Motivação

Depositante

nConta	nomeCliente	moradaCliente
1	Carlos	morada1
1	Carlos	morada2
1	José	morada3
2	Carlos	morada1
2	Carlos	morada2
2	Maria	morada1
2	Maria	morada4
3	José	morada3
3	Maria	morada1
3	Maria	morada4

Está na BCNF (verificar).
Mas:

- Redundância!!!
- Problemas na inserção — Se quisermos adicionar uma nova morada (morada5) para o José, é necessário introduzir 2 tuplos:

  `(1, José, morada5) (3, José, morada5)`

Motivação

Parece ser melhor decompor em:

nConta	nomeCliente
1	Carlos
1	José
2	Carlos
2	Maria
3	Maria
3	José

nomeCliente	moradaCliente
Carlos	morada1
Carlos	morada2
José	morada3
Maria	morada1
Maria	morada4

- Mas porquê? Que propriedades têm estes dados que permitem dizer isto? Como as exprimir?
- É certo que um dado cliente não têm sempre a mesma morada (independentemente da conta).
- Mas tem sempre o mesmo conjunto de moradas, independentemente da conta!

Dependências Multi-valor

Definição (Dependências Multi-valor)

Seja R um esquema e $\alpha \subseteq R$ e $\beta \subseteq R$. A **dependência multi-valor**

$$\alpha \twoheadrightarrow \beta$$

é verdadeira em R se em toda a relação possível $r(R)$, para todo o par de tuplo t_1, t_2 em r, se $t_1[\alpha] = t_2[\alpha]$, então existem necessariamente tuplos t_3 e t_4 em r tal que:

- $t_1[\alpha] = t_2[\alpha] = t_3[\alpha] = t_4[\alpha]$
- $t_1[\beta] = t_3[\beta]$
- $t_2[\beta] = t_4[\beta]$
- $t_1[R - \beta] = t_4[R - \beta]$
- $t_2[R - \beta] = t_3[R - \beta]$

Dependências Multi-valor (Cont.)

- Representação de $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ em tabela:

	α	β	$R - \alpha - \beta$
t_1	$a_1 \dots a_i$	$a_{i+1} \dots a_j$	$a_{j+1} \dots a_n$
t_2	$a_1 \dots a_i$	$b_{i+1} \dots b_j$	$b_{j+1} \dots b_n$
t_3	$a_1 \dots a_i$	$a_{i+1} \dots a_j$	$b_{j+1} \dots b_n$
t_4	$a_1 \dots a_i$	$b_{i+1} \dots b_j$	$a_{j+1} \dots a_n$

- Seja $R = \{\alpha, \beta, \gamma\}$.
- Diz-se que $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ (α multi-determina β) sse para todas as possíveis $r(R)$

  Se $<\alpha_1, \beta_1, \gamma_1> \in r$ e $<\alpha_1, \beta_2, \gamma_2> \in r$

  então $<\alpha_1, \beta_1, \gamma_2> \in r$ e $<\alpha_1, \beta_2, \gamma_1> \in r$.
- Note-se que, como esta definição é simétrica em β e γ, segue-se que $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ sse $\alpha \twoheadrightarrow \gamma$ (isto é $\alpha \twoheadrightarrow R - \alpha - \beta$).
- Note-se ainda que:
  - Se $\alpha \rightarrow \beta$ então $\alpha \twoheadrightarrow \beta$.
  - De facto, se $\alpha \rightarrow \beta$ então $\beta_1 = \beta_2$, e logo $\alpha \twoheadrightarrow \beta$.

Exemplo

- Para `Depositante` tem-se que: `nomeCliente` $\twoheadrightarrow$ `moradaCliente`:
  - Se dois tuplos têm o mesmo `nomeCliente`, tendo um `moradaCliente`$= m_1$ e `nConta` $= n_1$ e outro `moradaCliente` $= m_2$ e `nConta` $= n_2$.
  - Então têm que haver mais dois tuplos com esse `nomeCliente`:
    - um com `nConta` $= n_2$ e `moradaCliente` $= m_1$;
    - outro com `nConta` $= n_1$ e `moradaCliente` $= m_2$.

Depositante

nConta	nomeCliente	moradaCliente
1	Carlos	morada1
1	Carlos	morada2
1	José	morada3
2	Carlos	morada1
2	Carlos	morada2
2	Maria	morada1
2	Maria	morada4
3	José	morada3
3	Maria	morada1
3	Maria	morada4

Exemplo (Cont.)

- No nosso exemplo:

$$\begin{array}{lcl} \texttt{nomeCliente} & \twoheadrightarrow & \texttt{moradaCliente} \\ \texttt{nomeCliente} & \twoheadrightarrow & \texttt{nConta} \end{array}$$

- Esta definição formaliza a ideia de que cada valor particular de α (`nomeCliente`) tem associado um conjunto de valores β (`moradaCliente`) e um conjunto de valores de γ (`nConta`), e que estes dois conjuntos são independentes.

