Hadoop (CDH) 5.4.2	Red Hat Enterprise Linux Server 6.5	10/16/15	Y
2		Cisco UCS Integrated Infrastructure for Big Data	5.77	106,524.27 USD	NR	01/09/15	MapR M5 Edition 4.0.1	Red Hat Enterprise Linux 6.4	01/08/15	Y

<div> <div>Lenovo</div> <div>System x[®] 3950 X6</div> <div>Microsoft[®] SQL Server[®] 2014</div> </div>		<div> <div>TPC-E[™] 1.14.0</div> <div>TPC Pricing 1.7.0</div> </div>	
		Report Date: December 17, 2015	
		Revision Date: December 17, 2015	
TPC-E Throughput 11,058.99 tpsE	Price/Performance \$143.91 USD per tpsE [™]	Availability Date December 17, 2015	Total System Cost \$1,591,485 USD
Database Server Configuration			
Operating System Microsoft Windows Server [®] 2012 R2 Standard Edition	Database Manager Microsoft SQL Server 2014 Enterprise Edition	Processors/Cores/ Threads 8/144/288	Memory 4096GB

System x3650 M5, with:

- 2 x Intel[®] Xeon[®] Processor E5-2699 v3 2.30GHz (2 Procs/36 Cores/72 Threads)
- 64GB Memory
- 2 x 300GB SFF SAS (RAID-1)
- 1 x ServeRAID M5210
- Onboard Quad Gb Ethernet
- 2 x Dual 10Gb-T Ethernet

System x3950 X6, with:

- 8 x Intel Xeon Processor E7-8890 v3 2.50GHz (8 Procs/144 Cores/288 Threads)
- 4096GB Memory
- 2 x 900GB 10K SAS (RAID-1)
- 6 x 800GB SAS SSD (RAID-10)
- 1 x ServeRAID M5210
- 8 x ServeRAID M5225
- 4 x Dual 10Gb-T Ethernet

12 x Lenovo E1024 JBOD Enclosures, with:

- 104 x 800GB 2.5" SAS SSD (6 x 17-drive RAID-5)
- (1 x 2-drive RAID-1)

104 Total External Drives

Initial Database Size
47,222 GB

Redundancy Level: 1

RAID-10 Log

RAID-5 Data

RAID-1 tempdb

Storage

2 x 900GB 2.5" 10K SAS

6 x 800GB 2.5" SAS SSD

104 x 800GB 2.5" SAS SSD

ORACLE®	SPARC T5-8 Server		TPC-C 5.11.0 TPC-Pricing 1.7.0	
			Report Date March 26, 2013	
Total System Cost	TPC-C Throughput	Price/Performance	Availability Date	
\$4,663,073USD	8,552,523 tpmC	\$0.55USD/tpmC	September 25, 2013	
Database Server Processors/Cores/Threads	Database Manager	Operating System	Other Software	Number of Users
SPARC T5 3.6GHz 8 / 128 / 1,024	Oracle Database 11g Release 2 Enterprise Edition With Oracle Partitioning	Oracle Solaris 11.1	Oracle Tuxedo CFSR Oracle Web Tier 1	6,800,000

Clients

16 Sun Server X3-2

2 Intel[®] Xeon[®] E5-2690 2.93GHz

64GB Memory

2 600GB SAS disk

Database System

SPARC T5-8 Server

8 SPARC T5 3.6GHz

4TB Memory

2 600GB 10K RPM SAS

12 8Gb/s FC HBA, 2 port

10GbE SFP+

Storage

54 DATA COMSTAR

Sun Server X3-2L w/ 2 Intel[®] Xeon[®] E5-2609 2.4GHz

16GB DDR3

46 w/ 1 3TB 7.2K RPM SAS

8 w/ 2 3TB 7.2K RPM SAS

4 F40 PCI-E 400GB SSD

2 REDO COMSTAR

Sun Server X3-2L w/ 2 Intel[®] Xeon[®] E5-2609 2.4GHz

16GB DDR3

12 3TB 7.2K RPM SAS

System Component	Each Server Node		Each Client	
Processors/Cores/Threads and cache	8/128/1024	SPARC T5 3.6GHz 8MB L3 Cache	2/16/32	Intel [®] Xeon [®] E5-2690 12MB Smart Cache
Memory		4TB		64GB
Disk Controllers	12	8Gb/s FC HBA 2 Port	1	8 port Internal SAS
OS Disks (each system)	2	600GB 10K RPM SAS	2	600GB 10K RPM SAS
External Storage	216	Flash Accelerator F40 PCI-E 400GB eMLC		
	86	3TB 7.2K RPM SAS		
Total Storage		344.4TB		



