

Multidimensional Design

Knowledge Objectives

1. Justify the usefulness of multidimensional analysis against operational databases and spreadsheets
2. Define OLAP (On-Line Analytical Processing)
3. Describe a data cube
4. Describe the most typical multidimensional operations over the cube
5. Distinguish the main kinds of multidimensional tools (ROLAP, MOLAP and HOLAP)

Understanding Objectives

1. Explain the meaning of a star (or its variants snowflake and galaxy) shape multidimensional schema
2. Translate a multidimensional UML diagram into a relational star-join schema
3. Elaborate on the advantages and disadvantages of ROLAP in front of MOLAP

MOTIVATION AND DEFINITION

Spreadsheet (I)

	A	B	C	D	E	F	G	H	...
1									
2		x							
3		y							
4		z							
5									
6									
...									

Spreadsheets (II)

- ❑ Absence of metadata
 - Rows and columns without associated meaning
 - Difficult query and interpretations
- ❑ Limited amount of data
 - M\$Excel ($65,000 \times 256 = 16,000,000$ cells)
- ❑ The position limits operations
- ❑ Aggregation hierarchies are not managed

FASMI test

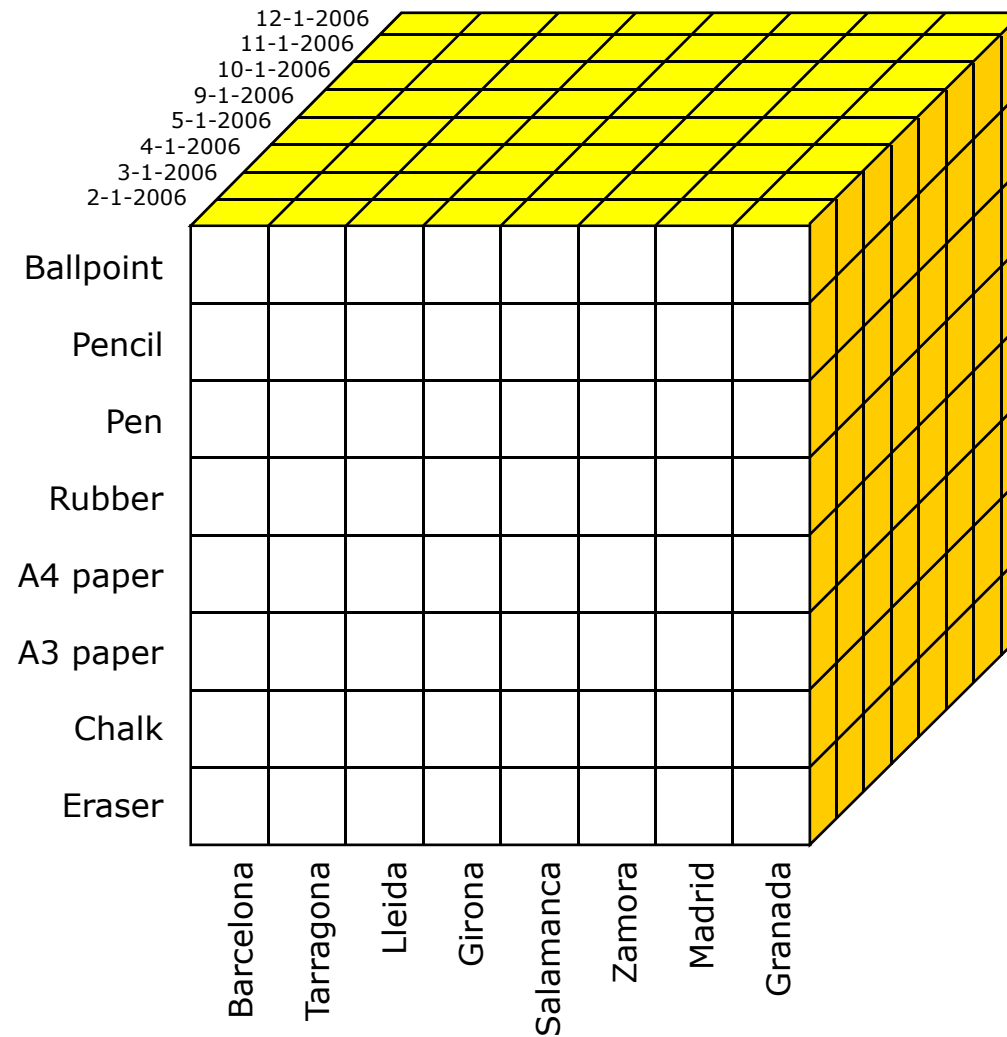
- Fast
- Analysis
- of Shared
- Multidimensional
- Information

Nigel Pendse, 1995

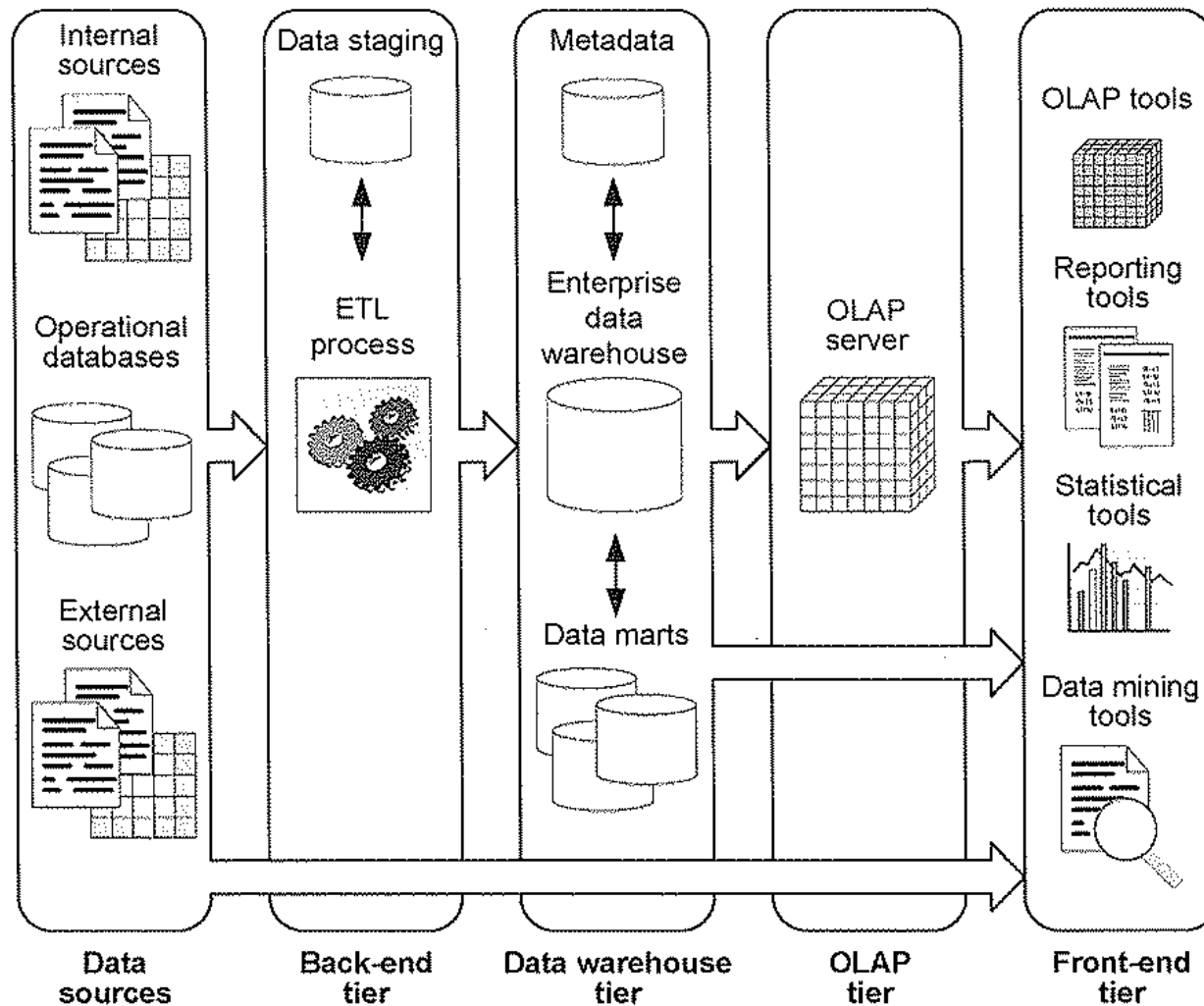
Spreadsheet -> FAMSI

Operational DB -> SIFAM

Cube (Hyperprism)