- Se são independentes, porque não metê-los em relações separadas?

Uso de Dependências Multi-valor

- Usam-se dependências multi-valor para:
  1. Testar relações, para verificar se são ou não relações válidas, dado um conjunto de dependência multi-valor.
  2. Especificar restrições no conjunto de (instâncias) de relações válidas. Assim, só devemos ter relações que satisfaçam o conjunto (pré-definido) de dependências funcionais e multi-valor.

- Se uma relação r não satisfizer uma dada dependência multi-valor, então é sempre possível construir uma relação r', por adição de tuplos em r, que satisfaz a dependência.

Teoria de Dependências Multi-valor

- Da definição de dependência multi-valor, podemos demonstrar:
  - Se $\alpha \rightarrow \beta$, então $\alpha \twoheadrightarrow \beta$, isto é, toda a dependência funcional é também dependência multi-valor.
  - $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ é trivial sse $\beta \subseteq \alpha$ ou $\alpha \bigcup \beta = R$.

- Em geral temos um conjunto D de dependências funcionais e dependências multi-valor.

- O fecho D^+ de D é o conjunto de todas as dependências funcionais e multi-valor que são implicadas por D.
  - Pode calcular-se D^+ a partir de D, usando as definições de dependência funcional e multi-valor.
  - Tal como para dependências funcionais, há sistemas de inferência para calcular este fecho.

Inferência com Dependências Multi-valor

- Podem encontrar-se todas as dependências em D^+ por aplicação dos seguintes Axiomas (onde os primeiros 3 são os Axiomas de Armstrong) :

Definição (Axiomas Multi-valor)

- *Se $\beta \subseteq \alpha$ então $\alpha \rightarrow \beta$* *(reflexividade)*
- *Se $\alpha \rightarrow \beta$ então $\gamma\alpha \rightarrow \gamma\beta$* *(aumento)*
- *Se $\alpha \rightarrow \beta$ e $\beta \rightarrow \gamma$ então $\alpha \rightarrow \gamma$* *(transitividade)*
- *Se $\alpha \rightarrow \beta$ então $\alpha \twoheadrightarrow \beta$* *(replicação)*
- *Se $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ então $\alpha \twoheadrightarrow R - \beta - \alpha$* *(complemento)*
- *Se $\alpha \twoheadrightarrow \beta$, $\gamma \subseteq R$ e $\delta \subseteq \gamma$ então $\gamma\alpha \twoheadrightarrow \delta\beta$* *(multi-aumento)*
- *Se $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ e $\beta \twoheadrightarrow \gamma$ então $\alpha \twoheadrightarrow \gamma - \beta$* *(multi-transitividade)*
- *Se $\alpha \twoheadrightarrow \beta$, $\gamma \subseteq \beta$ e existe $\delta \subseteq R$ tal que $\delta \bigcap \beta = \emptyset$ e $\delta \rightarrow \gamma$ então $\alpha \rightarrow \gamma$* *(coalescência)*

- Este conjunto de axiomas é coerente e completo.

4ª Forma Normal

Definição (4ª Forma Normal)

Um esquema R, com conjunto de dependência funcionais e multi-valor D, está na 4ª Forma Normal, 4NF, se para toda a dependência multi-valor $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ pertencente a D^+, onde os atributos de α e β estão em R, pelo menos uma das seguintes condições é verdadeira:

- *$\alpha \twoheadrightarrow \beta$ é trivial, isto é $\beta \subseteq \alpha$ ou $\alpha \cup \beta = R$.*
- *α é super chave de R, isto é $\alpha \rightarrow R$.*

Se um esquema está na 4NF também está na BCNF

Restrição de Dependências Multi-valor

- A restrição do conjunto D a R_i é o conjunto de D_i com:
  - Todas as dependências em D^+ que só contêm atributos de R_i;
  - Todas as dependências multi-valor: $\alpha \twoheadrightarrow (\beta \bigcap R_i)$ onde $\alpha \subseteq R_i$ e $\alpha \twoheadrightarrow \beta \in D^+$.

- Com dependências multi-valor, a decomposição de R em R_1 e R_2 é sem perdas sse pelo menos uma das dependências abaixo pertence a D^+:
  - $R_1 \bigcap R_2 \twoheadrightarrow R_1$;
  - $R_1 \bigcap R_2 \twoheadrightarrow R_2$.

Algoritmo de Decomposição para 4NF

resultado := $\{R\}$;
acabou := falso;
calcular D^+;
Seja D_i a restrição de D^+ a R_i
enquanto (**não** acabou)
  se existe esquema $R_i \in$ <u>resultado</u> que não está na 4NF
então
    Seja $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ não trivial e verdadeira em R_i tal que
      $\alpha \rightarrow R_i \notin D_i$, e $\alpha \bigcap \beta = \emptyset$;
    resultado := $(\text{resultado} - R_i) \bigcup (R_i - \beta) \bigcup (\alpha, \beta)$;
  senão acabou := verdade;
fimenquanto

Nota: A decomposição é sem perdas