



資訊管理學系 陳士杰老師

資料庫系統管理

Database System Management

正規化的概念與應用

Normalization



國立聯合大學
NATIONAL UNITED UNIVERSITY

[■ Outlines]

- 為什麼要正規化(Normalization) ?
- 功能相依性 (Functional Dependency, FD)
- 正規化(Normalization)
- 正規化的過程
- 如何由E-R Model從事正規化
- 總結

【講義：Ch. 4】

【原文：Ch. 10】

■ 為什麼要正規化(Normalization)？

- 設計資料庫的相關表格時，常見的兩種錯誤作法：
 - 直接將公司表單設計成表格
 - 將E-R Diagram中的所有個體及其屬性直接設計成表格
- 上述兩種作法所設計出來的表格皆未經正規化，實際存放或操作資料時，會產生下述問題：
 - 容易有不必要的**資料重覆儲存**情形
 - 資料在做**插入**、**刪除**或**更新**動作時產生**異常(Anomalies)**情形

某公司採購資料表單

| | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------|-----------|------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <u>聯合科技公司</u> | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 供應商代號： | | 供應商名稱： | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 連絡電話： | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ----- | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <u>產品代號</u> | <u>產品名稱</u> | <u>單價</u> | <u>採購量</u> |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ： | ： | ： | ： |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ----- | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <div><input type="text"/></div> <div><input type="text"/></div> | | | |

公司對某供應商之採購資料表

| 供應商代號 | 供應商名稱 | 聯絡電話 | 產品代號 | 產品名稱 | 單價 | 採購量 |
|-------|-------|-------------|------|---------|------|-----|
| 12345 | 連店 | 0800000XXX | p147 | X檯燈 | 1000 | 10 |
| | | | s201 | A-101電池 | 150 | 300 |
| 02314 | 台雞店 | 0800111△△△ | s201 | A-101電池 | 160 | 100 |
| | | | s199 | 插座 | 20 | 100 |
| 22138 | 廣答 | 08001234567 | 001 | 電鍋 | 750 | 20 |

- **更新**產品
- **插入**代號
- **刪除**「u



「假的！」。但因為資料
不一致。
允許!! 除非此供
「廣答」之資訊。

- 上述的問題，主要是因為同一份表格內的所有Attribute之間，有許多不同類型的**功能相依性(Functional Dependence; FD)**存在。
- 正規化主要是對表格做**分割**的動作
 - 在資料正規化的過程中，每個階段都是以不同類型的相依性(Dependence)做為**表格處理與切割**的依據。
 - 將Attribute之間的關係，分散到不同表格。
- 正規化的目的：
 - 降低**資料重覆性(Data Redundancy)**
 - 避免產生插入、刪除或更新可能的**異常(Anomalies)**

■ 功能相依性 (Functional Dependency, FD)

- 假如 $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ 代表一個關聯，其中 X 與 Y 為關聯 R 中屬性的子集合，則 **Y 功能相依於 X** 可以利用符號寫成：

$Y \propto X$ (Y 功能相依於 X)

或

$X \rightarrow Y$ (X 決定 Y)

R

| A1 | A2 | ... | A _r | ... | A _n |
|----|----|-----|----------------|-----|----------------|
| X | K | ... | Y | ... | Z |
| R | G | | C | | A |
| X | T | ... | Y | ... | L |
| K | H | | W | | X |

其中， X 為 **決定因素 (Determinant) 或 left-hand side**， Y 為 **相依因素 (Dependent) 或 right-hand side**

- 一個關聯表格中的數個屬性間之功能相依性可能如：
 - **所在地** 可決定 **分公司電話區碼** (即: 所在地 → 區碼)
 - **地址所在之區域** 可決定 **郵遞區號**
 - **員工編號** 可決定 **員工姓名** (即: 員工編號 → 姓名)

- **Def：** 給定一個關聯R，R的屬性子集Y功能相依於R的屬性子集X，則：
 - 若且唯若(if and only if) 無論何時R的兩個Tuples若有相同的X值時，則必有相同的Y值。
 - 對於關聯R中的每個X值，均有唯一的Y值來對應。
- **Ex:** A_r 功能相依於 A_1 ($A_1 \rightarrow A_r$) 💬

R
→ 決定 →

| | A_1 | A_2 | ... | A_r | ... | A_n |
|-----------|-------|-------|-----|-------|-----|-------|
| t1 | X | K | ... | Y | ... | Z |
| | R | G | | C | | A |
| t2 | X | T | ... | Y | ... | L |
| | K | H | | W | | X |


□ 特性：



□ 若在關聯R中 $X \rightarrow Y$ 成立，並不表示 $Y \rightarrow X$ 也成立

□ 功能相依性是一個多對一的關係

□ 多個不同的決定因素X可能決定出一個相依因素，反之則否。

□ 關聯R中的X若為主鍵(候選鍵)，則關聯R中所有其它屬性必功能相依於X 

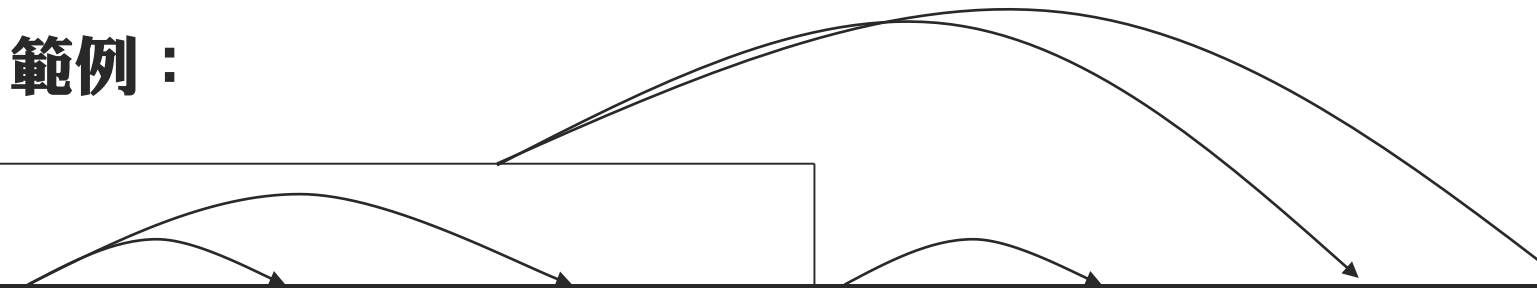
□ 找出功能相依性是從事正規化的第一步。

- 在一個關聯上，功能相依的表示方式：



屬性y**功能相依於**屬性x，或稱**x決定了y** ($x \rightarrow y$)

範例：



| 供應商代號 | 供應商名稱 | 聯絡電話 | 產品代號 | 產品名稱 | 單價 | 採購量 |
|-------|-------|------------|--------------|----------------|-------------|------------|
| 12345 | 連店 | 0800000XXX | p147 s201 | X檯燈 A-101電池 | 1000 150 | 10 300 |
| 02314 | 台雞店 | 0800111△△△ | s201 s199 | A-101電池 插座 | 160 20 | 100 100 |
| 22138 | 廣答 | 0800123○○○ | u001 | 電鍋 | 750 | 20 |

- {供應商代號}→{供應商名稱，聯絡電話}
- {產品代號}→{產品名稱}
- {供應商代號，產品代號}→{單價，採購量}

Trivial(沒價值)及Non-Trivial(非沒價值)相依性

■ 沒價值 (Trivial)

- 若功能相依右邊之相依因素，為左邊決定因素的部份集合時，稱此功能相依為沒價值的。
- Ex: {供應商代號，產品代號}→供應商代號

■ 非沒價值 (Non-Trivial)

- 若功能相依右邊之相依因素，不為左邊決定因素的部份集合時，稱此功能相依為非沒價值的。
- Ex: {供應商代號，產品代號}→單價
- Non-Trivial的功能相依性，在從事正規化時才具有意義。

功能相依性的種類

- 功能相依性有幾種型式：
 - 完全功能相依 (Full Functional Dependency)
 - 部份功能相依 (Partial Functional Dependency)
 - 遞移相依 (Transitive Dependency)
- 鍵值屬性(Key Attribute)
 - 能構成主鍵或候選鍵的所有屬性。反之，則稱為非鍵值屬性(Non-Key Attribute)。
 - 在實務上，鍵值屬性通常是指主鍵。

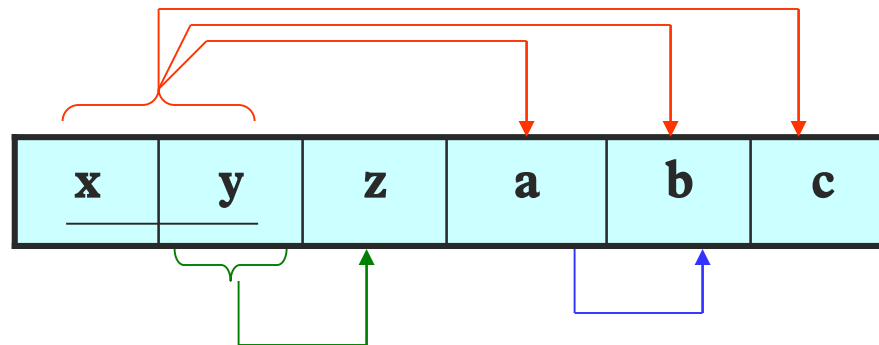
■ Key Attribute範例：

| 學號 | 姓名 | 系別 | 年級 | 生日 | 地址 | 身份証字號 |
|-----|----|----|----|------|----|-----------|
| 001 | 張三 | 資管 | 2 | 3.18 | 台北 | F11111111 |
| 002 | 李四 | 企管 | 3 | 3.19 | 台中 | M22222222 |
| 003 | 王五 | 人管 | 4 | 3.20 | 台南 | K33333333 |

