

The Relational Data Model, Relational Constraints

政治大學

資訊科學系

沈錨坤

Database Systems

=

Database Design + DBMS Design

學生修課資料庫

Student

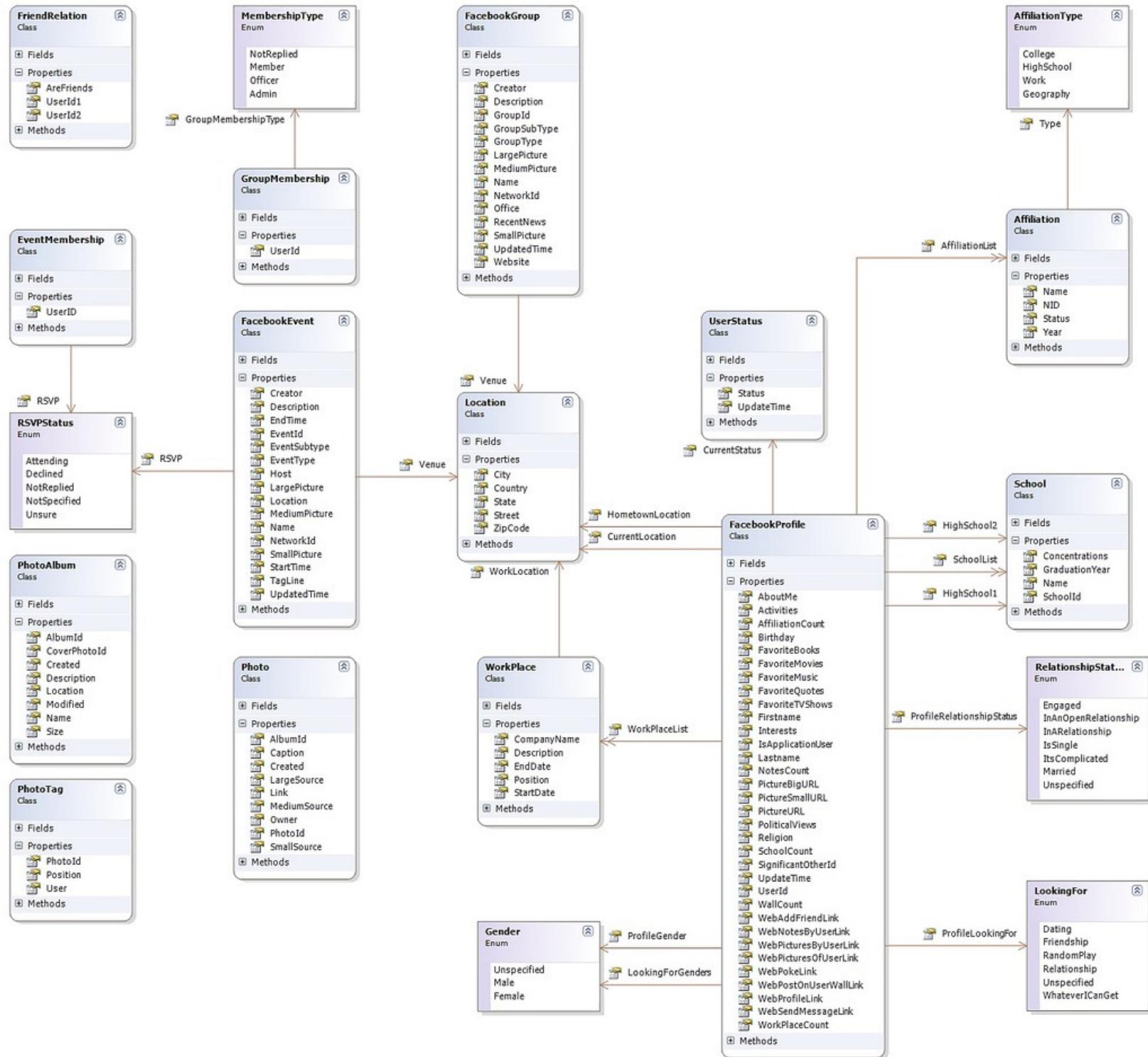
學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

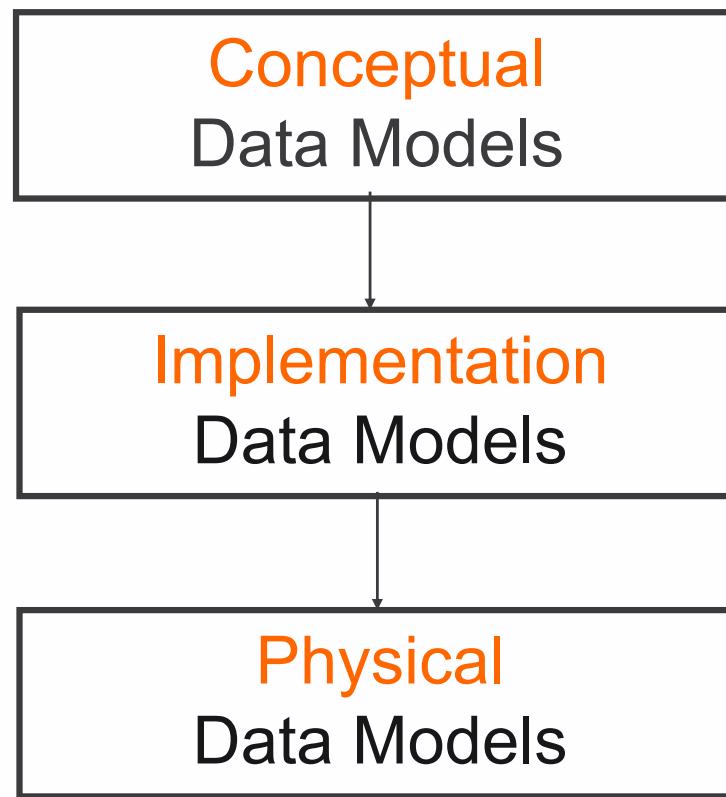
Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2