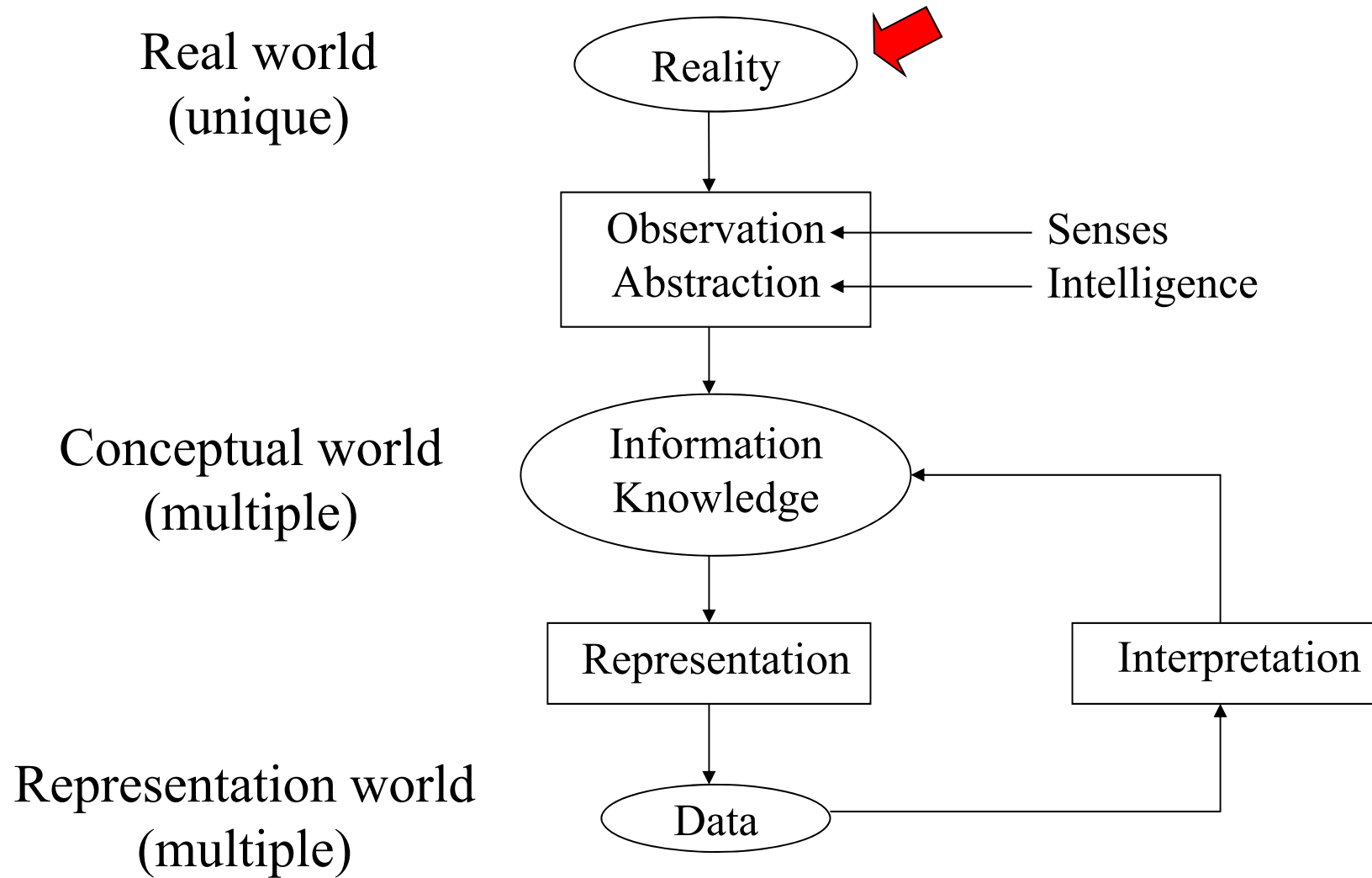


Reference architecture



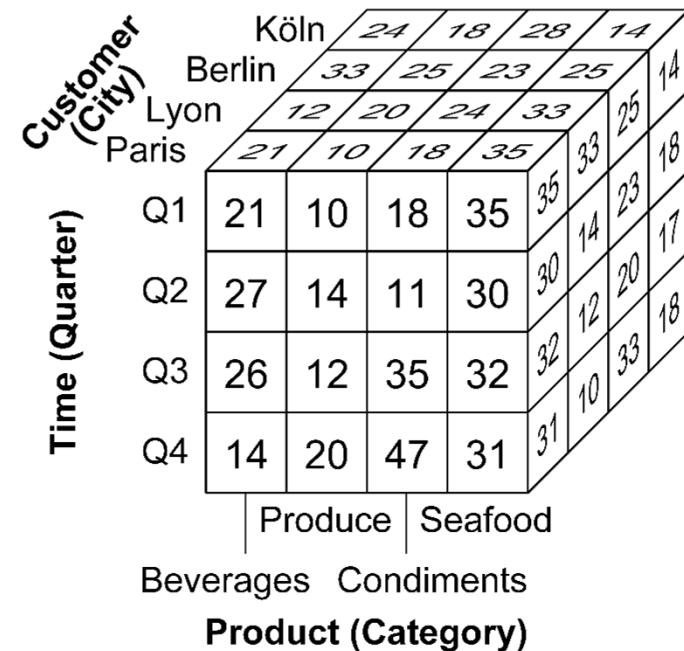
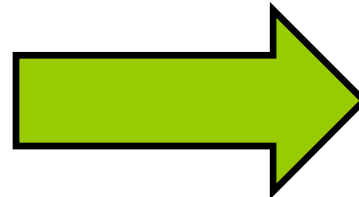
REAL WORLD VIEW

Three worlds

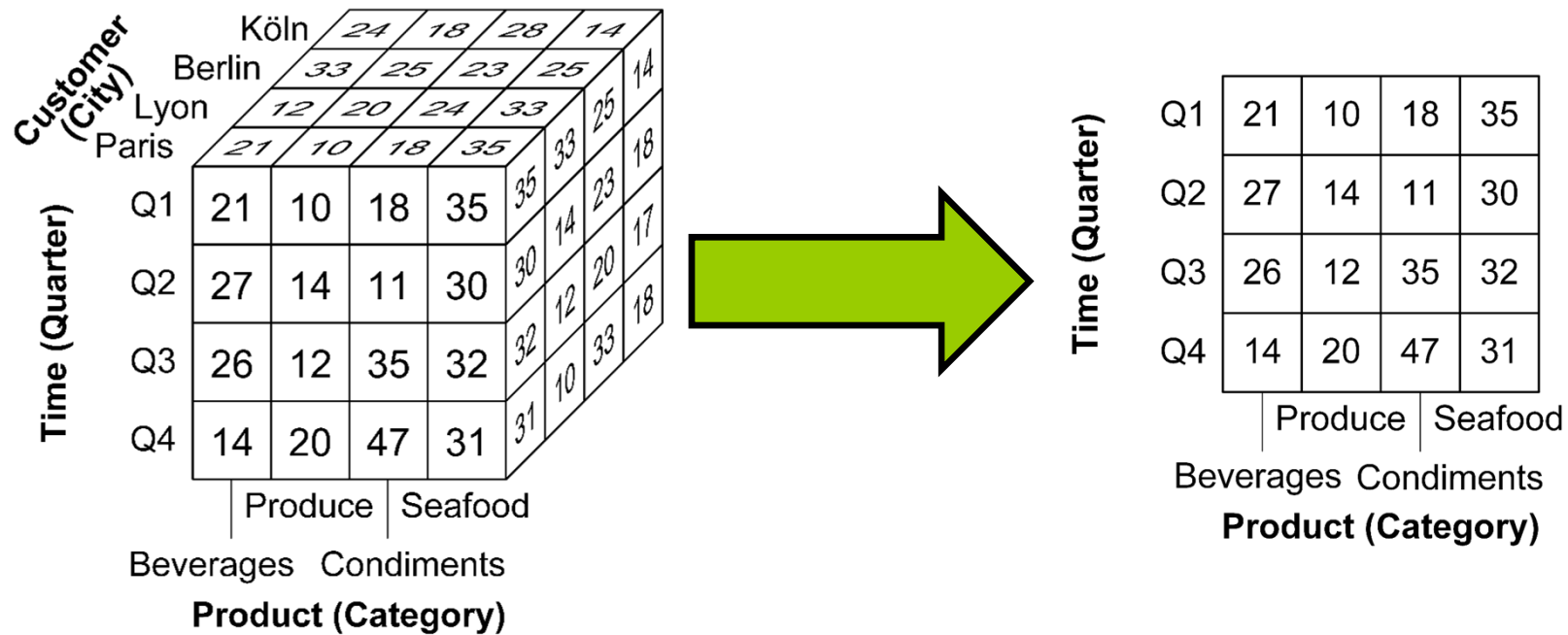


Cross-tab view

		Q1	Q2	Q3	Q4
Paris	Beverages	21	10	18	35
	Produce	27	14	11	30
	Condiments	26	12	35	32
	Seafood	14	20	47	31
Lyon	Beverages	12	20	24	33
	Produce				
	Condiments				
	Seafood				
Berlin	Beverages	33	25	23	25
	Produce				
	Condiments				
	Seafood				
Köln	Beverages	24	18	28	14
	Produce				
	Condiments				
	Seafood				