- **鍵值屬性**：學號，身份証字號
- **非鍵值屬性**：姓名，系別，年級，生日，地址

功能相依性範例

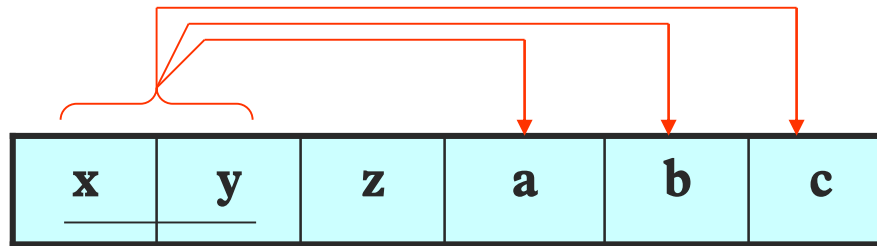
- 假設現在有下面的相依性範例：



完全功能相依 (Full Functional Dependency)

- 若主鍵是由**多個屬性**組成，且某非鍵值屬性依賴主鍵之**全部**而非部分時，則稱該非鍵值屬性“**完全相依**”於主鍵。

- 例如：

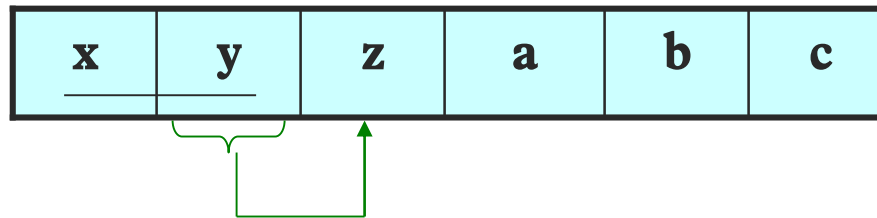


屬性a, b, c**完全相依**於由屬性x, y所共同構成的主鍵。

- 若主鍵**僅由一個屬性**所組成，則任一非鍵值屬性必“**完全相依**”於主鍵。

部份功能相依 (Partial Functional Dependency)

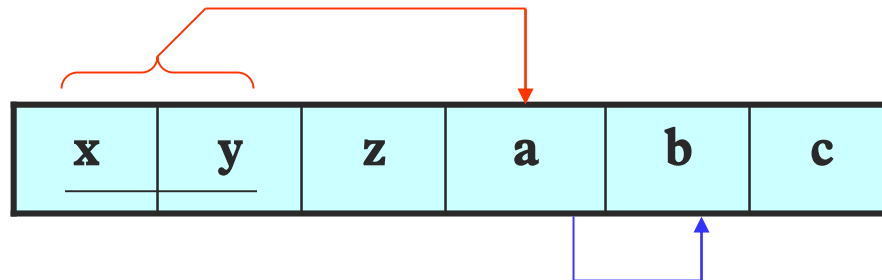
- 若主鍵是由**多個屬性**組成，而某非鍵值屬性是依賴主鍵之部分屬性時，則稱該非鍵值屬性“**部份相依**”於主鍵。
- 例如：



屬性z與屬性x, y所構成的主鍵部份相依。

遞移相依 (Transitive Dependency)

- 若存在一個**非鍵值屬性 T**，使得 $I \rightarrow T$ 且 $T \rightarrow J$ 的功能相依性均成立，則稱屬性 I 與屬性 J 之間具有遞移相依。
- 例如：

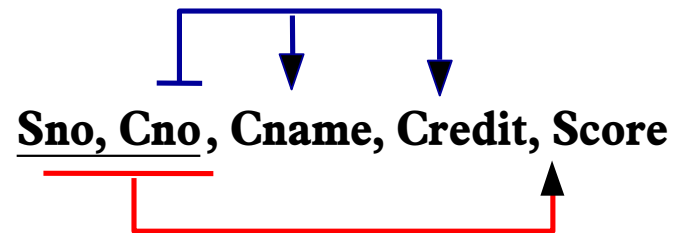


$\{x, y\} \rightarrow b$ 是透過非鍵值屬性 a 所產生的遞移

功能相依圖(FD Diagram)

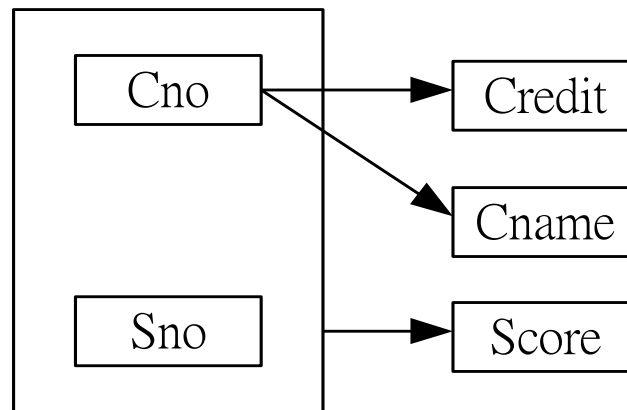
- 學生選課資料的功能相依性(FD) 為：

$(Sno, Cno) \rightarrow Score$
 $Cno \rightarrow Cname$
 $Cno \rightarrow Credit$



其功能相依圖如圖：

BCNF



學生選課資料的功能相依圖

功能相依性的推導法則—阿姆斯壯定理 (Armstrong's Axioms)

- 目的：利用已知的功能相依性，透過一些性質，推導出以下可能項目：
 - 其它**隱含(Implicit)**的功能相依性。BCNF
 - 一個關聯中的**候選鍵或主鍵**、
 - **最簡功能相依性(Irreducible Functional Dependence)**
- 最簡功能相依性的特性：
 - ① 相依因素僅有一個屬性
 - ② 沒有多餘的決定因素
 - ③ 沒有多餘的功能相依性

[

]

- ❑ 假設A, B, C, D為關聯R的四個任意屬性子集，且AB表示A聯集B。則阿姆斯特壯定理如下：

basic ❑ 反身性(Reflexivity)：若B是A的子集合，則 $A \rightarrow B$

❑ 擴張性(Augmentation)：若 $A \rightarrow B$ ，則 $AC \rightarrow BC$

❑ 遞移性(Transitivity)：若 $A \rightarrow B$ 且 $B \rightarrow C$ ，則 $A \rightarrow C$

❑ 自身決定性(Self-determination)： $A \rightarrow A$

$a \rightarrow bc \quad bc \rightarrow b \quad a \rightarrow b \quad bc \rightarrow c \quad a \rightarrow c$

❑ 分解性(Decomposition)：若 $A \rightarrow BC$ ，則 $A \rightarrow B$ 且 $A \rightarrow C$

❑ 聯集性(Union)：若 $A \rightarrow B$ 且 $A \rightarrow C$ ，則 $A \rightarrow BC$

$aa \rightarrow ab \Rightarrow a \rightarrow ab$

$ab \rightarrow bc$

$a \rightarrow ab \rightarrow bc \Rightarrow a \rightarrow bc$

❑ 合成性(Composition)：若 $A \rightarrow B$ 且 $C \rightarrow D$ ，則 $AC \rightarrow BD$

$ac \rightarrow bc \quad bc \rightarrow bd \Rightarrow ac \rightarrow bd$

❑ 虛擬遞移性(Pseudo-transitivity)：若 $A \rightarrow B$ 且 $BC \rightarrow D$ ，則 $AC \rightarrow D$

延伸



- 例：某一關聯 $R=\{A, B, C, D\}$ ，且有以下功能相依：

$$\{C \rightarrow BD, B \rightarrow D, C \rightarrow B, BC \rightarrow D, CD \rightarrow A\}$$

請找出最簡功能相依性，並決定 R 的鍵值為何。

- Ans:

① 相依因素僅有一個屬性

- 透過分解性，將帶有一個以上屬性之相依因素分解掉。故可得到

$$\{C \rightarrow B, C \rightarrow D, B \rightarrow D, C \rightarrow B, BC \rightarrow D, CD \rightarrow A\}$$

- 上述功能相依集合中， $C \rightarrow B$ 有重覆，保留一個即可!!故可得到

$$\{C \rightarrow B, C \rightarrow D, B \rightarrow D, BC \rightarrow D, CD \rightarrow A\}$$

② 沒有多餘的決定因素

- $\because C \rightarrow D$ 與 $CD \rightarrow A$ 呈虛擬遞移，可得到 $C \rightarrow A$ 。 \therefore 上述功能相依可改為：

$$\{C \rightarrow B, C \rightarrow D, B \rightarrow D, BC \rightarrow D, \mathbf{C \rightarrow A}\}$$

- $\because C \rightarrow B$ 與 $BC \rightarrow D$ 呈虛擬遞移，可得到 $C \rightarrow D$ 。 \therefore 上述功能相依可改為：

$$\{C \rightarrow B, C \rightarrow D, B \rightarrow D, \mathbf{C \rightarrow D}, C \rightarrow A\}$$

- 上述功能相依集合中， $C \rightarrow D$ 有重覆，保留一個即可!!故可得到

$$\{C \rightarrow B, C \rightarrow D, B \rightarrow D, C \rightarrow A\}$$

③ 去除多餘的功能相依

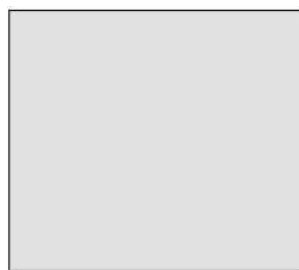
- \because 由遞移性得知， $C \rightarrow D$ 可由 $C \rightarrow B$ 與 $B \rightarrow D$ 得到。 \therefore 上述功能相依可改為：

$$\{C \rightarrow B, B \rightarrow D, C \rightarrow A\}$$

- 由上述推導得知，最簡相依性是 $\{C \rightarrow B, B \rightarrow D, C \rightarrow A\}$ 。且因為屬性 C 可以直接或間接決定其它所有屬性， $\therefore C$ 是鍵值。

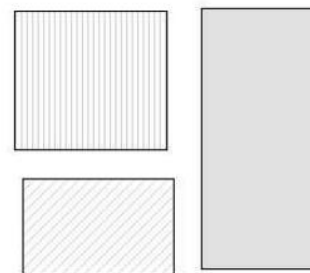
■ 正規化(Normalization)