Data Models

描述
資料需求



Entity-Relationship Model

ER to Relational Mapping

Relational Data Model

SQL, Relational Algebra
Normalization

DBMS

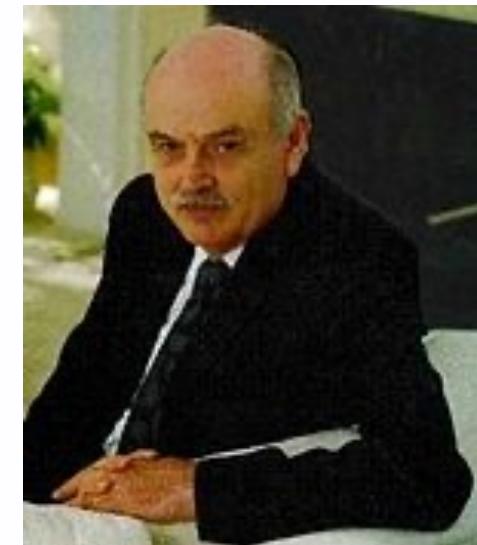
Record Structure, Indexing
Query Processing
Query Optimization
Transaction Processing

Content

- ◆ Relational data Model
- ◆ Relational Data Structures
- ◆ Relational Constraints
- ◆ Dealing with Constraint Violation

Relational Data Model

- ◆ Introduced by **Ted Codd** of IBM in 1969
- * A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks,
Communications of ACM, 13(6), 1969.
= databases
- ◆ Use the concept of
 - mathematical relation
 - set theory
 - first order predicate logic
- ◆ Relational data model defines
 - Relational data structure
 - Constraints
 - Relational Algebra, Relational Calculus



(1981 Turing Award Winner)

A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks

E. F. CODD

IBM Research Laboratory, San Jose, California

Future users of large data banks must be protected from having to know how the data is organized in the machine (the internal representation). A prompting service which supplies such information is not a satisfactory solution. Activities of users at terminals and most application programs should remain unaffected when the internal representation of data is changed and even when some aspects of the external representation are changed. Changes in data representation will often be needed as a result of changes in query, update, and report traffic and natural growth in the types of stored information.

Existing noninferential, formatted data systems provide users with tree-structured files or slightly more general network models of the data. In Section 1, inadequacies of these models are discussed. A model based on n -ary relations, a normal form for data base relations, and the concept of a universal data sublanguage are introduced. In Section 2, certain operations on relations (other than logical inference) are discussed and applied to the problems of redundancy and consistency in the user's model.

KEY WORDS AND PHRASES: data bank, data base, data structure, data organization, hierarchies of data, networks of data, relations, derivability, redundancy, consistency, composition, join, retrieval language, predicate calculus, security, data integrity

CR CATEGORIES: 3.70, 3.73, 3.75, 4.20, 4.22, 4.29

1. Relational Model and Normal Form

The relational view (or model) of data described in Section 1 appears to be superior in several respects to the graph or network model [3, 4] presently in vogue for noninferential systems. It provides a means of describing data with its natural structure only—that is, without superimposing any additional structure for machine representation purposes. Accordingly, it provides a basis for a high level data language which will yield maximal independence between programs on the one hand and machine representation and organization of data on the other.

A further advantage of the relational view is that it forms a sound basis for treating derivability, redundancy, and consistency of relations—these are discussed in Section 2. The network model, on the other hand, has spawned a number of confusions, not the least of which is mistaking the derivation of connections for the derivation of relations (see remarks in Section 2 on the "connection trap").

Finally, the relational view permits a clearer evaluation of the scope and logical limitations of present formatted data systems, and also the relative merits (from a logical standpoint) of competing representations of data within a single system. Examples of this clearer perspective are cited in various parts of this paper. Implementations of systems to support the relational model are not discussed.

1.2. DATA DEPENDENCIES IN PRESENT SYSTEMS

The provision of data description tables in recently developed information systems represents a major advance toward the goal of data independence [5, 6, 7]. Such tables facilitate changing certain characteristics of the data representation stored in a data bank. However, the variety of data representation characteristics which can be changed *without logically impairing some application programs* is still quite limited. Further, the model of data with which users interact is still cluttered with representational properties, particularly in regard to the representation of collections of data (as opposed to individual items). Three of the principal kinds of data dependencies which still need to be removed are: ordering dependence, indexing depend-