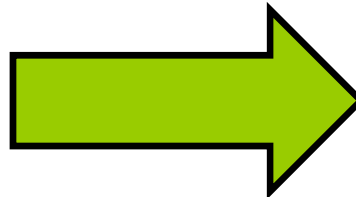


Slice



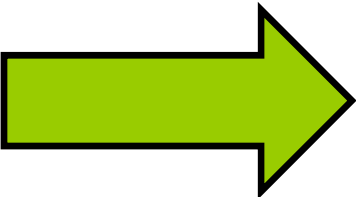
Dice

Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Produce	Seafood	Beverages	Condiments
Q1	Köln	21	10	18	35
	Berlin	27	14	11	30
	Lyon	26	12	35	32
	Paris	14	20	47	31
Q2	Köln	21	10	18	35
	Berlin	27	14	11	30
	Lyon	26	12	35	32
	Paris	14	20	47	31
Q3	Köln	21	10	18	35
	Berlin	27	14	11	30
	Lyon	26	12	35	32
	Paris	14	20	47	31
Q4	Köln	21	10	18	35
	Berlin	27	14	11	30
	Lyon	26	12	35	32
	Paris	14	20	47	31



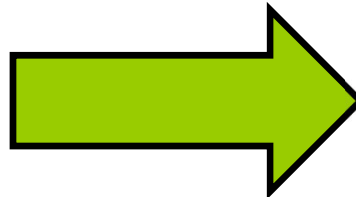
Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)	
		Produce	Seafood
Q1	Lyon	21	10
	Paris	26	12
Q2	Lyon	27	14
	Paris	26	12

A. Vaisman & E.Zimanyi



Pivot (I)

Time (Quarter)	Customer (City)				Product (Category)			
					Produce		Seafood	
					Beverages		Condiments	
Q1	21	10	18	35	35	14	23	18
Q2	27	14	11	30	30	12	20	17
Q3	26	12	35	32	32	10	33	18
Q4	14	20	47	31	31			
					Köln		Berlin	
					Lyon		Paris	

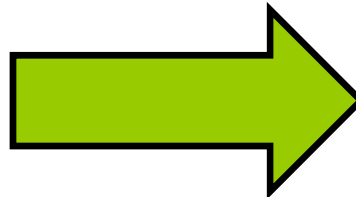


Customer (City)	Product (Category)				Time (Quarter)			
					Seafood		Condiments	
					Produce		Beverages	
Paris	21	27	26	14	14	20	47	10
Lyon	12	14	11	13	13	28	20	18
Berlin	33	28	35	32	32	19	47	18
Köln	24	23	25	18	18			
					Q1		Q2	
					Q3		Q4	

A. Vaisman & E.Zimanyi

Pivot (II)

		Q1	Q2	Q3	Q4
Paris	Beverages	21	10	18	35
	Produce	27	14	11	30
	Condiments	26	12	35	32
	Seafood	14	20	47	31
Lyon	Beverages	12	20	24	33
	Produce				
	Condiments				
	Seafood				
Berlin	Beverages	33	25	23	25
	Produce				
	Condiments				
	Seafood				
Köln	Beverages	24	18	28	14
	Produce				
	Condiments				
	Seafood				

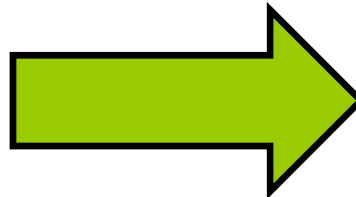


		Paris	Lyon	Berlin	Köln
Beverages	Q1	21	27	26	14
	Q2	12	14	11	12
	Q3	33	28	35	32
	Q4	24	23	25	18
Produce	Q1	10	14	12	20
	Q2				
	Q3				
	Q4				
Condiments	Q1	18	11	35	47
	Q2				
	Q3				
	Q4				
Seafood	Q1	35	30	32	31
	Q2				
	Q3				
	Q4				

A. Vaisman & E.Zimanyi

Roll-up (I)

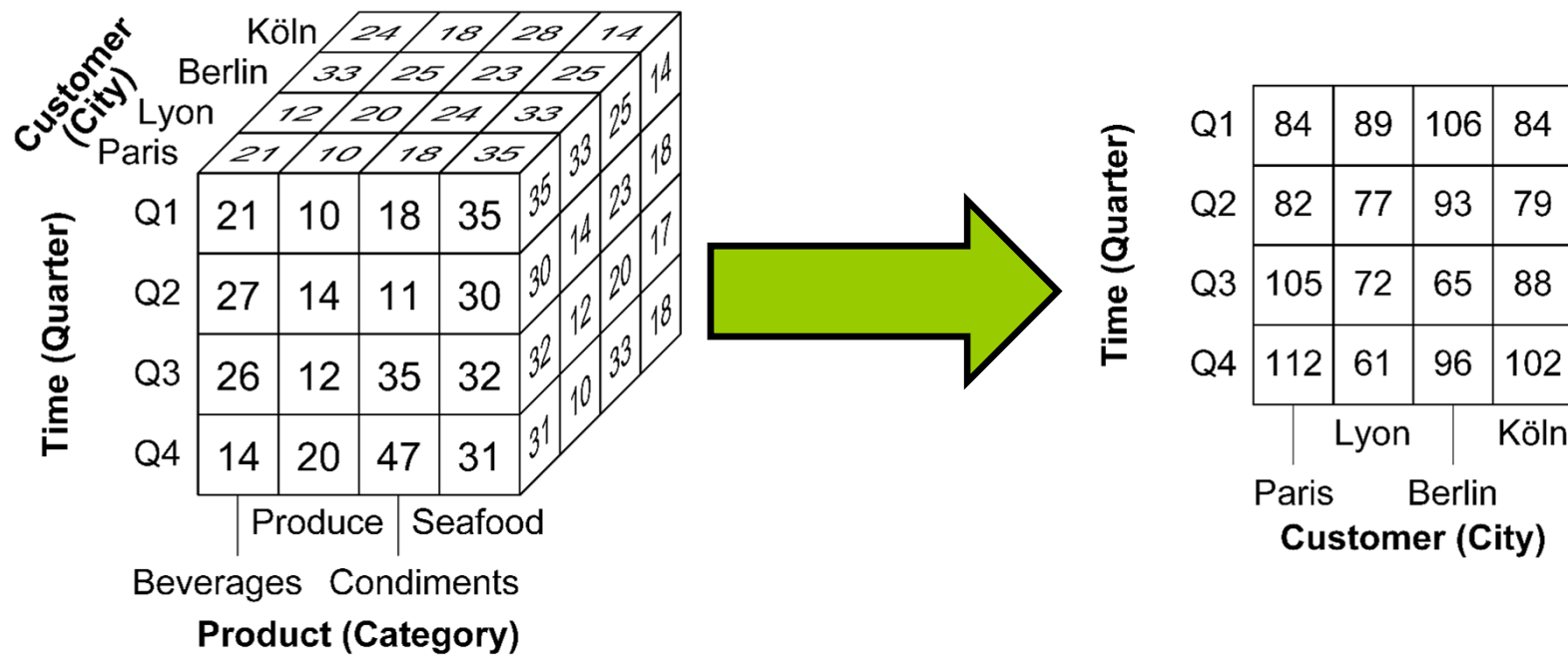
Time (Quarter)	Customer (City)				Product (Category)			
	Köln							
	Berlin							
	Lyon							
	Paris							
Q1	21	10	18	35	35	14	23	18
Q2	27	14	11	30	30	12	20	17
Q3	26	12	35	32	32	10	33	18
Q4	14	20	47	31	31			
					Produce	Seafood	Beverages	Condiments