- 正規化的理論首先由 E. F. Codd 於 1971 年提出，目的是用來設計「良好」的關聯式資料模式。
- 原因：解決**資料重覆**及一些**異常**現象。
- 方法：根據不同的相依性問題來**分割關聯**
- 前題：分割後的關聯不能有**資訊遺失**的情況(無損失分解；Lossless decomposition)



單一的大資料表

(正規化的 4 個步驟)
→ 1NF → 2NF → 3NF → BCNF →



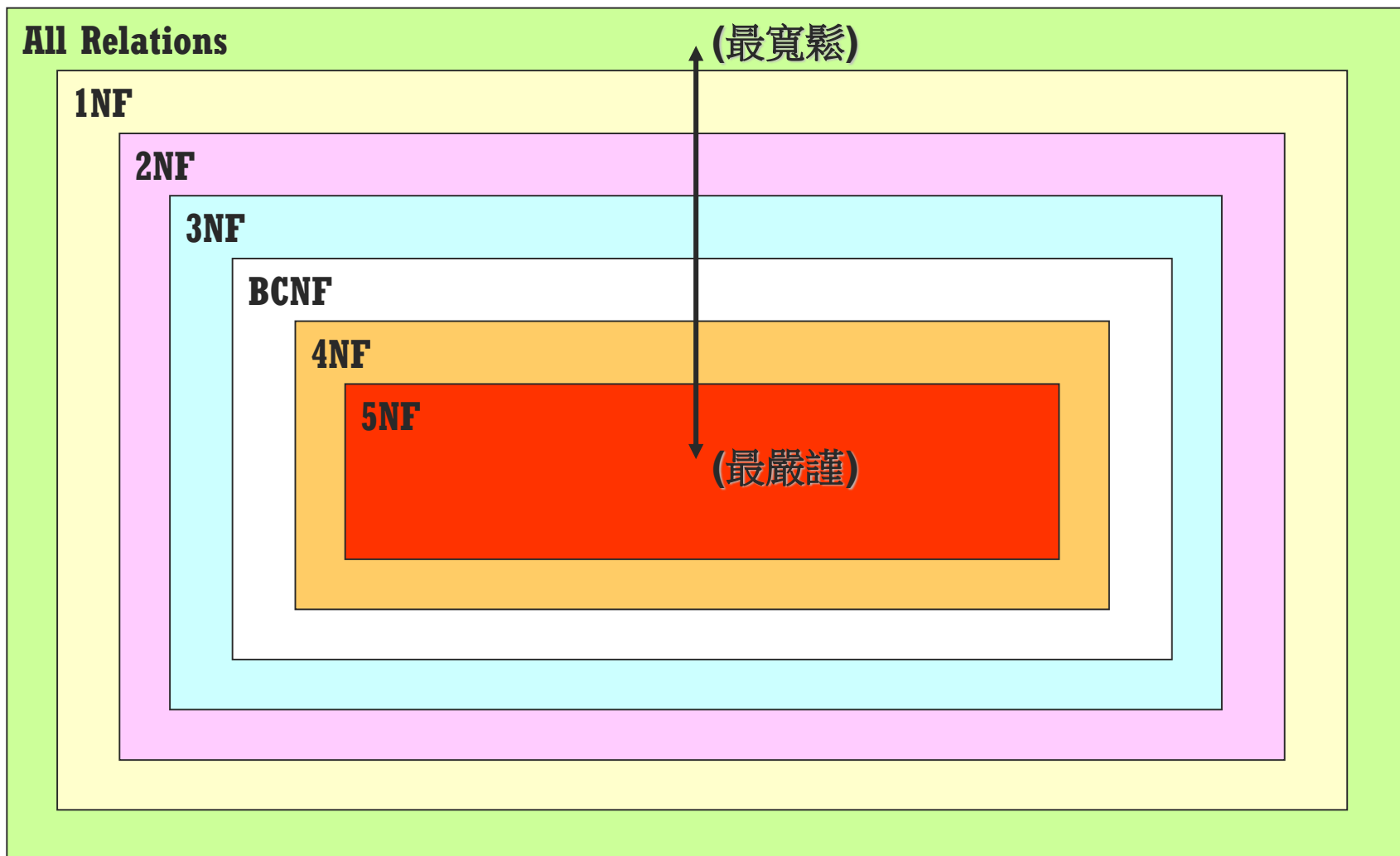
多個獨立但相關
聯的小資料表

正規化的類型

- 基本上，正規化是以**漸進**的方式逐步地進行表格分割，每一個步驟都會滿足某一項「正規化型式」的條件。
- 正規化的型式有以下幾種：
 - 低階正規化
 - 第一正規化型式 (1NF; First Normal Form)
 - 第二正規化型式 (2NF; Second Normal Form)
 - 第三正規化型式 (3NF; Third Normal Form)
 - BC正規化型式 (BCNF; Boyce-Codd Normal Form)
 - 高階正規化 (比較少用)
 - 第四正規化型式 (4NF; Forth Normal Form)
 - 第五正規化型式 (5NF; Fifth Normal Form)

[

]

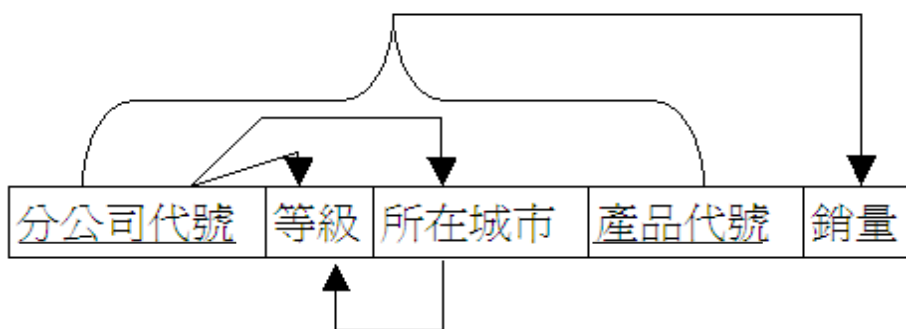


正規化過程



- 理論上，表格經由正規化分割得愈細，愈可避免資料重覆及一些更新上的異常現象。然而，在實務上，分割太細的表格，可能會產生以下問題：
 - 在查詢資料時，可能會用到許多[ⓘ]合併 (Join) 運算，此運算易造成查詢動作非常沒有效率。
 - 可能產生有損分解。
- 因此，在實作上，為“保持執行效率”與“避免異常”間的平衡，通常正規化進行到3NF (最多至BCNF) 即可。

- 假設有一個**非正規化表格**與它的屬性間之相依關係如下：



| 分公司代號 | 等級 | 所在城市 | 產品代號 | 銷量 |
|-------|----|------|------|-----|
| S1 | 20 | 台北 | P1 | 300 |
| | | | P2 | 200 |
| | | | P3 | 400 |
| | | | P4 | 200 |
| | | | P5 | 100 |
| | | | P6 | 100 |
| S2 | 10 | 高雄 | P1 | 300 |
| | | | P2 | 400 |
| S3 | 10 | 高雄 | P2 | 200 |
| S4 | 20 | 台北 | P2 | 200 |
| | | | P4 | 300 |
| | | | P5 | 400 |

第一正規化(First Normal Form , 1NF)

- ❑ 定義：一個關聯表為**第一正規化表格**，若且唯若關聯表中的每一個屬性其值皆為**基元值 (Atomic Value)**。

- ❑ 違反基元值可能情況：

- ❑ 多值屬性
- ❑ 複合屬性

- ❑ 作法：

- ❑ 多值屬性：分解成多個值組(Tuples)
- ❑ 複合屬性：拆為簡單屬性

| 分公司代號 | 等級 | 所在城市 | 產品代號 | 銷量 |
|-------|----|------|------|-----|
| S1 | 20 | 台北 | P1 | 300 |
| | | | P2 | 200 |
| | | | P3 | 400 |
| | | | P4 | 200 |
| | | | P5 | 100 |
| | | | P6 | 100 |
| S2 | 10 | 高雄 | P1 | 300 |
| | | | P2 | 400 |
| S3 | 10 | 高雄 | P2 | 200 |
| S4 | 20 | 台北 | P2 | 200 |
| | | | P4 | 300 |
| | | | P5 | 400 |

1個Tuple

多值屬性

問題：

- 產生資料重複性

需要靠2NF, 3NF, BCNF
來降低重複性。

6個Tuple

| 分公司代號 | 等級 | 所在城市 | 產品代號 | 銷量 |
|-------|----|------|------|-----|
| S1 | 20 | 台北 | P1 | 300 |
| S1 | 20 | 台北 | P2 | 200 |
| S1 | 20 | 台北 | P3 | 400 |
| S1 | 20 | 台北 | P4 | 200 |
| S1 | 20 | 台北 | P5 | 100 |
| S1 | 20 | 台北 | P6 | 100 |
| S2 | 10 | 高雄 | P1 | 300 |
| S2 | 10 | 高雄 | P2 | 400 |
| S3 | 10 | 高雄 | P2 | 200 |
| S4 | 20 | 台北 | P2 | 200 |
| S4 | 20 | 台北 | P4 | 300 |
| S4 | 20 | 台北 | P5 | 400 |

■ **【補充範例】** 複合屬性執行第一正規化：

| 學號 | 姓名 | 系別 | 年級 | 生日 | 地址 | 身份証字號 |
|-----|----|----|----|------|----|-----------|
| 001 | 張三 | 資管 | 2 | 3.18 | 台北 | F11111111 |
| 002 | 李四 | 企管 | 3 | 3.19 | 台中 | M22222222 |
| 003 | 王五 | 人管 | 4 | 3.20 | 台南 | K33333333 |