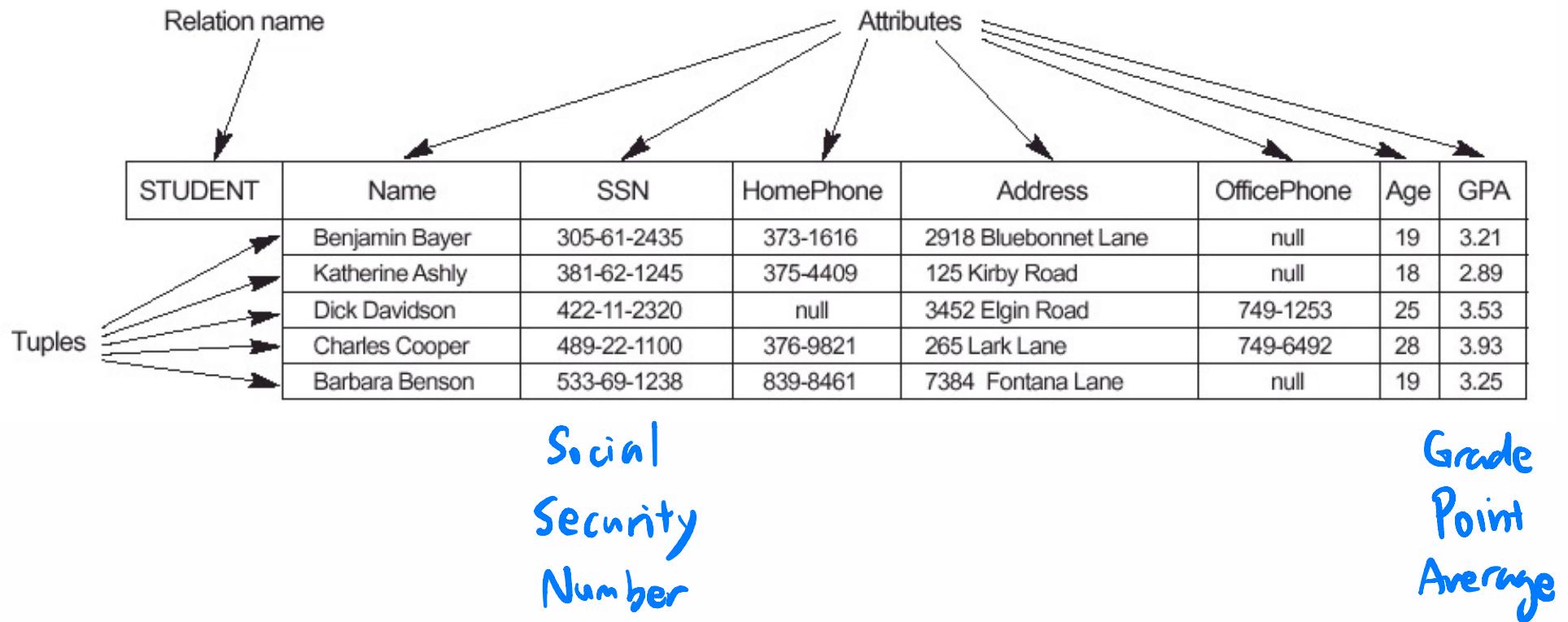
Content

- ◆ Relational data Model
- ◆ **Relational Data Structures**
- ◆ Relational Constraints
- ◆ Dealing with Constraint Violation

Relational Model Concepts

- ◆ Relation: table
- ◆ Tuple: row, record
- ◆ Attribute: column header, field
- ◆ Domain: data type describing types of values that can appear in each column

Relation : Table



Domain, Attribute, Tuple & Relation

- ◆ **Relation schema** R : $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$
 - made up of relation name R & a list of attributes A_1, A_2, \dots, A_n
 - **Degree of R : n , #(attributes)**
- ◆ **Attribute A_i**
 - name of a role played by some domain D in the relation scheme R
- ◆ **Domain D**
 - a set of atomic values
 - **Atomic**: each value in the domain is **indivisible**

Attribute的 Domain 與 Data Type 有何不同？

為何要考慮 Attribute 的 Domain ?



Gender 的 Domain 為何？



Sex (at Birth)

- Female
- Male
- Other
- Prefer not to state

Gender Identity

- Female
- Male
- Transgender Female (MTF)
- Transgender Male (FTM)
- Gender Queer
- Other
- Prefer not to state

Sexual Orientation

- Heterosexual
- Gay/lesbian
- Bisexual
- Other
- Prefer not to state

若要紀錄地址的 英文 Street Name
這 Attribute 的 Domain 為何？

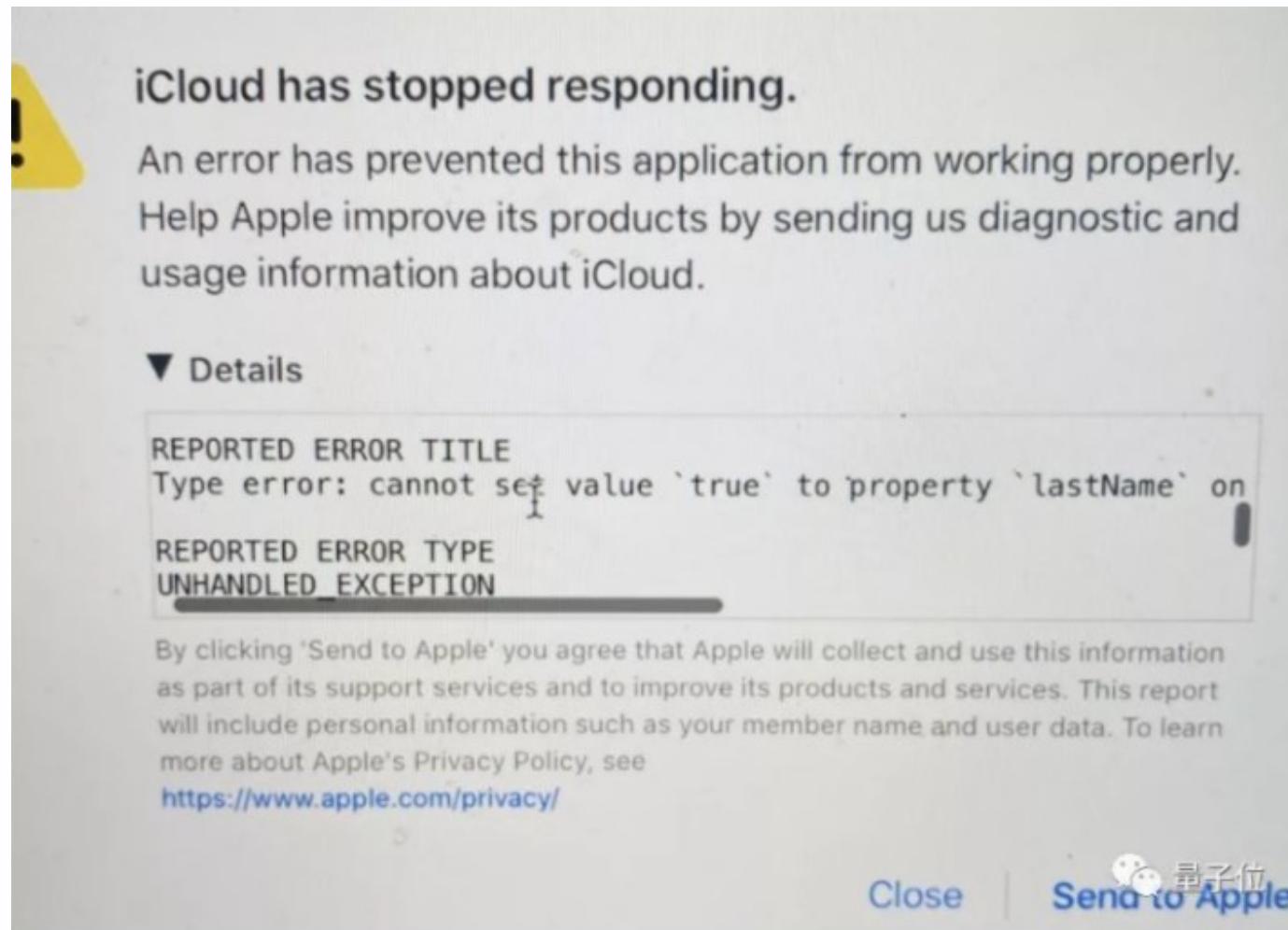






【工程師才懂的悲劇】就因為名字叫做 True，她被蘋果 iCloud 鎖定半年

TO TO 精選觀點 ⌂ 2021-03-09



Null Values

◆ Null

- Not applicable (N.A.)
 - E.g. ApartmentNumber attribute for an address of a single-family home