Time (Quarter)	Customer (Country)				Product (Category)			
	Germany							
	France							
	Q1							
	Q2							
Q1	33	30	42	68	68	41	44	39
Q2	39	26	41	44	44	37	44	51
Q3	30	22	46	44	44	41	49	31
Q4	25	29	49	41	41			
					Produce	Seafood	Beverages	Condiments

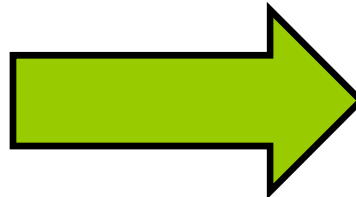
A. Vaisman & E. Zimanyi

Roll-up (II)



Drill-down

Time (Quarter)	Customer (City)				Product (Category)			
	Köln				Berlin			
	Lyon				Paris			
	Q1				Q2			
	Q3				Q4			
	Produce	Seafood	Beverages	Condiments	Produce	Seafood	Beverages	Condiments



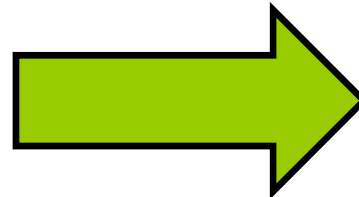
Time (Month)	Customer (City)				Product (Category)			
	Köln				Berlin			
	Lyon				Paris			
	Jan				Feb			
	Mar				...			
	Produce	Seafood	Beverages	Condiments	Produce	Seafood	Beverages	Condiments

A. Vaisman & E. Zimanyi

Drill-across

Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Beverages		Produce	
		Condiments	Seafood		
Q1	Köln	21	18	10	35
Q2	Köln	27	11	14	30
Q3	Köln	26	35	12	32
Q4	Köln	14	47	20	31
Q1	Berlin	33	23	25	25
Q2	Berlin	12	24	20	33
Q3	Berlin	21	18	10	35
Q4	Berlin	35	14	23	17
Q1	Lyon	35	14	23	17
Q2	Lyon	30	12	20	18
Q3	Lyon	32	10	33	
Q4	Lyon	31			
Q1	Paris	21	18	10	35
Q2	Paris	27	11	14	30
Q3	Paris	26	35	12	32
Q4	Paris	14	47	20	31

Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Beverages		Produce	
		Condiments	Seafood		
Q1	Köln	19	12	31	28
Q2	Köln	30	12	10	29
Q3	Köln	28	11	31	28
Q4	Köln	12	22	45	29
Q1	Berlin	30	22	21	26
Q2	Berlin	14	18	22	28
Q3	Berlin	19	12	31	28
Q4	Berlin	28	16	21	19
Q1	Lyon	28	16	21	19
Q2	Lyon	29	14	20	19
Q3	Lyon	28	12	31	
Q4	Lyon	29			
Q1	Paris	19	12	31	28
Q2	Paris	30	12	10	29
Q3	Paris	28	11	31	28
Q4	Paris	12	22	45	29



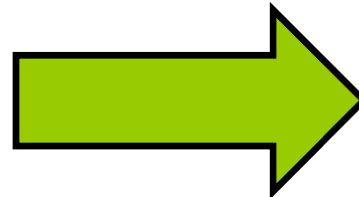
Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Produce		Seafood	
		Beverages	Condiments		
Q1	Köln	19	12	31	28
Q2	Köln	30	12	10	29
Q3	Köln	28	11	31	28
Q4	Köln	12	22	45	29
Q1	Berlin	21	18	10	35
Q2	Berlin	27	11	14	30
Q3	Berlin	26	35	12	32
Q4	Berlin	14	47	20	31
Q1	Lyon	33	23	25	25
Q2	Lyon	12	24	20	33
Q3	Lyon	21	18	10	35
Q4	Lyon	35	14	23	17
Q1	Paris	21	18	10	35
Q2	Paris	27	11	14	30
Q3	Paris	26	35	12	32
Q4	Paris	14	47	20	31

A. Vaisman & E.Zimanyi

Union

Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Produce	Seafood	Beverages	Condiments
Q1	Köln	24	18	28	14
	Berlin	33	25	23	25
	Lyon	12	20	24	33
	Paris	21	10	18	35
Q2	Köln	35	33	25	18
	Berlin	30	14	11	30
	Lyon	32	12	35	32
	Paris	31	10	33	18
Q3	Köln	21	10	18	35
	Berlin	27	14	11	30
	Lyon	26	12	35	32
	Paris	14	20	47	31
Q4	Köln	22	27	23	15
	Berlin	33	22	18	23
	Lyon	14	13	25	17
	Paris	20	18	23	17

Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Produce	Seafood	Beverages	Condiments
Q1	Bilbao	24	18	28	14
	Madrid	22	27	23	15
	Bilbao	33	22	18	23
	Madrid	14	13	25	17
Q2	Bilbao	20	18	23	17
	Madrid	22	27	23	15
	Bilbao	33	22	18	23
	Madrid	14	13	25	17
Q3	Bilbao	24	18	28	14
	Madrid	22	27	23	15
	Bilbao	33	22	18	23
	Madrid	14	13	25	17
Q4	Bilbao	20	18	23	17
	Madrid	22	27	23	15
	Bilbao	33	22	18	23
	Madrid	14	13	25	17



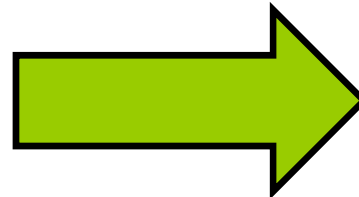
Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Produce	Seafood	Beverages	Condiments
Q1	Madrid	22	27	23	15
	Bilbao	24	18	28	14
	Köln	24	18	28	14
	Berlin	33	25	23	25
Q2	Madrid	35	33	25	18
	Bilbao	30	14	11	30
	Köln	32	12	35	32
	Berlin	31	10	33	18
Q3	Madrid	21	10	18	35
	Bilbao	27	14	11	30
	Köln	26	12	35	32
	Berlin	14	20	47	31
Q4	Madrid	22	27	23	15
	Bilbao	24	18	28	14
	Köln	24	18	28	14
	Berlin	33	25	23	25

A. Vaisman & E.Zimanyi

Difference

Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Produce		Seafood	
		Beverages	Condiments		
	Köln	24	18	28	14
	Berlin	33	25	23	25
	Lyon	12	20	24	33
	Paris	21	10	18	35
Q1		21	10	18	35
Q2		27	14	11	30
Q3		26	12	35	32
Q4		14	20	47	31

Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Produce		Seafood	
		Beverages	Condiments		
	Köln	24		28	
	Berlin	33	25		25
	Lyon		20		33
	Paris	21		35	33
Q1		21		35	35
Q2		27		30	30
Q3			35	32	32
Q4			47	31	31