DELL
PowerEdge R730/R730xd
w/ Cloudera CDH 5.4.2

TPCx-HS Rev. 1.3.0
TPC-Pricing Rev. 1.7.0

Report Date:
October 19, 2015

Total System Cost

TPCx-HS Performance Metric

Price/Performance

USD 345,578

9.07 HSph@10TB

38,101.22 \$/HSph@10TB

Apache Hadoop
Compatible
Software

Operating System

Other Software

System Availability
Date

Cloudera CDH 5.4.2
HDFS API Ver 2,
Map Reduce API ver 1

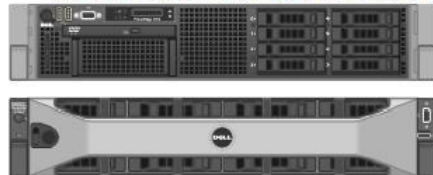
Red Hat Enterprise
Linux Server 6.5

OpenJDK 64-bit
Server
1.7.0_45

October 19, 2015

System Configuration

1xDell R730 Server (Namenode)
w/ 2xIntel E5-2650v3, 8x 1TB,3.5",6G,SATA HDD



12xDell R730xd Servers (Datanodes)
each w/ 2xIntel E5-2690v3, 24x
1.2TB,2.5",6G,SAS + 2x300GB,2.5",6G, SAS (OS)



Networking:

2xDell Force10 S4810 10 GbE

Physical Storage/Scale Factor

Scale Factor/Physical Memory

36.08

6.15

Servers: 1 x Dell PowerEdge R730 / 12 x PowerEdge R730xd
Processors/Cores/Threads : 26/308/616

Server Configuration	R730	R730xd
Processors	2xIntel Xeon E5-2650 v3 2.3GHz, 25MB L3	2xIntel Xeon E5-2690 v3 2.6GHz, 30MB L3
Memory	128GB	
Storage Controller	Dell PERC H730 Mini	
Storage Device	8 x 1TB,3.5",7.2K,6G SATA	24x1.2TB,2.5",10K,6G,SAS
Network Interface Cards	Intel x520 DP 10Gb Intel x520 DP 10GbE + I350 DP 1GbE	Intel x520 DP 10GbE + I350 DP 1GbE
Switches	2x Dell Force10 S4810	

RELATIONAL MODEL

- Schema란?
- Relational Model이란?
- 주요개념: Domain, Attribute, Tuple, Relation, NULL, Key

Data Model

- Data를 어떻게 표현할 것인가???
- 예)
 - List?
 - Tree?
 - Graph?
 - Array?
- DBMS마다 Data Model이 다를 수 있음

주요 Data Model

- **Relational** data model
- **Entity-Relationship(E-R)** data model
 - 데이터베이스 설계에 주로 이용됨
- Object-based data models
(**Object-Oriented** and **Object-Relational**)
 - RDBMS의 한계점 극복 위해 제안
 - OO-DBMS의 장점이 부각되자, 대형 RDBMS Vendor들이 OR-DBMS 발표
 - 현재 대부분의 RDBMS는 실질적으로 ORDBMS
- 기타
 - **Network**(네트워크) model , **Hierarchical**(계층) model: RDBMS 이전에 주로 사용되었던 모델.

Relational model

- 가장 널리 이용됨. 대표적 Data Model
- Relation (Table)에 기반한 모델, 사용 편리, 성능 우수
- Oracle, IBM DB2, MS-SQL Server 등 대부분 DBMS가 RDBMS
- SQL제공: High-level language

<i>customer-id</i>	<i>customer-name</i>	<i>customer-street</i>	<i>customer-city</i>
192-83-7465	Johnson	12 Alma St.	Palo Alto
019-28-3746	Smith	4 North St.	Rye
677-89-9011	Hayes	3 Main St.	Harrison
182-73-6091	Turner	123 Putnam Ave.	Stamford
321-12-3123	Jones	100 Main St.	Harrison
336-66-9999	Lindsay	175 Park Ave.	Pittsfield
019-28-3746	Smith	72 North St.	Rye

<i>account-number</i>	<i>balance</i>
A-101	500
A-215	700
A-102	400
A-305	350
A-201	900
A-217	750
A-222	700

<i>customer-id</i>	<i>account-number</i>
192-83-7465	A-101
192-83-7465	A-201
019-28-3746	A-215
677-89-9011	A-102
182-73-6091	A-305
321-12-3123	A-217
336-66-9999	A-222
019-28-3746	A-201

Relational Model의 주요 개념

- **Domain** (type): Attribute가 가질 수 있는 값의 집합
- **Attribute** (column)
- **Tuple** (row, record): set of values for attributes
- **Relation** (table): set of tuples
- **Database**: set of relations