7. Are you currently pregnant?

Yes

No

Does not apply to me

- Unknown
 - Missing:
 - E.g. the Height attribute of a person
 - Not known whether the attribute value exists:
 - E.g. HomePhone attribute of a person

↓

It is unknown whether the person has a landline phone

Null 與 0

有什麼不同？



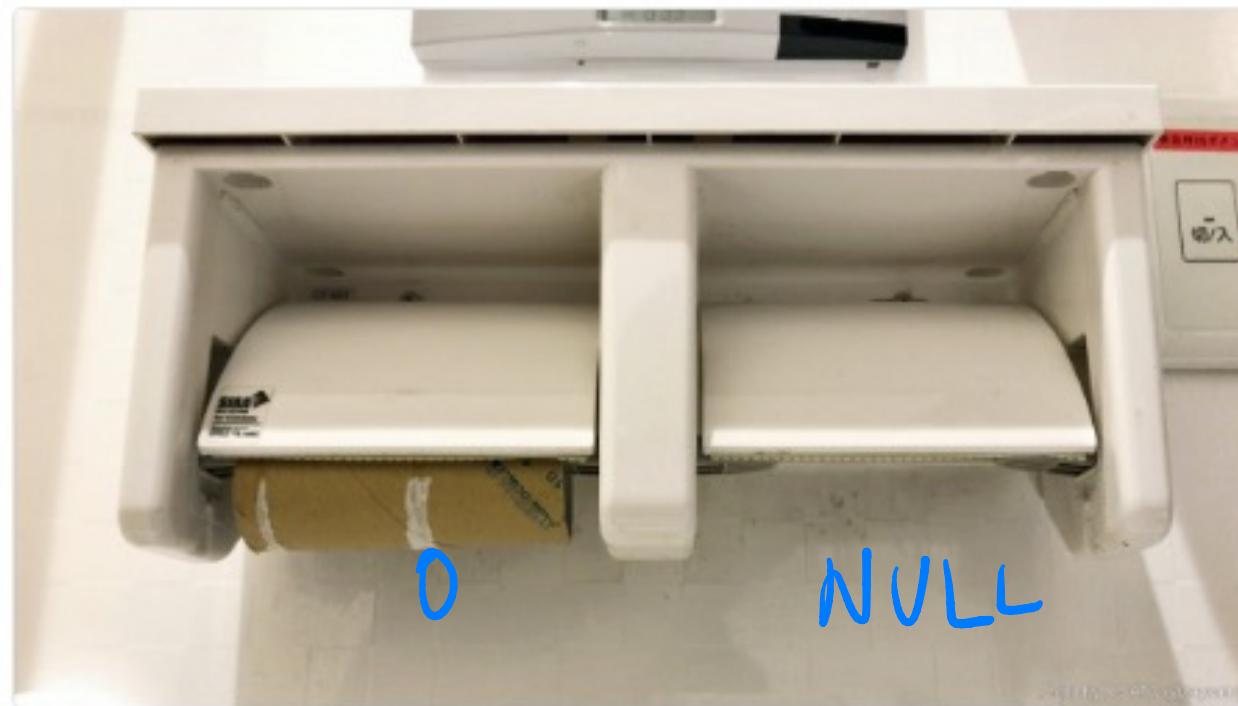


R SATO (佐藤 玲)

@raysato

フォローする

用一張圖理解程式設計新手常搞錯的「0」跟
「Null」的分別。



9,648 7,464
リツイート いいね



4:11 - 2017年2月20日

12 9,648 7,464



葉多涵 最近人類學領域最有名的案例之一是有篇 Nature 的論文
把缺值全部補成零，我同事發現如果沒這麼做的話結果會反過
來，但原作者不肯認錯，期刊也不管。

讚 · 回覆 · 23週



王宏恩 借看

讚 · 回覆 · 23週



葉多涵 原論文：

<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1043-4>

我同事的回應：<https://psyarxiv.com/jwa2n/>



讚 · 回覆 · 23週

NATURE.COM

Complex societies precede
moralizing gods throughout...



Null Value (cont.)

幾年前有篇跨國研究，顯示信教的小孩居然比較不願意慷慨解囊幫助別人，這篇文章獲得大量轉載。

最近有人拿這篇文章的資料重跑一次，發現作者語法寫錯了，把國家從類別變數跑成連續變數。語法更正後，結果就逆轉了，有信教的小孩稍微慷慨一點。語法錯誤的地方是STATA裡面Country應該寫成*i.Country*。

Domain, Attribute, Tuple & Relation (cont.)

- ◆ A relation $r(R)$
 - r of relation schema $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$
 - a set of n -tuples $r = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ (unordered, distinct)
 - n -tuples: an ordered list of n values $t = \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$
 - t_i is an element of domain A_i or null value
 - A mathematical relation of degree n on the domains $D(A_1), D(A_2), \dots, D(A_n)$
 - Subset of Cartesian product of the domains that define R :
$$r(R) \subseteq (D(A_1) \times D(A_2) \times \dots \times D(A_n))$$
 - e.g. $D(\text{Gender})=\{\text{M},\text{F}\}$, $D(\text{Grade})=\{1, 2, 3\}$
 - $$D(\text{Gender}) \times D(\text{Grade})=\{\{\text{M},1\},\{\text{F},1\},\{\text{M},2\},\{\text{F},2\},\{\text{M},3\},\{\text{F},3\}\}$$

校友

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資科系

校友(R)

Schema
相同

在校生

在校生(R)

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資科系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

Characteristics of Relations

- ◆ Tuples in a relation is not ordered
- ◆ Attributes values within a tuple is not ordered
- ◆ Each value in a tuple is an **atomic value**
 - First normal form (**1st NF**)
 - **Multi-values attributes** are represented by separate relations
 - **Composite attributes** are represented only by their simple component attributes.
 - **Nested relations** in **object oriented data model** remove these restrictions
 - Null values

Tuples in a relation is not ordered

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資科系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

=

學號	姓名	性別	生日	系所
1201	林志玲	女	1974/11/29	資科系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

Attributes values within a tuple is not ordered

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資科系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