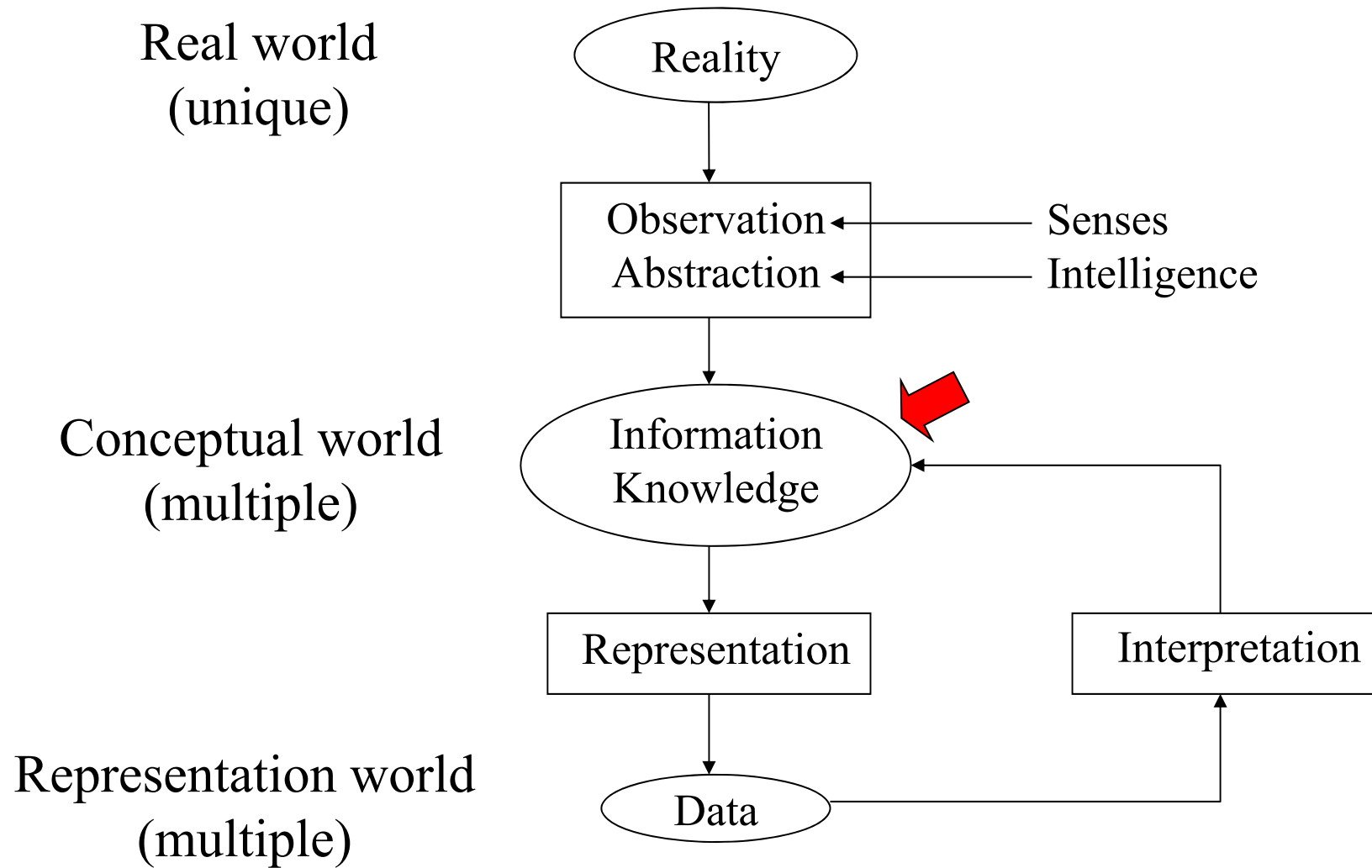


Time (Quarter)	Customer (City)	Product (Category)			
		Produce		Seafood	
		Beverages	Condiments		
	Köln		18		14
	Berlin			23	
	Lyon	12		24	
	Paris		10	18	
Q1			10	18	
Q2			14	11	
Q3		26	12		
Q4		14	20		