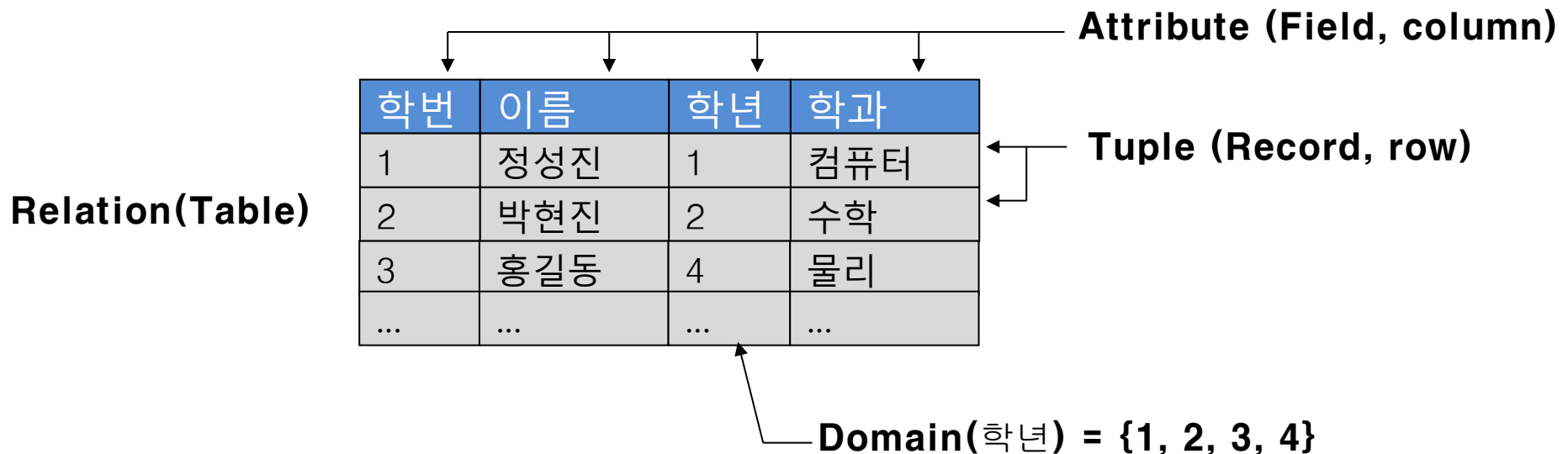


Table vs. Relation

Table-oriented	Set-oriented	Record-oriented
Table	Relation	Record-type, file
Row	Tuple	Record
Column	Attribute	Field

- Relation은 수학적 개념:
 - 튜플간, 애트리뷰트 간 순서가 없음.
 - 동일한 튜플이 존재할 수 없음(집합이므로)
- 실제 DBMS의 테이블은 순서, 중복 등이 존재

Schema & Instance

- **Schema**
 - the logical structure of the database
 - *type information of a variable in a program*
 - Physical schema: database design at the physical level
 - Logical schema: database design at the logical level
- **Instance**
 - actual contents at a particular point in time
 - *the value of a variable*

Example

- Scheme (schema)

고객

고객ID	이름	주소	전화번호
------	----	----	------

은행계좌

계좌번호	계좌종류	잔고
------	------	----

- Instance

2011/2/20/12:00

고객

고객ID	이름	주소	전화번호
CE1	박현민	....	....
CE2	이강선	....	....
CE3	권동섭	....	....

2011/3/5/12:00

고객

고객ID	이름	주소	전화번호
CE1	박현민	....	....
CE4	김상균	....	....
CE5	한승철	....	....

NULL

- special value for “unknown” or “undefined”
- 숫자 0, 빈 문자열 "" 등과 는 다름
- 모든 Domain은 NULL값을 포함 함

Key

- Key: Tuple을 구별하기 위한 Attribute 집합
 - Relation은 동일한 tuple이 있을 수 없음
- **Superkey** (수퍼키)
 - Relation에서 Tuple을 식별할 수 있는 **Unique**한 Attribute의 집합
- **Candidate Key** (후보키)
 - Superkey 중에서 **Minimal** 한 Key
 - Minimal: 하나의 Attribute라도 빼면 더 이상 Key가 아님
- **Primary Key** (기본키, PK)
 - Candidate Key 중 하나 (Relation을 정의할 때 선택)
 - **Entity Integrity** : NULL이 될 수 없음
- **Foreign Key** (참조키, FK)
 - 타 relation을 참조하는 attribute
 - 참조하는 relation에서 key는 아니지만, 참조되는 relation에서 primary key임.
 - **Referential Integrity**: 반드시 참조된 relation의 PK 값에 존재하거나 NULL이어야 함

Example

학생

학번	이름	주민등록번호	주소	지도교수
60072345	한승연	8816XXXXX	서울	11215
...
...
...
...
...
...

교수

교번	이름	학과
11215	권동섭	컴퓨터공학과
...
...
...
...
...
...

학과

학과명	학과장
컴퓨터공학과	11277
...	...
...	...
...	...
...	...
...	...
...	...

- Superkey, Candidate key, Primary key, Foreign key??

정리

- DB란 무엇인가?
- DBMS란 무엇인가?
- 왜 DBMS를 사용하는가?
- Relational Model이란 무엇인가?
- 다음 개념을 설명하라
 - Domain, Attribute, Tuple, Relation
 - Schema vs. Instance
 - NULL
 - Superkey, Candidate Key, Primary Key, Foreign Key