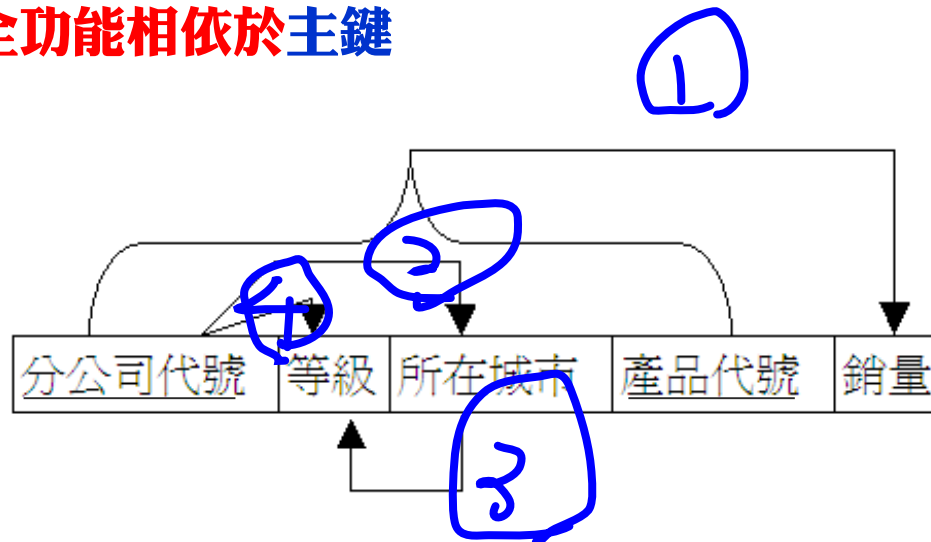
| 學號 | 姓名 | 系別 | 年級 | B_月 | B_日 | 地址 | 身份証字號 |
|-----|----|----|----|-----|-----|----|-----------|
| 001 | 張三 | 資管 | 2 | 3 | 18 | 台北 | F11111111 |
| 002 | 李四 | 企管 | 3 | 3 | 19 | 台中 | M22222222 |
| 003 | 王五 | 人管 | 4 | 3 | 20 | 台南 | K33333333 |

第一正規化型式所產生的異常 (Anomalies)

- **新增記錄時 (輸入資料時，必須等主鍵輸入才可進行)**
 - 當有一新的分公司加入時，但未有任何交易經歷時，將造成**產品代號為NULL**。
- **更新資料時 (需要一起修改許多相關的值組)**
 - 若單一分公司有多筆記錄在檔案中，此分公司**若有資料異動，則必須更動多筆資料**。如此不僅浪費空間，而且更新時亦浪費時間，也**容易造成資料不一致**的情況。
- **刪除記錄時 (刪除資料時，會把過多的資訊刪掉)**
 - 若某分公司只有一筆交易經歷，若我們要刪除此分公司的交易資料時，則將連帶刪除該分公司資訊。

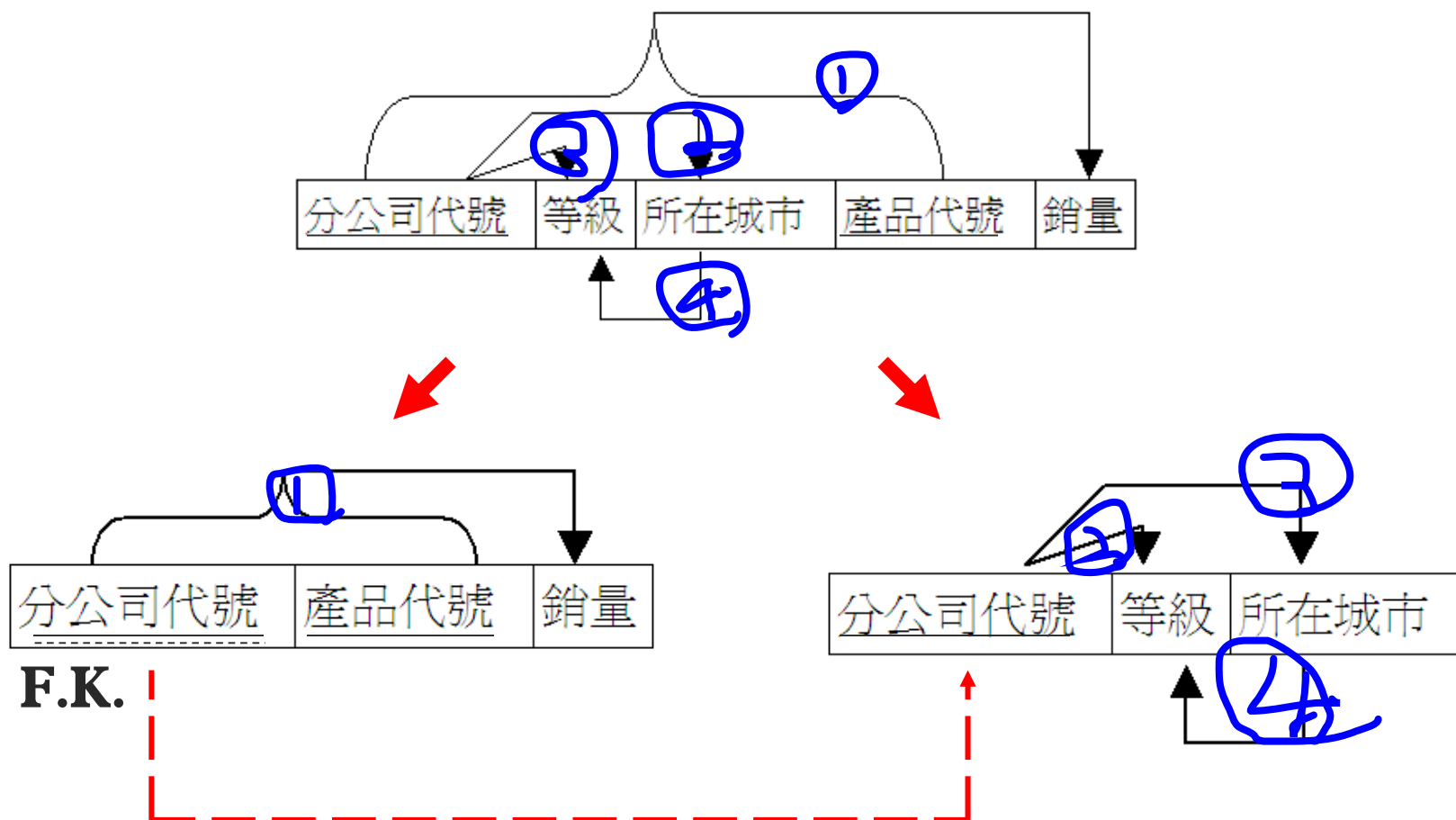
第二正規化(Second Normal Form, 2NF)

- 定義：一個關聯表為第二正規化表格，若且唯若關聯表中，所有**非鍵值屬性**皆**完全功能相依於主鍵**



- 作法：
 - 拆解關聯**：將部份相依於主鍵之非鍵值屬性，與所屬之決定因素複製以建立新的關聯；另外，將部份相依性之相依因素自原關聯刪除。
 - 決定外來鍵**

■ 去除部份功能相依



| 分公司代號 | 等級 | 所在城市 |
|-------|----|------|
| S1 | 20 | 台北 |
| S2 | 10 | 高雄 |
| S3 | 10 | 高雄 |
| S4 | 20 | 台北 |

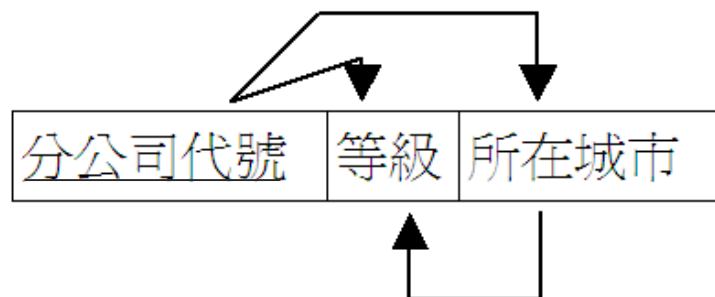
| 分公司代號 | 產品代號 | 銷量 |
|-------|------|-----|
| S1 | P1 | 300 |
| S1 | P2 | 200 |
| S1 | P3 | 400 |
| S1 | P4 | 200 |
| S1 | P5 | 100 |
| S1 | P6 | 100 |
| S2 | P1 | 300 |
| S2 | P2 | 400 |
| S3 | P2 | 200 |
| S4 | P2 | 200 |
| S4 | P4 | 300 |
| S4 | P5 | 400 |

第二正規化型式所產生的異常 (Anomalies)

- **新增記錄時 (輸入時必須等主鍵輸入才可進行)**
 - 當公司想評估一個新的點時(如：苗栗)，無法加入這個新的點的評估等級，除非已經在那裡設分公司了(∵在當地沒有實際設公司，沒有主鍵值可以對應!!)。
- **更新資料時 (需要一起修改許多相關的值組)**
 - 如果要把高雄的評等做更動，就要先將**所有高雄的記錄**給找出來(∵高雄的資料有很多筆，怕有些會沒改到，產生資料不一致)。
- **刪除記錄時 (刪除時會把過多的資訊刪掉)**
 - 假設高雄分公司的評等資料只有一筆。如果要刪除高雄分公司的資料時，則必須**連帶地刪除高雄的評估資料**(∵遞移相依)，如果以後還想在高雄設點，就要**重新做評估**了。