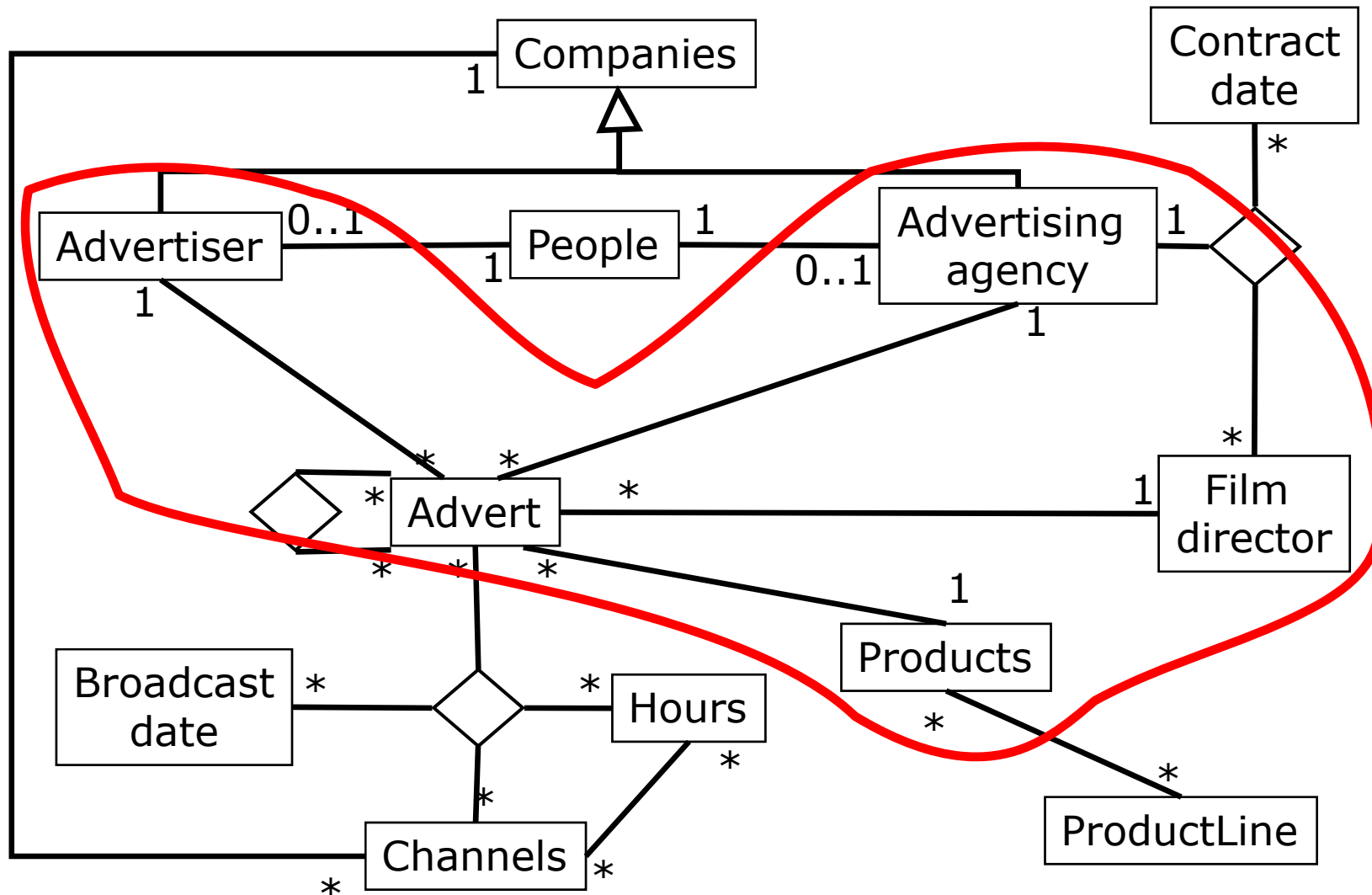
A. Vaisman & E.Zimanyi

CONCEPTUAL WORLD VIEW

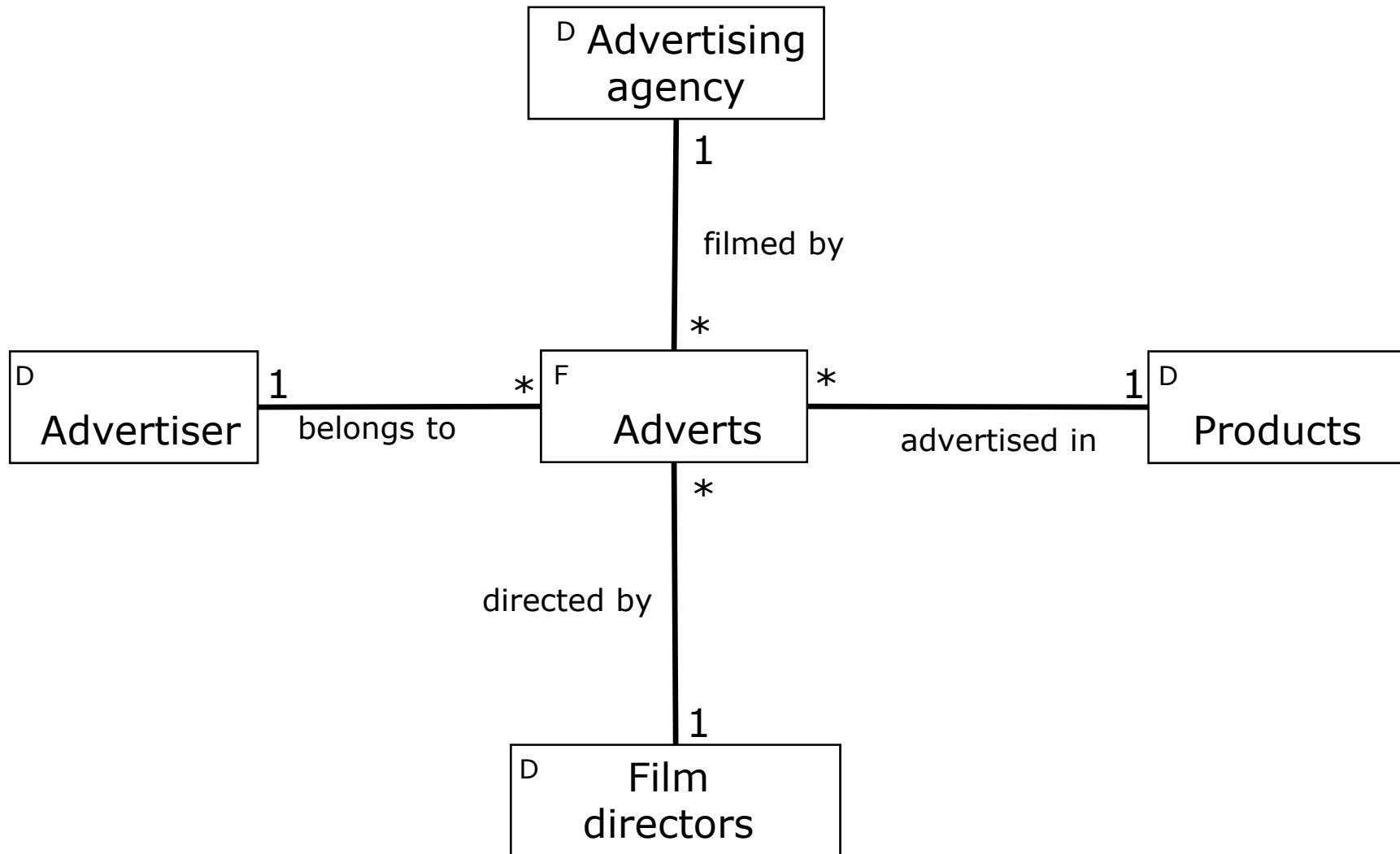
Three worlds



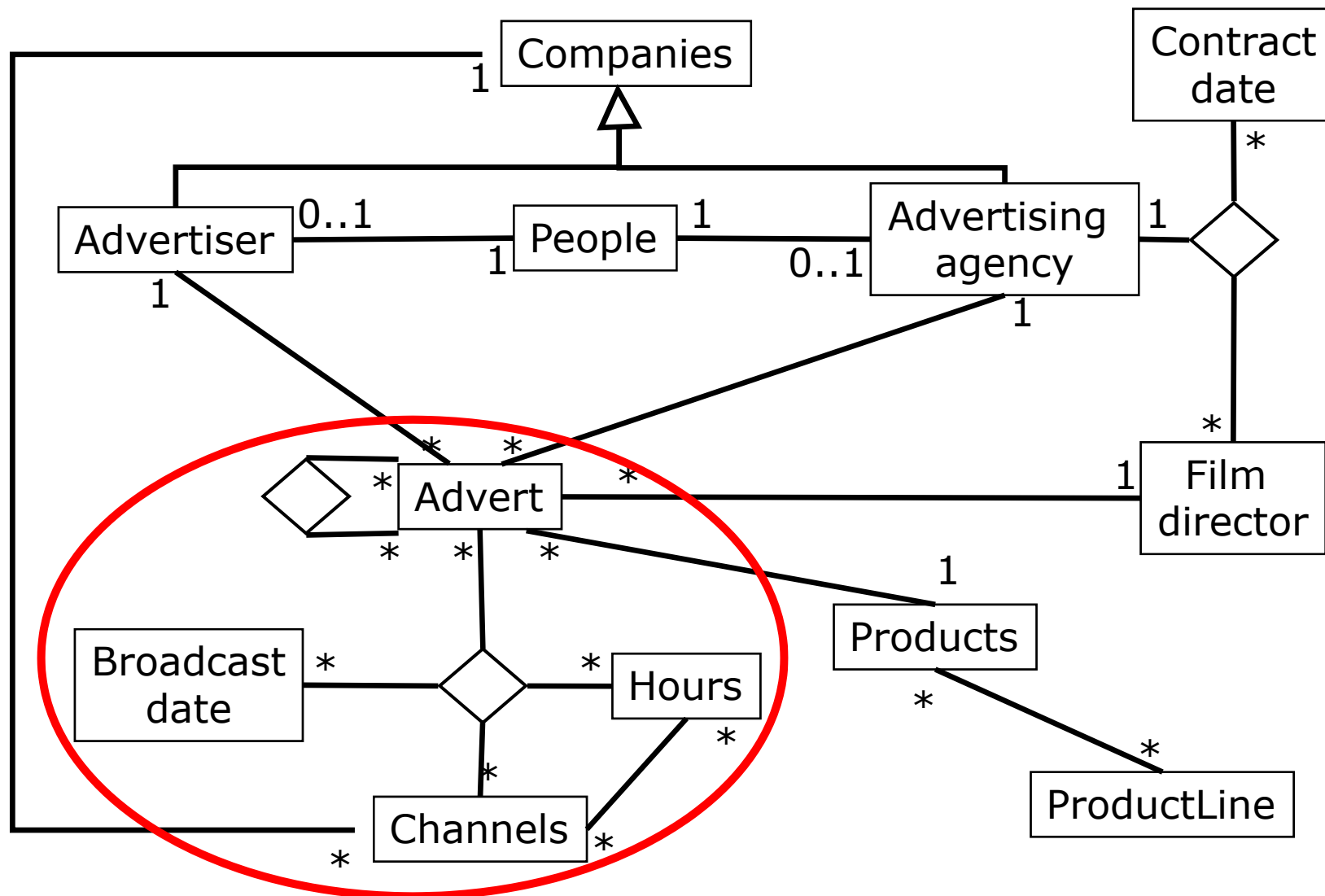
Example of transactional modeling (UML)



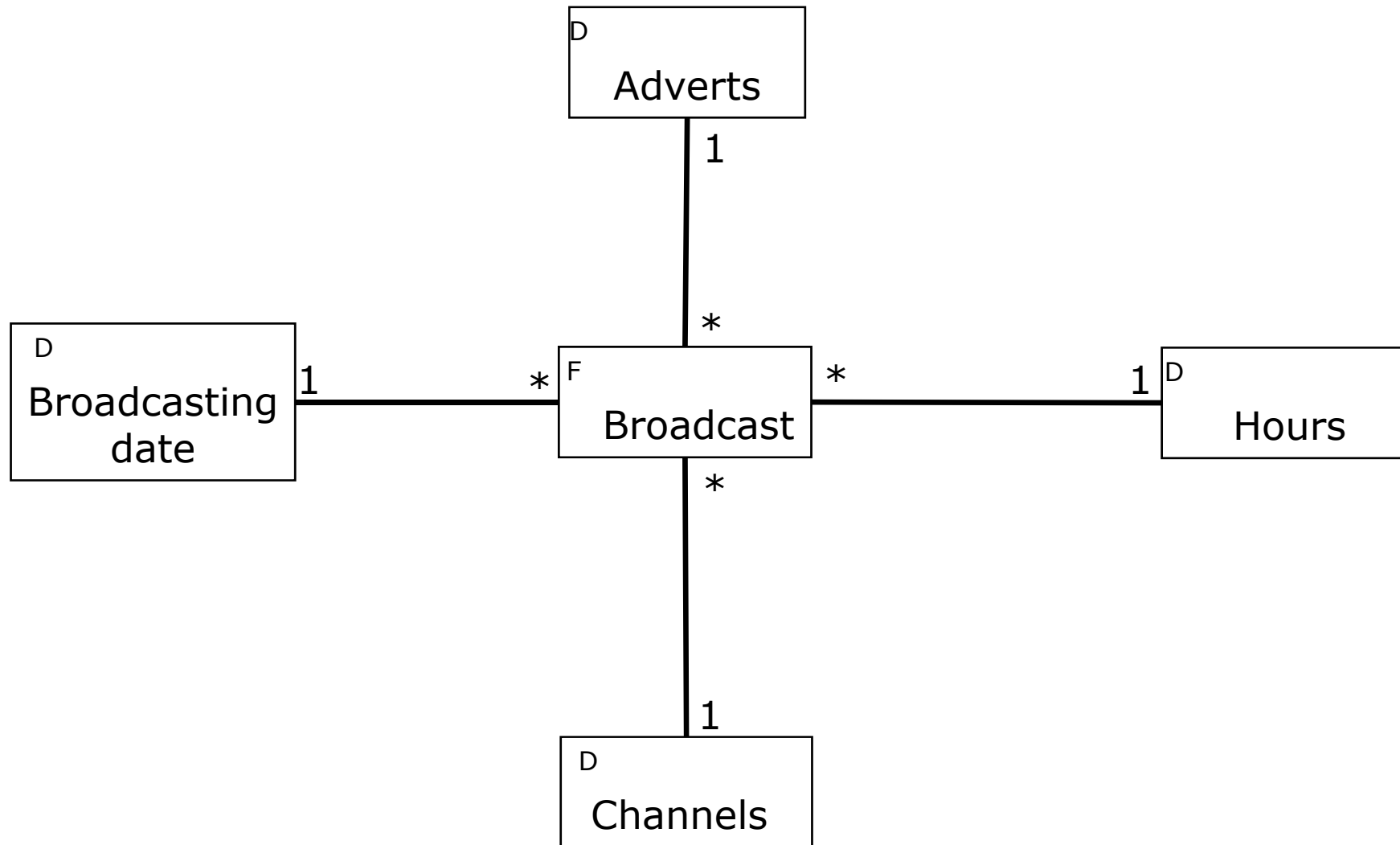
Star schema (I)