=

學號	姓名	生日	性別	系所
1101	陳綺貞	1975/06/06	女	哲學系
2301	黃奇斌	1990/09/10	男	廣告系
1102	張雨生	1966/06/07	男	外交系
1201	林志玲	1974/11/29	女	資科系
1103	謝馨儀	1982/04/16	女	企管系
1301	吳青峰	1982/08/30	男	中文系
2302	林依晨	1982/10/29	女	韓文系

Multi-value Attributes

學生	姓名	性別	生日	系所	課程	名稱	學分	分數
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系	C3501	資料庫系統	3	90
1102	張雨生	男	1966/06/7	外交系	C3001, J2010	資料庫系統, 演算法	3,3	70,80
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系	C3001	資料庫系統	3	100
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系	J3020, C3001	人工智慧概論, 資料庫系統	3,3	85,90
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系	J2010, C3020	演算法, 人工智慧概論	3,3	70,80
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系	C3501, J2010	資料庫系統, 演算法	3,3	80,85

Composite Attributes

學生基本資料					修課資料			
學生	姓名	性別	生日	系所	課程	名稱	學分	分數
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系	C3501	資料庫系統	3	90
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系	C3001	資料庫系統	3	70
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系	J2010	演算法	3	80
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系	C3001	資料庫系統	3	100
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系	J3020	人工智慧概論	3	85
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系	C3001	資料庫系統	3	90
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系	J2010	演算法	3	70
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系	C3020	人工智慧概論	3	80
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系	C3501	資料庫系統	3	80
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系	J2010	演算法	3	85

Atomic-value Attributes

學生	姓名	性別	生日	系所	課程	名稱	學分	分數
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系	C3501	資料庫系統	3	90
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系	C3001	資料庫系統	3	70
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系	J2010	演算法	3	80
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系	C3001	資料庫系統	3	100
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系	J3020	人工智慧概論	3	85
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系	C3001	資料庫系統	3	90
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系	J2010	演算法	3	70
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系	C3020	人工智慧概論	3	80
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系	C3501	資料庫系統	3	80
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系	J2010	演算法	3	85

Separate Relations for Multi-value Attribute

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

Characteristics of Relations

◆ Interpretation of a relation

- Relation schema: a declaration or a type of assertion
- Tuple: a **fact**, a particular instance of the assertion
- Relation model represents **entity & relationships** uniformly as **relations**
- relation schema: predicate, e.g. Parents(X, Y)
- fact: values satisfy the predicate, e.g.

X	Y
豬哥亮	謝金燕
吳宗憲	吳珊儒
蘇洵	蘇軾
蘇洵	蘇轍

Content

- ◆ Relational data Model
- ◆ Relational Data Structures
- ◆ **Relational Constraints**
- ◆ Dealing with Constraint Violation

Relational Constraints

- ◆ Constraints: restrictions on data that can be specified on a relational database schema

- Domain constraints
- Key constraints
- Entity integrity constraints
- Referential integrity constraints

Domain Constraints

- ◆ Domain constraint: value of each attribute A_i must be
 - an atomic value
 - from the domain $D(A_i)$

Multi-value Attributes Violates Domain Constraints

學生	姓名	性別	生日	系所	課程	名稱	學分	分數
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系	C3501	資料庫系統	3	90
1102	張雨生	男	1966/06/7	外交系	C3001, J2010	資料庫系統, 演算法	3,3	70,80
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系	C3001	資料庫系統	3	100
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系	J3020, C3001	人工智慧概論, 資料庫系統	3,3	85,90
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系	J2010, C3020	演算法, 人工智慧概論	3,3	70,80
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系	C3501, J2010	資料庫系統, 演算法	3,3	80,85

Separate Relations for Multi-value Attribute

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

Key Constraints

◆ Key constraints

- All tuples in a relation must also be **distinct**
- No two tuples can have the same combination of values for all their attributes (**the biggest superkey possible**)

✓ ◆ Superkey

- For any two distinct tuples t_1 & t_2 in a relation state r of R ,
$$t_1[\text{SK}] \neq t_2[\text{SK}]$$
- Every relation has **at least one default superkey**: the set of all its attributes

✓ ◆ Key

- **Key is a minimal superkey**: removing any attribute A from K leaves a set of attributes that is not a superkey of R
- **Candidate key**
- **Primary key**

學生修課資料庫

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

- ◆ The Car relation with two candidate keys

CAR	<u>LicenseNumber</u>	EngineSerialNumber	Make	Model	Year
	Texas ABC-739	A69352	Ford	Mustang	96
	Florida TVP-347	B43696	Oldsmobile	Cutlass	99
	New York MPO-22	X83554	Oldsmobile	Delta	95
	California 432-TFY	C43742	Mercedes	190-D	93
	California RSK-629	Y82935	Toyota	Camry	98
	Texas RSK-629	U028365	Jaguar	XJS	98

EMPLOYEE

Fname	Minit	Lname	<u>Ssn</u>	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
-------	-------	-------	------------	-------	---------	-----	--------	-----------	-----

DEPARTMENT

Dname	<u>Dnumber</u>	Mgr_ssn	Mgr_start_date
-------	----------------	---------	----------------

DEPT_LOCATIONS

<u>Dnumber</u>	<u>Dlocation</u>
----------------	------------------

PROJECT

Pname	<u>Pnumber</u>	Plocation	Dnum
-------	----------------	-----------	------

WORKS_ON

<u>Essn</u>	<u>Pno</u>	Hours
-------------	------------	-------

DEPENDENT

<u>Essn</u>	<u>Dependent_name</u>	Sex	Bdate	Relationship
-------------	-----------------------	-----	-------	--------------

EMPLOYEE

Fname	Minit	Lname	<u>Ssn</u>	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
John	B	Smith	123456789	1965-01-09	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss, Houston, TX	M	40000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-01-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	1969-03-29	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	1937-11-10	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

DEPARTMENT

Dname	<u>Dnumber</u>	Mgr_ssn	Mgr_start_date
Research	5	333445555	1988-05-22
Administration	4	987654321	1995-01-01
Headquarters	1	888665555	1981-06-19

DEPT_LOCATIONS

<u>Dnumber</u>	<u>Dlocation</u>
1	Houston
4	Stafford
5	Bellaire
5	Sugarland
5	Houston