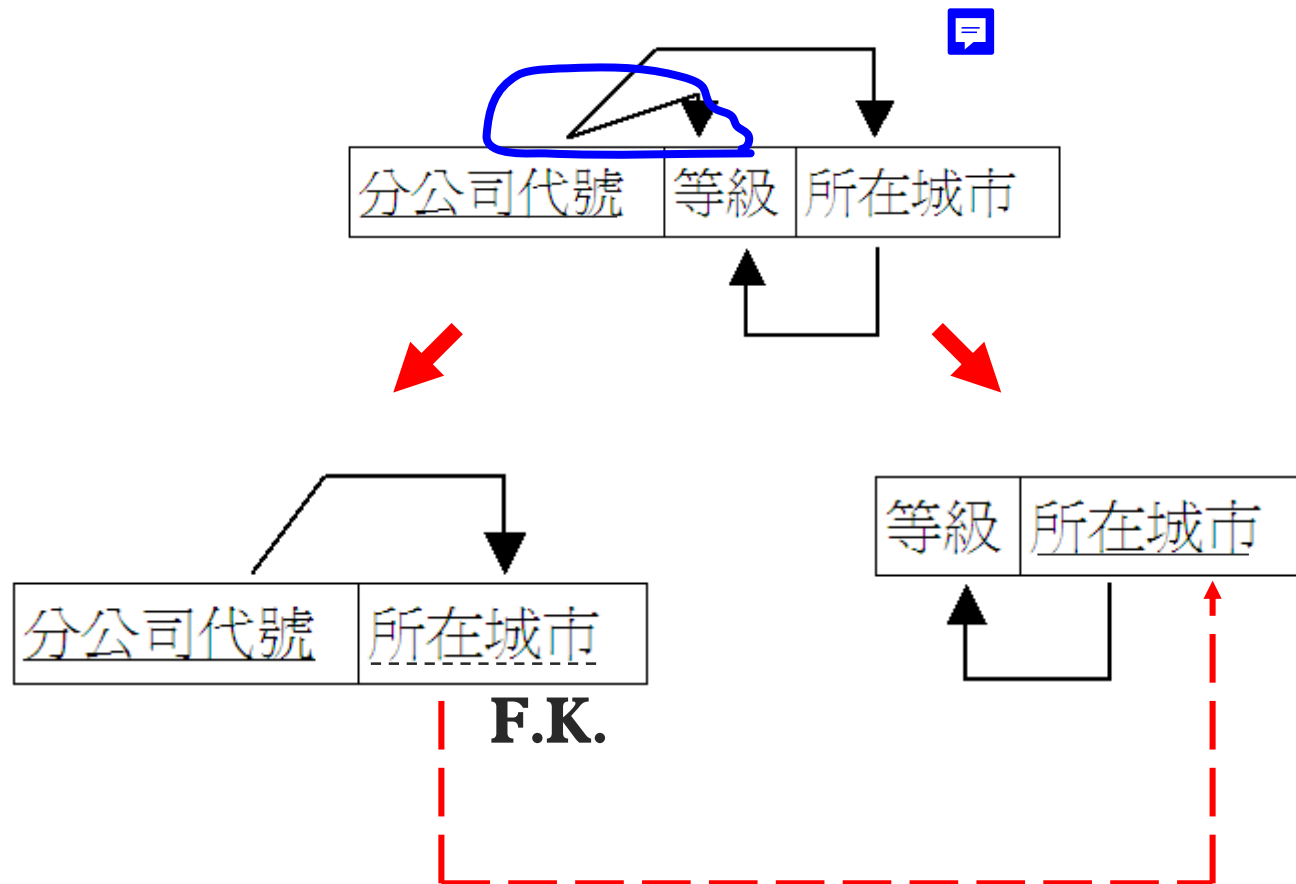
第三正規化(Third Normal Form , 3NF)

- 定義：一個關聯表為第三正規化表格，若且唯若該關聯表中，不存在非鍵值屬性遞移相依於主鍵
 - (即：非鍵值屬性間，不存在著功能相依性)。



- 作法：
 - **拆解關聯**：將遞移相依中，非鍵值之決定因素與相依因素複製，以建立新的關聯；另外，將前述之非鍵值相依因素，自原關聯中刪除。
 - **決定外來鍵**

■ 去除(非主鍵屬性)遞移功能相依。



| 分公司代號 | 所在城市 |
|-------|------|
| S1 | 台北 |
| S2 | 高雄 |
| S3 | 高雄 |
| S4 | 台北 |

| 等級 | 所在城市 |
|----|------|
| 20 | 台北 |
| 10 | 高雄 |

| 分公司代號 | 產品代號 | 銷量 |
|-------|------|-----|
| S1 | P1 | 300 |
| S1 | P2 | 200 |
| S1 | P3 | 400 |
| S1 | P4 | 200 |
| S1 | P5 | 100 |
| S1 | P6 | 100 |
| S2 | P1 | 300 |
| S2 | P2 | 400 |
| S3 | P2 | 200 |
| S4 | P2 | 200 |
| S4 | P4 | 300 |
| S4 | P5 | 400 |

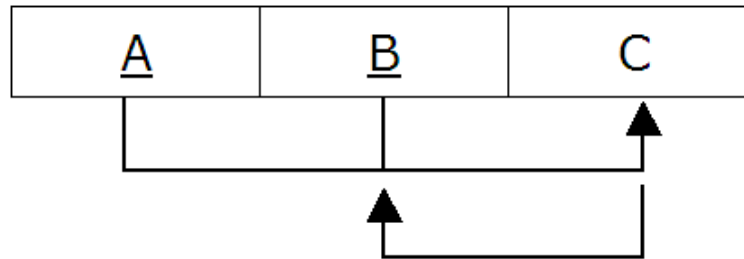
Boyce-Codd Normal Form(BCNF)

- 是由Boyce和Codd於1974年所提出來的3NF的改良式。其條件比3NF更加嚴苛。因此每一個符合BCNF的關聯一定也是3NF。

定義：一個關聯R為 BCNF 表格，若且唯若該關聯表中的**功能相依性之決定因素都是候選鍵**。

- 即：關聯R中，每個功能相依 $X_i \rightarrow Y_i$ 中， X_i 為R之候選鍵。
- 如果主鍵 (Primary Key)為單一屬性時，就不需要考慮這個狀況。

- 範例 (滿足1NF, 2NF, 3NF，但不滿足BCNF的樣式)：

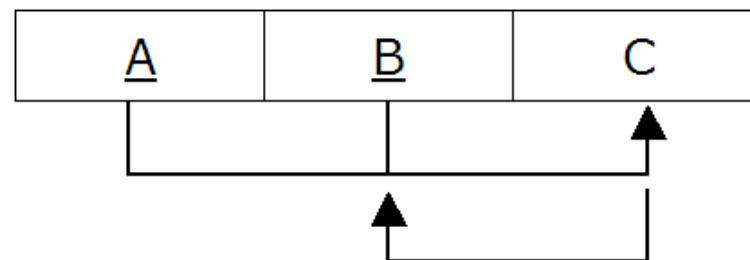
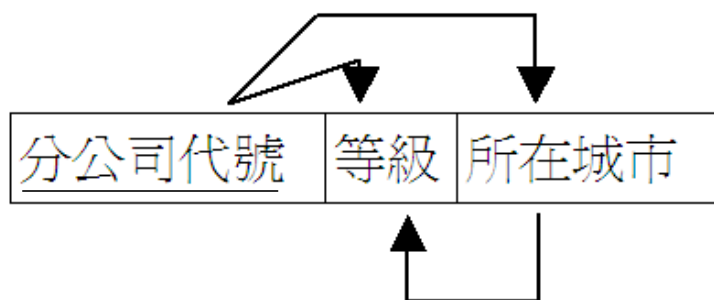


- 滿足3NF
 - (∵ B是主鍵的一部份) 沒有“非鍵值屬性遞移相依於主鍵”的問題
- 不滿足BCNF
 - (∵ 有一個決定因素C不為候選鍵) 候選鍵需要能決定其它所有屬性

■ 決定因素非候選鍵時，可能

- ① 有非鍵值屬性之遞移相依性 (非3NF，非BCNF)
- ② 沒有非鍵值屬性之遞移相依性 (符合3NF，非BCNF)

∴ BCNF比3NF更嚴謹!!



| Client | Problem | Consultant |
|--------|---------|------------|
| 宋小于 | 財務 | 李大輝 |
| 宋小于 | 人事 | 黃小州 |
| 陳圓圓 | 財務 | 劉太音 |
| ... | ... | ... |
| 呂小蓮 | 金融 | 陳火扁 |
| 張大宏 | 人事 | 黃小州 |

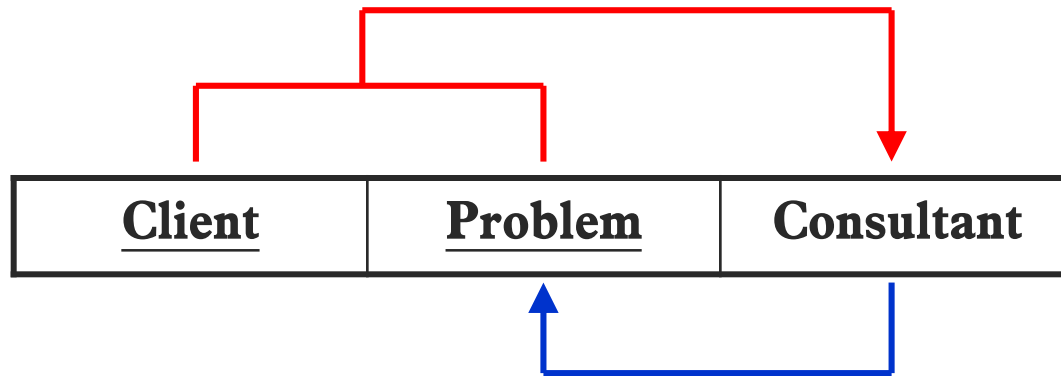
顧問表格 Advisor

- 上述表格中的每一個屬性，皆無法獨自成為主鍵
- 某一個客戶就某一個問題，只能接受一位顧問的輔導。
- 每一個顧問只擅長某類型問題，然而擅長某類問題的顧問可能不只一位。

該表格有以下關係

$\{\text{Client}, \text{Problem}\} \rightarrow \text{Consultant}$

$\text{Consultant} \rightarrow \text{Problem}$



檢視此關聯：

- 沒有存在非鍵值屬性**部份功能相依**於主鍵，所以為2NF的關聯
- 非鍵值屬性間不存在**遞移相依性**，所以為3NF的關聯

■ 但是，上例3NF表格可能仍存在一些異常：

○ 輸入時必須等主鍵完整輸入才可進行。

- **新增(Insert)**一名新顧問為吳小雄，專長為金融。但由於他目前沒有客戶，所以Client欄為NULL。然而，因為Client是主鍵的一部份，不允許為NULL，因此違反了個體完整性限制 (Entity Integrity Constraint)。