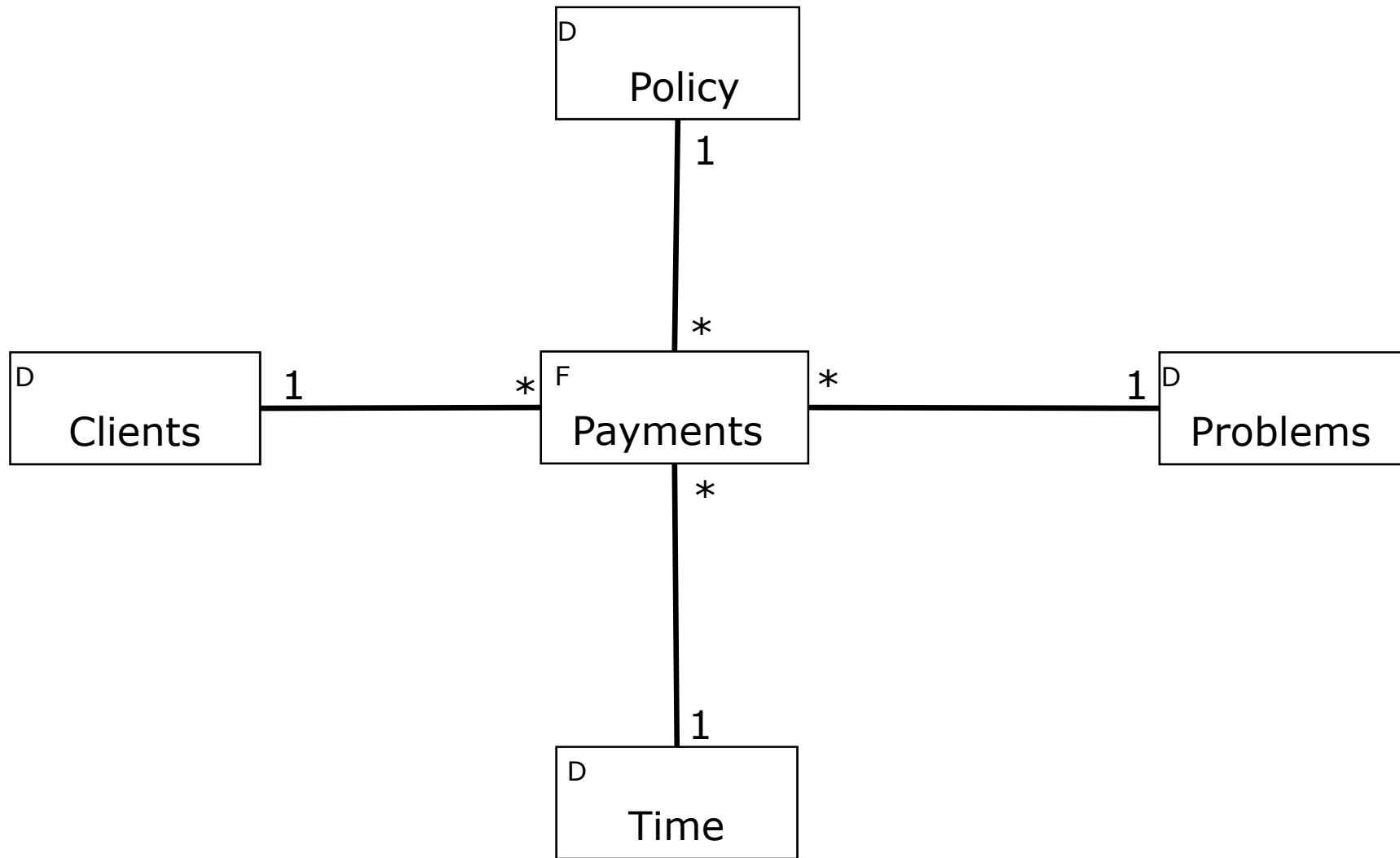
Example of transactional modeling (UML)



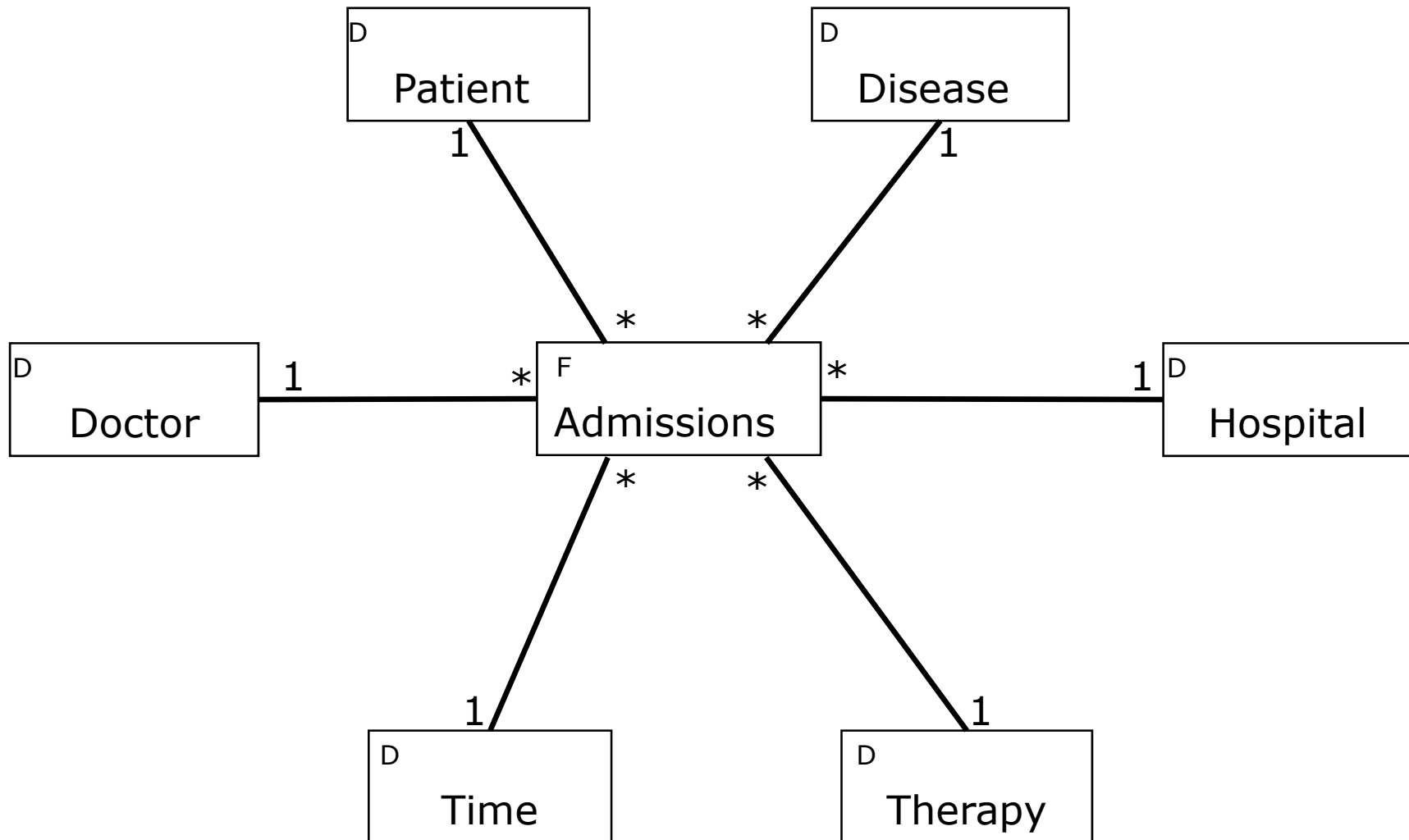
Star schema (II)