WORKS_ON

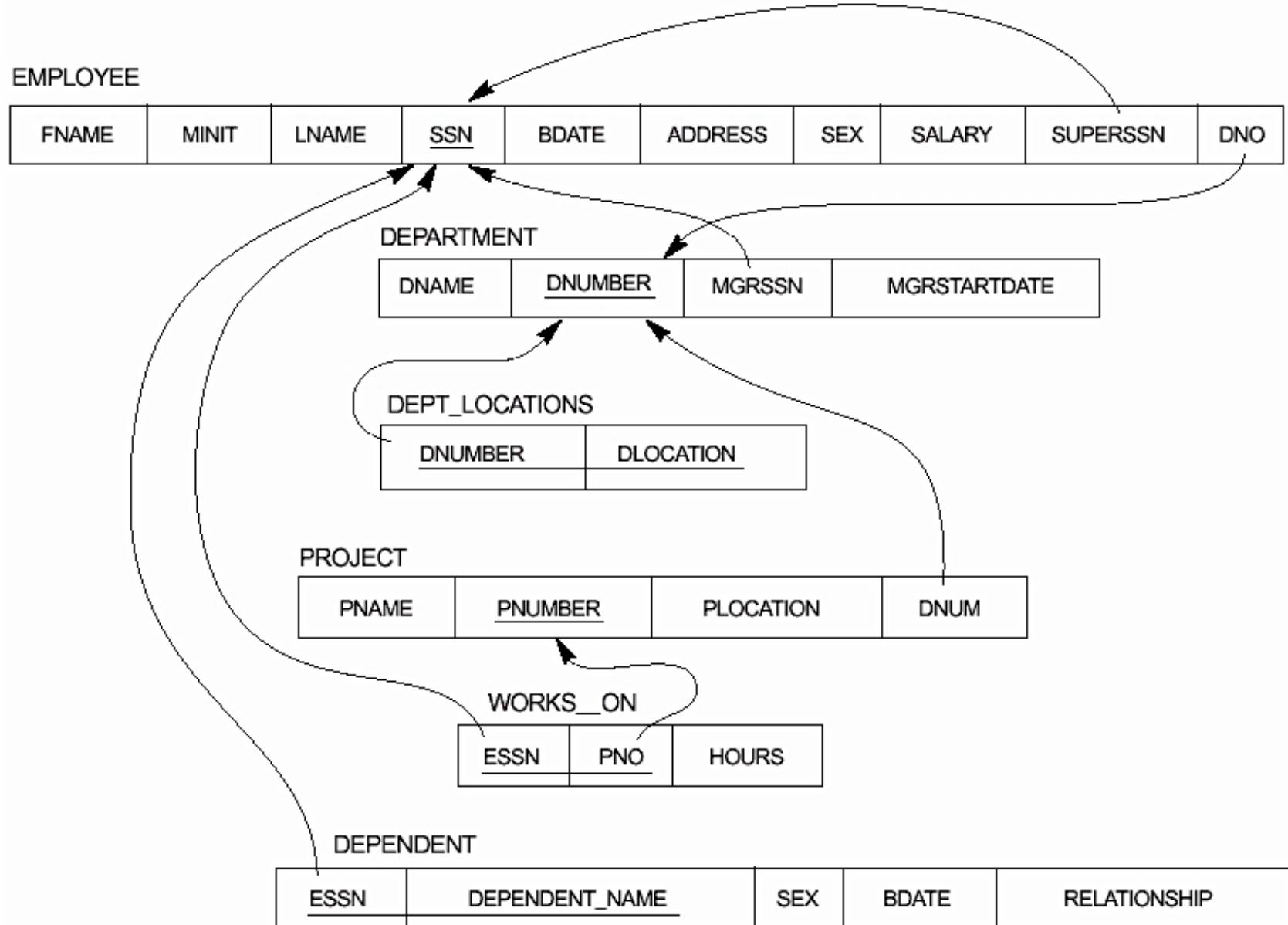
<u>Essn</u>	Pno	Hours
123456789	1	32.5
123456789	2	7.5
666884444	3	40.0
453453453	1	20.0
453453453	2	20.0
333445555	2	10.0
333445555	3	10.0
333445555	10	10.0
333445555	20	10.0
999887777	30	30.0
999887777	10	10.0
987987987	10	35.0
987987987	30	5.0
987654321	30	20.0
987654321	20	15.0
888665555	20	NULL

PROJECT

Pname	<u>Pnumber</u>	Plocation	Dnum
ProductX	1	Bellaire	5
ProductY	2	Sugarland	5
ProductZ	3	Houston	5
Computerization	10	Stafford	4
Reorganization	20	Houston	1
Newbenefits	30	Stafford	4

DEPENDENT

<u>Essn</u>	<u>Dependent_name</u>	Sex	Bdate	Relationship
333445555	Alice	F	1986-04-05	Daughter
333445555	Theodore	M	1983-10-25	Son
333445555	Joy	F	1958-05-03	Spouse
987654321	Abner	M	1942-02-28	Spouse
123456789	Michael	M	1988-01-04	Son
123456789	Alice	F	1988-12-30	Daughter
123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	Spouse



Entity Integrity Constraints

- ◆ Entity integrity constraints
 - No primary key value can be null

Null Primary Key Violates Entity Integrity Constraints

學生	姓名	性別	生日	系所	課程	名稱	學分	分數
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系	C3501	資料庫系統	3	90
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系	C3001	資料庫系統	3	70
					J2010	演算法	3	80
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系	C3001	資料庫系統	3	100
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系	J3020	人工智慧概論	3	85
					C3001	資料庫系統	3	90
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系	J2010	演算法	3	70
					C3020	人工智慧概論	3	80
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系	C3501	資料庫系統	3	80
					J2010	演算法	3	85

Separate Relations to Solve Violations of Entity Integrity Constraints

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Referential Integrity Constraints

- ◆ Foreign key

a set of attributes FK in relation schema R_1

is a foreign key of R_1 that references R_2 if

- $D(FK) = D(PK)$, where PK is the primary key of R_2

- $t_1[FK] = t_2[PK]$ or $t_1[FK]$ is null

D: domain

t: table

- * t_1 references t_2 , t_1 refers to t_2

- * R_1 : referencing relation, R_2 : referenced relation

- ◆ A foreign key can refer to its own relation

It's like "having no dangling pointers."

t, [FK] is NULL

1. `Departments` Table:

Department ID	Department Name
1	Human Resources
2	Engineering
3	Marketing

2. `Employees` Table:

Employee ID	Name	Department ID
101	Alice	2
102	Bob	NULL
103	Carol	1

t,

In the `Employees` table, Bob has a `Department ID` of `NULL`. This signifies that Bob is not currently assigned to any department. Despite this, there are no integrity issues within the database because the foreign key allows for a `NULL` value, which means that the association to the `Departments` table is optional for this particular record. The rest of the employees (Alice and Carol) have valid, non-null foreign keys that reference the primary keys in the `Departments` table.