○ 刪除時會把過多資訊刪掉。

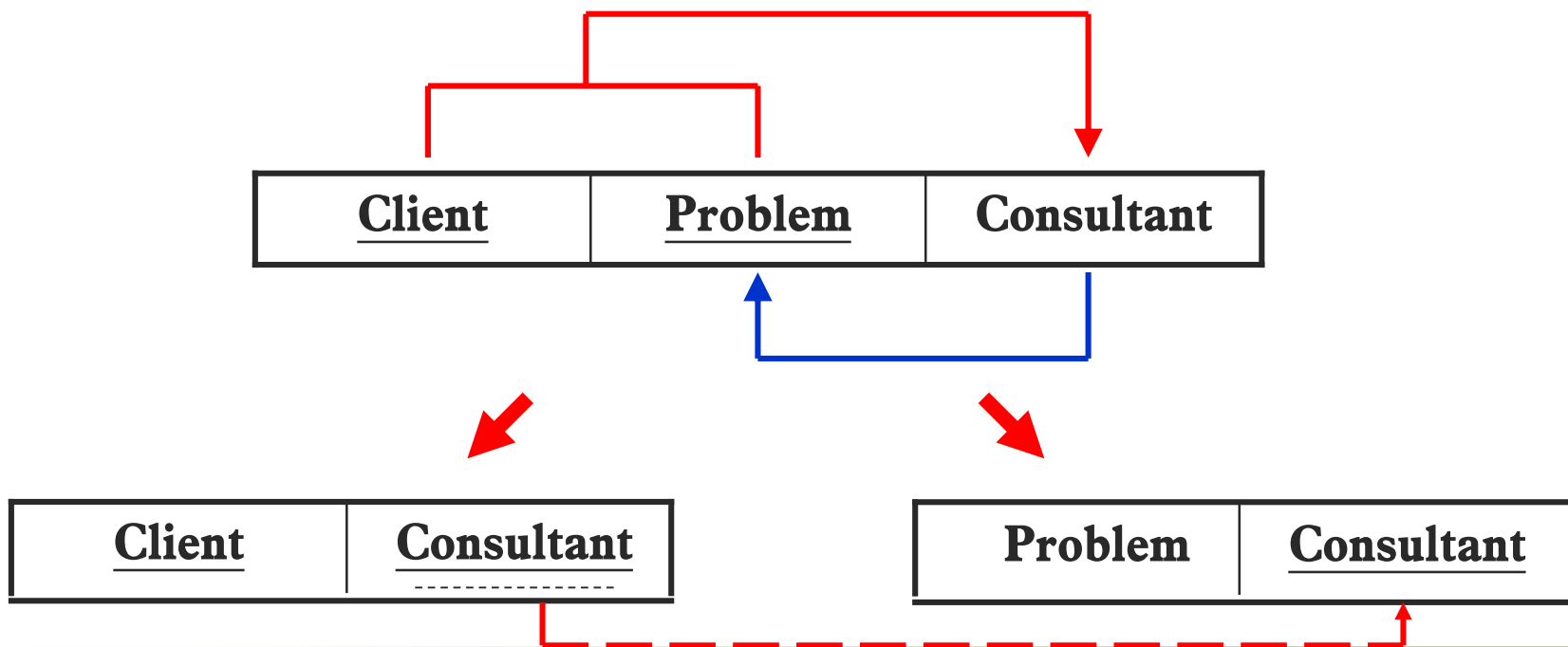
- 因為呂小蓮撤回委託的業務，因此必須**刪除(Delete)**這筆記錄。然而，如果陳火扁只有呂小蓮這一個客戶，會使得陳火扁的資料一併被刪除，造成資料的遺失。

○ 修改時需要一起修改許多相關值組。

- 如果黃小州顧問覺得自己的名字與八字不合，因此**更改(Update)**名字成黃小洲。然而在表格中他有多筆記錄存在，也必須一併更改，若不小心只更改了部份資料，便會造成資料不一致的情況。

□ 作法：

- **拆解關聯**：將不為候選鍵的決定因素與其相依因素取出，建立新的關聯，並將相依因素自原關聯中刪除。
- **決定外來鍵**



P39

無損分解與有損分解

- 假如舊關聯表中所有的功能相依性都可以由分解後所產生的新關聯中不多不少地保留著(即：可由**阿姆斯壯定理**推回)，這種分解稱之為**無損分解 (Lossless Decomposition)**，反之稱為有損分解。
- **無損分解是我們所期望的**。但若得到的結果是有損分解，則須**退回到前一步驟的結果 (即：反正規化)**。
 - 如：顧問表格的例子，我們拆解成兩個關聯後，雖然滿足了BCNF的要求，但是我們發現原先存在的功能相依性{Client, Problem}→Consultant 永遠消失了。
 - 此例由BCNF所分解出來的結果為有損分解，而前面3NF所分解出來的結果為無損分解，故此例做到3NF即可，雖然在使用資料時可能會造成一些異常現象，但可選用其它方式降低這些異常現象的發生。

分解表格為何要著重於“無損分解”？

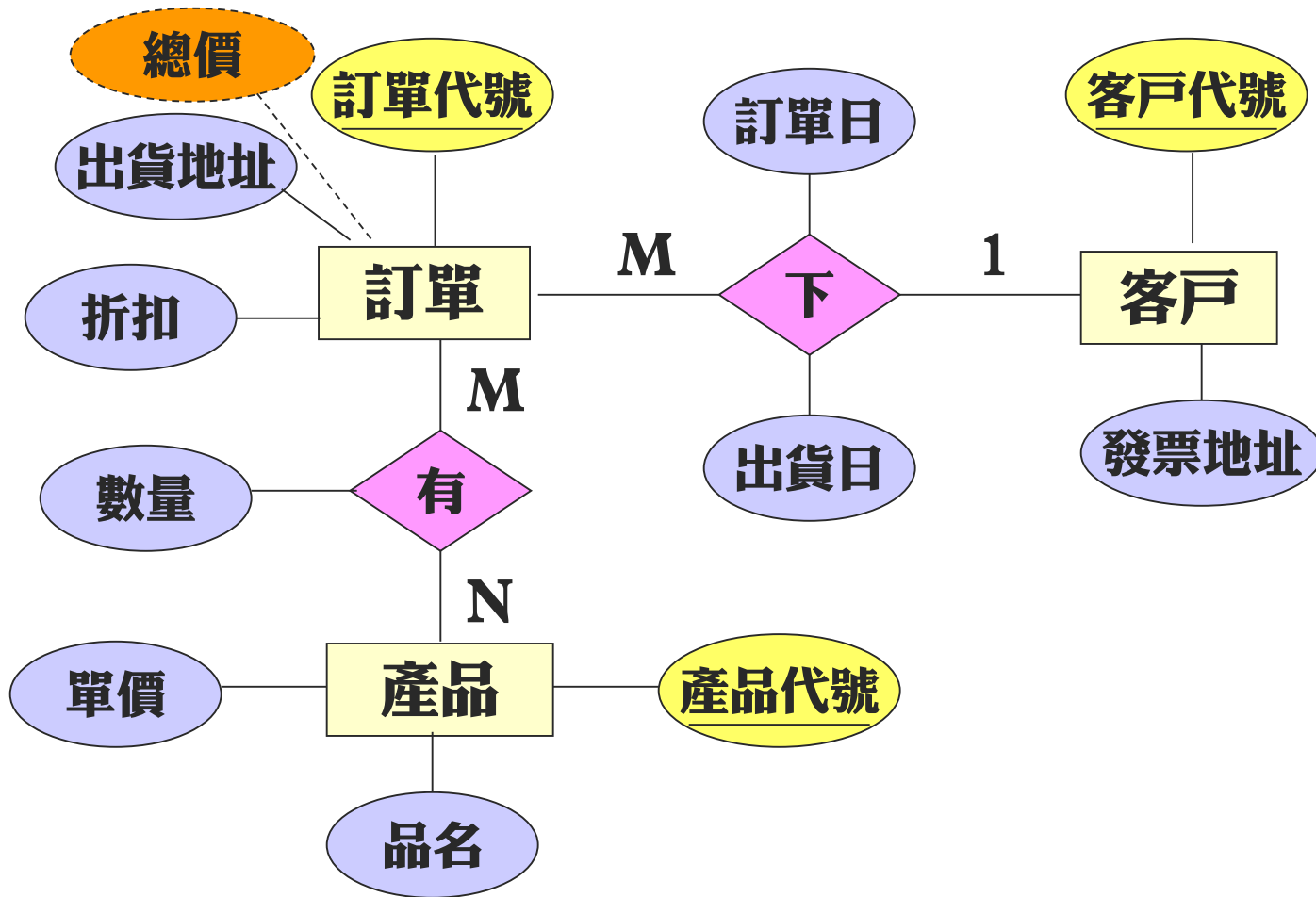
- 表格中的每一個功能相依關係，皆表示著**各個欄位之間的關係**，而這些關係是會發生在企業日常的資料運作當中。
- 但是，當有多個功能相依發生在同一個二維表格上，往往會引發一些操作上的異常情況，如：
 - 因**部份功能相依**所引發的異常
 - 因**遞移相依**所引發的異常
 - 因**多值相依**所引發的異常
 - ...
- 因此，為了解決這些異常情況，利用正規化將表格適度分解，讓會引發上述異常之數個功能相依不要出現在同一個二維表格上。但是，這些表示著欄位間關係的功能相依性我們仍希望能保留著。

反正規化 (De-normalization)

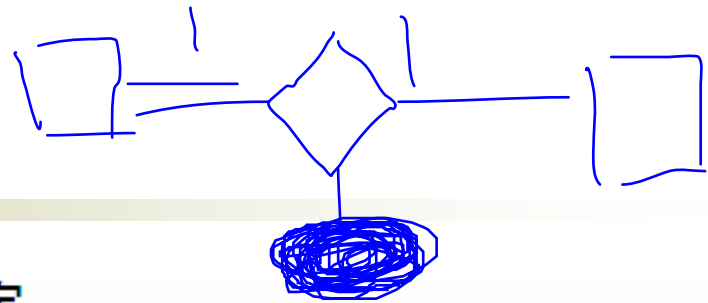
- 有時，在詳細的正規化之後，反而會造成資料處理速度上的困擾，或是其它因為表格分割而造成的損失。
- 因此在執行效率考量之下，有時候不得不做適當的反向正規化。但必須小心控制反正規化所造成的資料重覆性問題或一些更新上的異常，以期達成最佳的資料庫設計

■ 如何由E-R Model從事正規化

■ E-R Model → Relation → Normalization



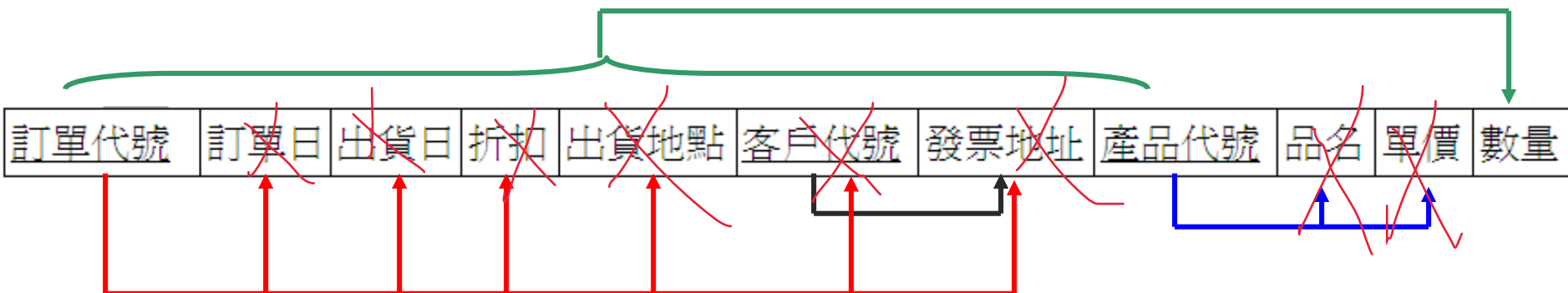
關係上的屬性可由誰決定？



1. 多對多關係：由兩個個體之主鍵共同決定
2. 1 對多關係：由多端個體之主鍵所決定（同時可決定1端的所有屬性）
3. 1 對 1 關係：
 - (1) 一端完全參與、一端部份參與：由完全參與之個體主鍵決定
（同時可決定部份參與端個體之主鍵）
 - (2) 兩端皆部份參與：由實例數較少之個體主鍵決定
（同時可決定實例數較多之個體的主鍵）
 - (3) 兩端皆完全參與：由兩個個體之主鍵共同決定

任挑其中一個個體，以該個體之主鍵決定。

E-R Model→Relation



Relation → Normalization

■ 2NF → 去除部份相依性

New

○ 訂單表：訂單代號、訂單日、出貨日、折扣、出貨地點、客戶代號、發票地址

○ 產品表：產品代號、品名、單價

○ 產品訂單表：產品代號、訂單代號、數量 o | ol

■ 3NF → 去除遞移相依性

○ 訂單表：訂單代號、訂單日、出貨日、折扣、出貨地點、客戶代號

○ 客戶表：客戶代號、發票地址

■ 總結

- 資料庫正規化可**降低資料重複性 (Data Redundancy)**。
- 正規化亦可消除某些在資料**插入、刪除或更新**時所衍生的**異常 (Anomalies)**問題。

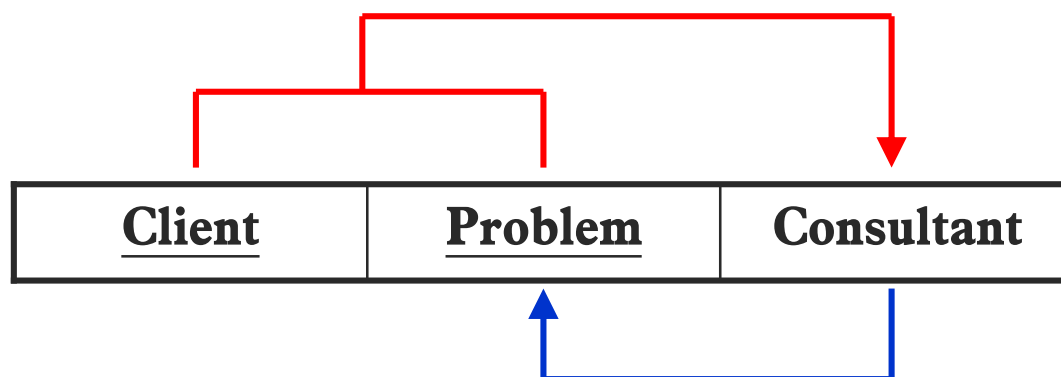
[

]

補充

■ 深入討論BCNF

- 承繼先前“顧問表格”的範例：

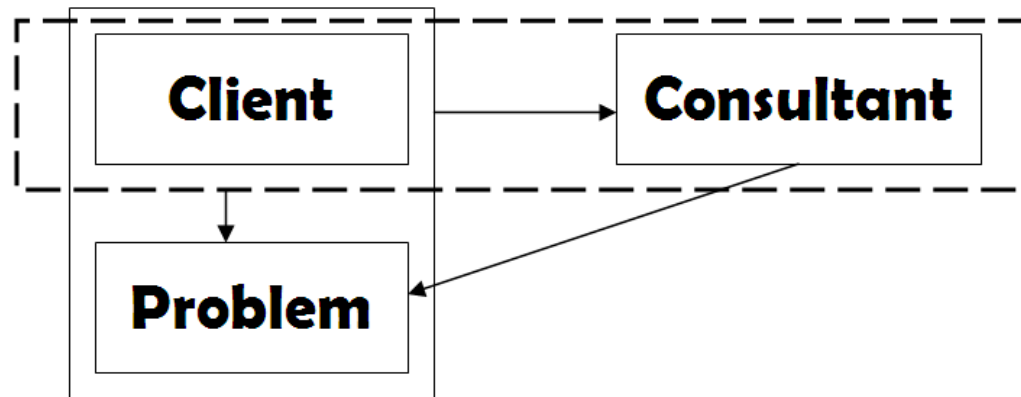


- 已知此關聯：

- 沒有存在非鍵值屬性**部份功能相依**於主鍵，所以為2NF的關聯
- 非鍵值屬性間不存在**遞移相依性**，所以為3NF的關聯

■ 然而，上述的關係是否還有隱含其它的關係??

○ 有， $\{\text{Client}, \text{Consultant}\} \rightarrow \text{Problem}$



○ 如何得知？

■ 利用反身性，則： $\{\text{Client}, \text{Consultant}\} \rightarrow \text{Consultant}$

■ 已知 $\text{Consultant} \rightarrow \text{Problem}$

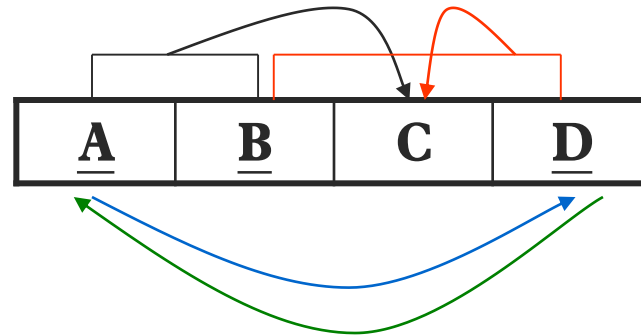
■ 利用遞移性，則： $\{\text{Client}, \text{Consultant}\} \rightarrow \text{Consultant}$ 與 $\text{Consultant} \rightarrow \text{Problem}$ 可推得 $\{\text{Client}, \text{Consultant}\} \rightarrow \text{Problem}$



- 由BCNF的基本定義，再加上所推導出的隱含關係後，我們可以得知當有下述情況時，就必須採行BCNF正規化：
 - 關聯R有**兩個(以上) 候選鍵**，且這些候選鍵是由**複合屬性**所構成
 - 這些候選鍵的**某些屬性是共有的** (重疊；Overlapped)

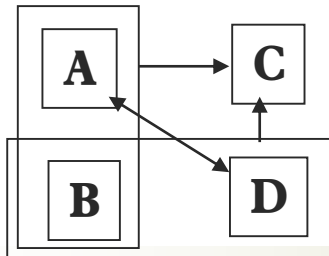
範例

- 假設關聯R(A, B, C, D)的功能相依性如下：



- 檢視此關聯：

- 沒有存在非鍵值屬性**部份功能相依**於主鍵，所以為2NF的關聯
- 非鍵值屬性間不存在**遞移相依性**，所以為3NF的關聯
- 有多個複合屬性的候選鍵，且為**重疊**，所以不為BCNF的關聯



■ 解1：

- 可分解成 $R1(\underline{A}, \underline{D})$ 和 $R2(\underline{A}, \underline{B}, C)$
 - $R1$ 的功能相依性有： $A \rightarrow D$ 與 $D \rightarrow A$
 - $R2$ 的功能相依性有： $AB \rightarrow C$
- 此為無損分解 ($\because D \rightarrow A$ 且 $AB \rightarrow C$, $\therefore BD \rightarrow C$)

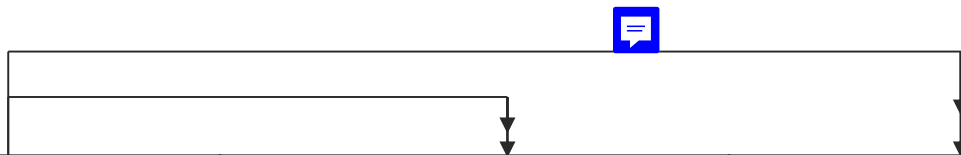
■ 解2：

- 可分解成 $R1(\underline{A}, D)$ 和 $R2(\underline{B}, C, \underline{D})$
 - $R1$ 的功能相依性有： $A \rightarrow D$ 與 $D \rightarrow A$
 - $R2$ 的功能相依性有： $BD \rightarrow C$
- 此為無損分解 ($\because A \rightarrow D$ 且 $BD \rightarrow C$, $\therefore BD \rightarrow C$)

■ 多值相依性與第四正規化 (4NF)