Referential Integrity Constraints

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

學生修課資料庫

Student

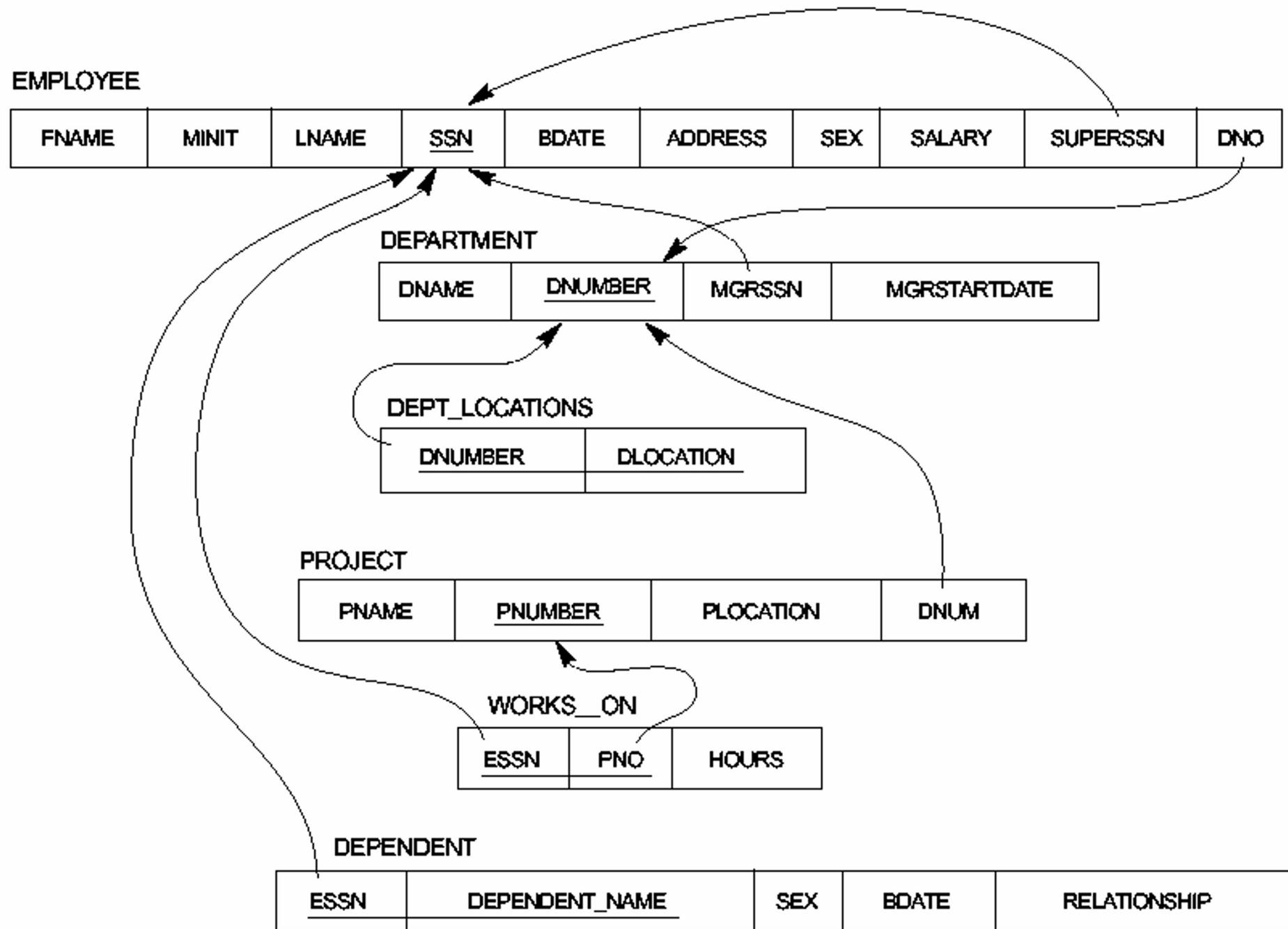
學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/32	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3502	80
1302	J2010	85

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	1



↗ (a) relating to the meaning in language or logic

Semantic Integrity Constraints

- ♦ Semantic integrity constraint

- e.g. the salary of an employee should not exceed that of employee's supervisor
- e.g. the max. no. of hours an employee can work per week is 42
- Semantic constraints can be specified & enforced by using constraint specification language
 - Triggers & assertions
 - SQL2: create assertion

- ♦ Static constraints vs. dynamic constraints

- Static constraints: state constraints
- Dynamic constraints: state transition constraints
 - e.g. the salary of an employee can only increase

學生修課資料庫

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/32	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3502	80
1302	J2010	85

Course

代碼	名稱	學分	時數	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	3	10	3
J2010	演算法	3	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	1	5	1

Content

- ◆ Relational data Model
- ◆ Relational Data Structures
- ◆ Relational Constraints
- ◆ Dealing with Constraint Violation

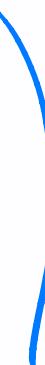
Dealing with Constraint Violation

- ◆ Integrity constraints should not be violated by the update operations.
- ◆ Actions taken in case of integrity violation
 - cancel operation that causes the violation (**REJECT** option)
 - perform the operation but inform the user of the violation
 - trigger additional updates so the violation is corrected (**CASCADE** option, **SET NULL** option)
 - execute a user-specified **error-correction routine**

Constraint Violation Caused by **Insertion**

- ◆ Constraint violation caused by insertion

- domain constraints
- key constraints
- entity integrity
- referential integrity



all + constraints

Insertion Violates Domain Constraints

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系
2303	林齡戚	男	1999/02/29	英語系

domain constraint

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Insertion Violates Key Constraints

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系
2302	林齡戚	男	2000/01/01	英語系

key constraint

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Insertion Violates Entity Integrity Constraints

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系
	林齡戚	男	1999/02/28	英語系

entity integrity constraint
Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Insertion Violates Referential Integrity Constraints