- 第四階正規化型式的基礎是「**多值相依**」 (Multi-valued Dependency, MVD)，這是在1977年所提出，屬於功能相依的廣義解釋。或者，功能相依是多值相依的一種特例。
- **多值相依性 (Multi-valued Dependency, MVD)**：
 - 假設關聯 $R(A, B, C)$ 中，每個A值可以對應到多個B值，但與C完全無關，則稱 $A \twoheadrightarrow B$ (A多值決定B)。
 - 或每個A值可以對應到多個C值，但與B完全無關，則稱 $A \twoheadrightarrow C$ (A多值決定C)
- 多值相依的先決條件是關聯擁有3個(以上)的屬性。

- 例如：一門課可能由多位老師授課，每一門課可以使用多本教課書，儲存這些資料的Course_Instructor_Textbook關聯表，簡稱為CIT，如下圖所示(在此的相依不是指功能相依)：



| Course | Instructor | Textbook |
|----------|------------|--|
| 物件導向程式設計 | 溫老師 陳老師 | Java2程式設計教學 物件導向程式設計 |
| 程式語言 | 溫老師 | C++程式設計教學 Java2程式設計教學 VB.net程式設計教學 |

■ 上述CIT關聯可透過對應關係改寫：

| Course | Instructor | Textbook |
|----------|------------|--|
| 物件導向程式設計 | 溫老師 陳老師 | Java2程式設計教學 物件導向程式設計 |
| 程式語言 | 溫老師 | C++程式設計教學 Java2程式設計教學 VB.net程式設計教學 |



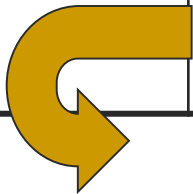
| Course | Instructor | Textbook |
|----------|------------|--------------|
| 物件導向程式設計 | 溫老師 | Java2程式設計教學 |
| 物件導向程式設計 | 溫老師 | 物件導向程式設計 |
| 物件導向程式設計 | 陳老師 | Java2程式設計教學 |
| 物件導向程式設計 | 陳老師 | 物件導向程式設計 |
| 程式語言 | 溫老師 | C++程式設計教學 |
| 程式語言 | 溫老師 | Java2程式設計教學 |
| 程式語言 | 溫老師 | VB.net程式設計教學 |

多值相依所產生的異常 (Anomalies)

■ 新增記錄時

- 由前面的對應關係，可得知若新增老師“陳老師”教授“程式語言”，雖然只有一門課，但是需要同時新增3筆值組，每一個值組對應到一本教課書，否則就會產生資料不一致的問題。

| Course | Instructor | Course | Instructor | Textbook |
|----------|------------|----------|------------|--------------|
| | | 物件導向程式設計 | 溫老師 | Java2程式設計教學 |
| 物件導向程式設計 | 溫老師 | 物件導向程式設計 | 溫老師 | 物件導向程式設計 |
| | 陳老師 | 物件導向程式設計 | 陳老師 | Java2程式設計教學 |
| 程式語言 | 溫老師 | 物件導向程式設計 | 陳老師 | 物件導向程式設計 |
| | 陳老師 | 程式語言 | 溫老師 | C++程式設計教學 |
| | | 程式語言 | 溫老師 | Java2程式設計教學 |
| | | 程式語言 | 溫老師 | VB.net程式設計教學 |
| | | 程式語言 | 陳老師 | C++程式設計教學 |
| | | 程式語言 | 陳老師 | Java2程式設計教學 |
| | | 程式語言 | 陳老師 | VB.net程式設計教學 |



第四階正規化型式

■ 作法：

- 將每個MVD**拆解成新的關聯** (理由：這種一對多的多值關係，永遠也不知道這個“多”到底是多少。留多了不好，留少了不夠。乾脆獨立出去，要多少任君選擇。)

| Course | Instructor | Textbook |
|----------|------------|--------------|
| 物件導向程式設計 | 溫老師 | Java2程式設計教學 |
| 物件導向程式設計 | 溫老師 | 物件導向程式設計 |
| 物件導向程式設計 | 陳老師 | Java2程式設計教學 |
| 物件導向程式設計 | 陳老師 | 物件導向程式設計 |
| 程式語言 | 溫老師 | C++程式設計教學 |
| 程式語言 | 溫老師 | Java2程式設計教學 |
| 程式語言 | 溫老師 | VB.net程式設計教學 |

| Course | Instructor |
|----------|------------|
| 物件導向程式設計 | 溫老師 |
| 物件導向程式設計 | 陳老師 |
| 程式語言 | 溫老師 |

| Course | Textbook |
|----------|--------------|
| 物件導向程式設計 | Java2程式設計教學 |
| 物件導向程式設計 | 物件導向程式設計 |
| 程式語言 | C++程式設計教學 |
| 程式語言 | Java2程式設計教學 |
| 程式語言 | VB.net程式設計教學 |

■ 合併相依性與第五正規化 (5NF)

- 第五階正規化型式的基礎是「**合併相依**」(Join Dependency, JD)。

- 合併相依是指當關聯表分割成**3個或更多關聯**後，一定能夠透過**多次合併運算**恢復成**原來的關聯表**。

- 例如：每個科系 (department) 開多門課，課程 (course) 可以給多位學生修，學生 (student) 可以修不同科系的課，這3個屬性循環關聯儲存在同一個關聯表DCS，如右圖所示： DCS

| <u>department</u> | <u>course</u> | <u>student</u> |
|-------------------|---------------|----------------|
| 資訊系 | 101 | 陳會安 |
| 資訊系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 101 | 張三丰 |
| 資管系 | 222 | 江小魚 |

- 將上例的關聯表使用投影運算分割成3個關聯表：DC (department, course)、CS (course, student)、SD (student, department)

DC

| <u>department</u> | <u>course</u> |
|-------------------|---------------|
| 資訊系 | 101 |
| 資訊系 | 202 |
| 資管系 | 202 |
| 資管系 | 101 |
| 資管系 | 222 |

CS

| <u>course</u> | <u>student</u> |
|---------------|----------------|
| 101 | 陳會安 |
| 202 | 江小魚 |
| 101 | 張三丰 |
| 222 | 江小魚 |

SD

| <u>student</u> | <u>department</u> |
|----------------|-------------------|
| 陳會安 | 資訊系 |
| 江小魚 | 資訊系 |
| 江小魚 | 資管系 |
| 張三丰 | 資管系 |

- 經過多次合併運算，我們會發現這三個關聯會恢復成原來的關聯。因此，原範例的關聯表具有合併相依性。

DC

| department | course |
|------------|--------|
| 資訊系 | 101 |
| 資訊系 | 202 |
| 資管系 | 202 |
| 資管系 | 101 |
| 資管系 | 222 |

CS

| course | student |
|--------|---------|
| 101 | 陳會安 |
| 202 | 江小魚 |
| 101 | 張三丰 |
| 222 | 江小魚 |

DCS

| department | course | student |
|------------|--------|---------|
| 資訊系 | 101 | 陳會安 |
| 資訊系 | 101 | 張三丰 |
| 資訊系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 101 | 陳會安 |
| 資管系 | 101 | 張三丰 |
| 資管系 | 222 | 江小魚 |

DCS Temp

| department | course | student |
|------------|--------|---------|
| 資訊系 | 101 | 陳會安 |
| 資訊系 ✓ | 101 | 張三丰 ✓ |
| 資訊系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 ✓ | 101 | 陳會安 |
| 資管系 | 101 | 張三丰 |
| 資管系 ✓ | 222 | 江小魚 ✓ |

SD

| student | department |
|---------|------------|
| 陳會安 | 資訊系 |
| 江小魚 | 資訊系 |
| 江小魚 | 資管系 |
| 張三丰 ✓ | 資管系 |

▷◁

DCS

| department | course | student |
|------------|--------|---------|
| 資訊系 | 101 | 陳會安 |
| 資訊系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 101 | 張三丰 |
| 資管系 | 222 | 江小魚 |

合併相依所產生的異常 (Anomalies)

- 如果一個關聯擁有合併相依，在新增和刪除時就會產生異常情況。
- 例如：DCS關聯擁有合併相依。假設在DCS關聯中，新增一筆值組{資管系, 101, 江小魚} 如下圖所示：

DCS

| <u>department</u> | <u>course</u> | <u>student</u> |
|-------------------|---------------|----------------|
| 資訊系 | 101 | 陳會安 |
| 資訊系 | 202 | 江小魚 |



DCS

| <u>department</u> | <u>course</u> | <u>student</u> |
|-------------------|---------------|----------------|
| 資訊系 | 101 | 陳會安 |
| 資訊系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 101 | 江小魚 |

- 將上述關聯表以投影運算分割成DC、CS和SD三個關聯表，再將它使用合併運算結合起來，可以發現多了一筆值組，如下圖所示：

DCS

| <u>department</u> | <u>course</u> | <u>student</u> |
|-------------------|---------------|----------------|
| 資訊系 | 101 | 陳會安 |
| 資訊系 | 101 | 江小魚 |
| 資訊系 | 202 | 江小魚 |
| 資管系 | 101 | 江小魚 |

- 如果新增一筆值組{資訊系, 101, 江小魚}，在分割和合併後，就不會多出一筆值組。


第五階正規化型式

- DCS關聯表擁有合併相依，並不符合5NF，所以需要執行第五階正規化。
- 使用投影運算分割成3個關聯表，如下圖所示：

DC

| <u>department</u> | <u>course</u> |
|-------------------|---------------|
| 資訊系 | 101 |
| 資訊系 | 202 |
| 資管系 | 202 |
| 資管系 | 101 |
| 資管系 | 222 |

CS



| <u>course</u> | <u>student</u> |
|---------------|----------------|
| 101 | 陳會安 |
| 202 | 江小魚 |
| 101 | 張三丰 |
| 222 | 江小魚 |

SD

| <u>student</u> | <u>department</u> |
|----------------|-------------------|
| 陳會安 | 資訊系 |
| 江小魚 | 資訊系 |
| 江小魚 | 資管系 |
| 張三丰 | 資管系 |

- 實務上，由於關聯上通常有大量的屬性，從中找出JD十分困難，因此目前實際資料庫的設計甚少提及。