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系
2303	林齡戚	男	1999/02/28	英語系

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85
1301	C3025	100

referential integrity
Man-Kwan Shan, CS, NCCU
Constraint

Constraint Violation Caused by **Deletion**

- ◆ Constraint violation caused by deletion
 - Referential integrity
- ◆ Action taken in case of constraint violation caused by deletion
 - Reject
 - Propagate the deletion
 - Modify the referencing attribute value to null or to reference another valid tuple

Deletion Violates Referential Integrity Constraints

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

Course

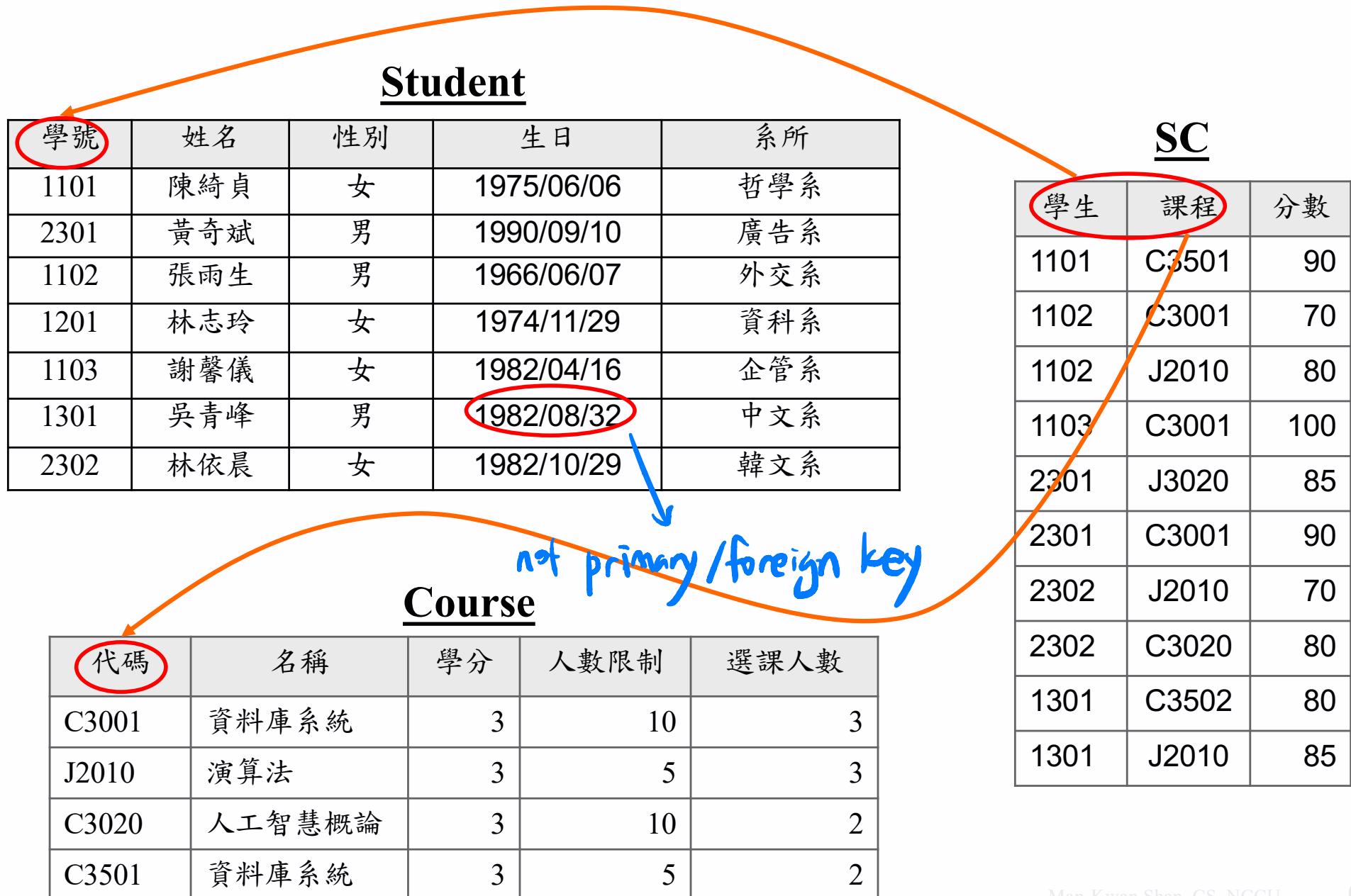
代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

Constraint Violation Caused by Update

- ◆ Updating attribute is not (primary key, or foreign key)
⇒ only domain constraint
- ◆ Update attribute is primary key
⇒ update = (delete + insert)^{← all}
⇒ all the constraint violations appears
- ◆ Update attribute is foreign key
⇒ domain constraint, referential integrity constraint

?

Update Violates Domain Constraints



Update Violates Key Constraints

PK

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1103	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

key constraint

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

Update Violates Entity Integrity Constraints

PK

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
2302	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2302	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

entity integrity constraint

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

Update Violates Referential Integrity Constraints

Student

學號	姓名	性別	生日	系所
1101	陳綺貞	女	1975/06/06	哲學系
2301	黃奇斌	男	1990/09/10	廣告系
1102	張雨生	男	1966/06/07	外交系
1201	林志玲	女	1974/11/29	資料系
1103	謝馨儀	女	1982/04/16	企管系
1301	吳青峰	男	1982/08/30	中文系
2303	林依晨	女	1982/10/29	韓文系

Course

代碼	名稱	學分	人數限制	選課人數
C3001	資料庫系統	3	10	3
J2010	演算法	3	5	3
C3020	人工智慧概論	3	10	2
C3501	資料庫系統	3	5	2

PK
FK

SC

學生	課程	分數
1101	C3501	90
1102	C3001	70
1102	J2010	80
1103	C3001	100
2301	J3020	85
2301	C3001	90
2302	J2010	70
2302	C3020	80
1301	C3501	80
1301	J2010	85

key constraint

Summary: Relational Data Models

- ◆ Relational Data Structures
 - Relation
 - Tuple
 - Attribute
 - Domain
- ◆ Relational Constraints
 - Domain constraints
 - Key constraints
 - Entity integrity constraints
 - Referential integrity constraints
- ◆ Semantic Constraint
- ◆ Constraint Violation