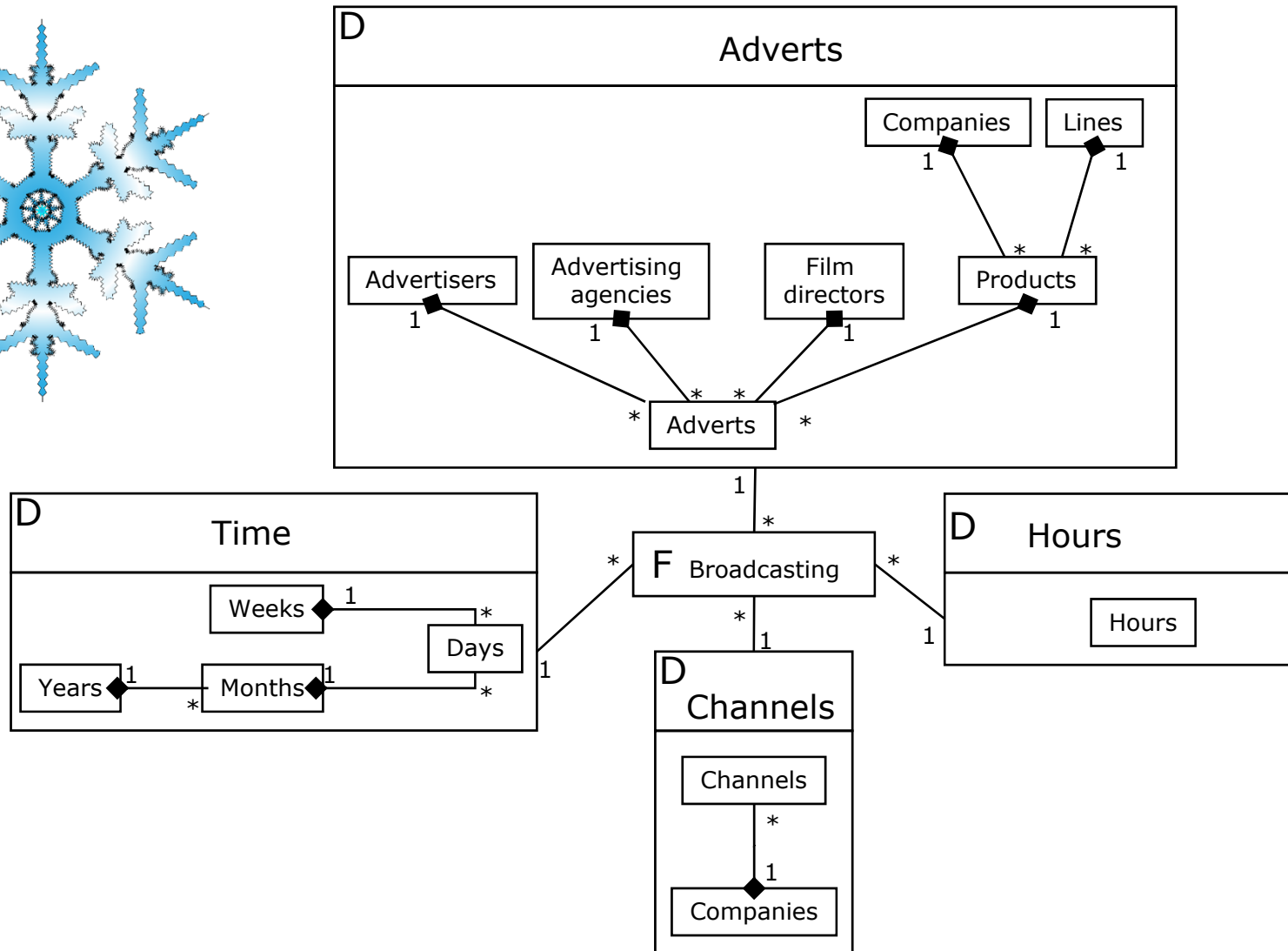
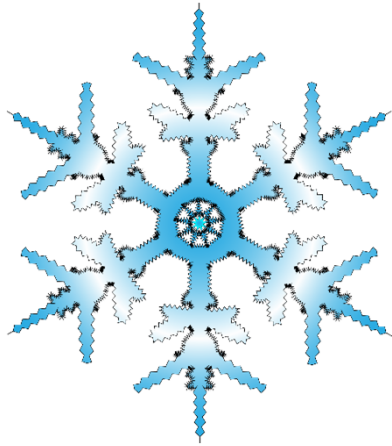
Star schema (III)



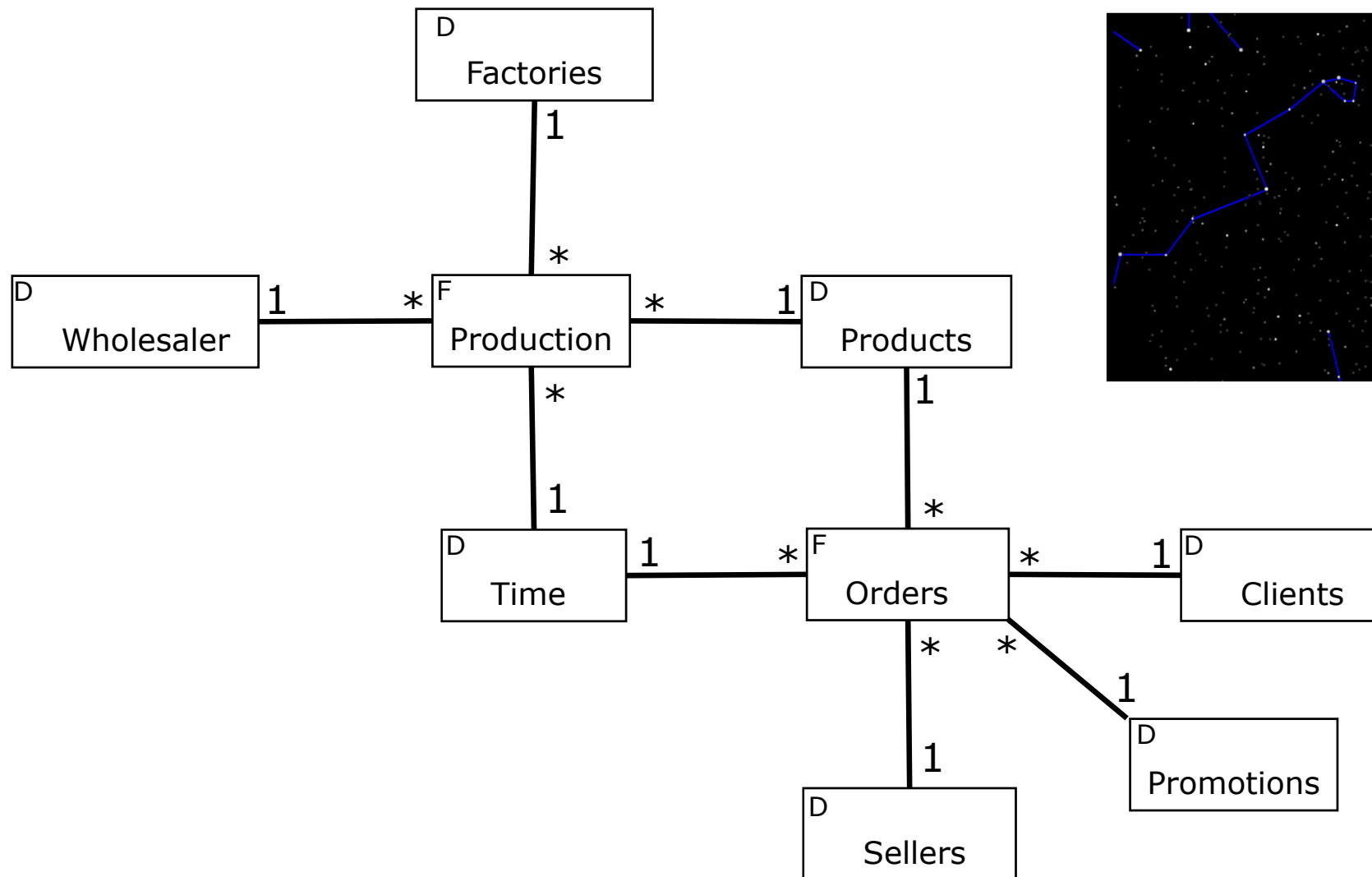
Star schema (IV)



Snowflake

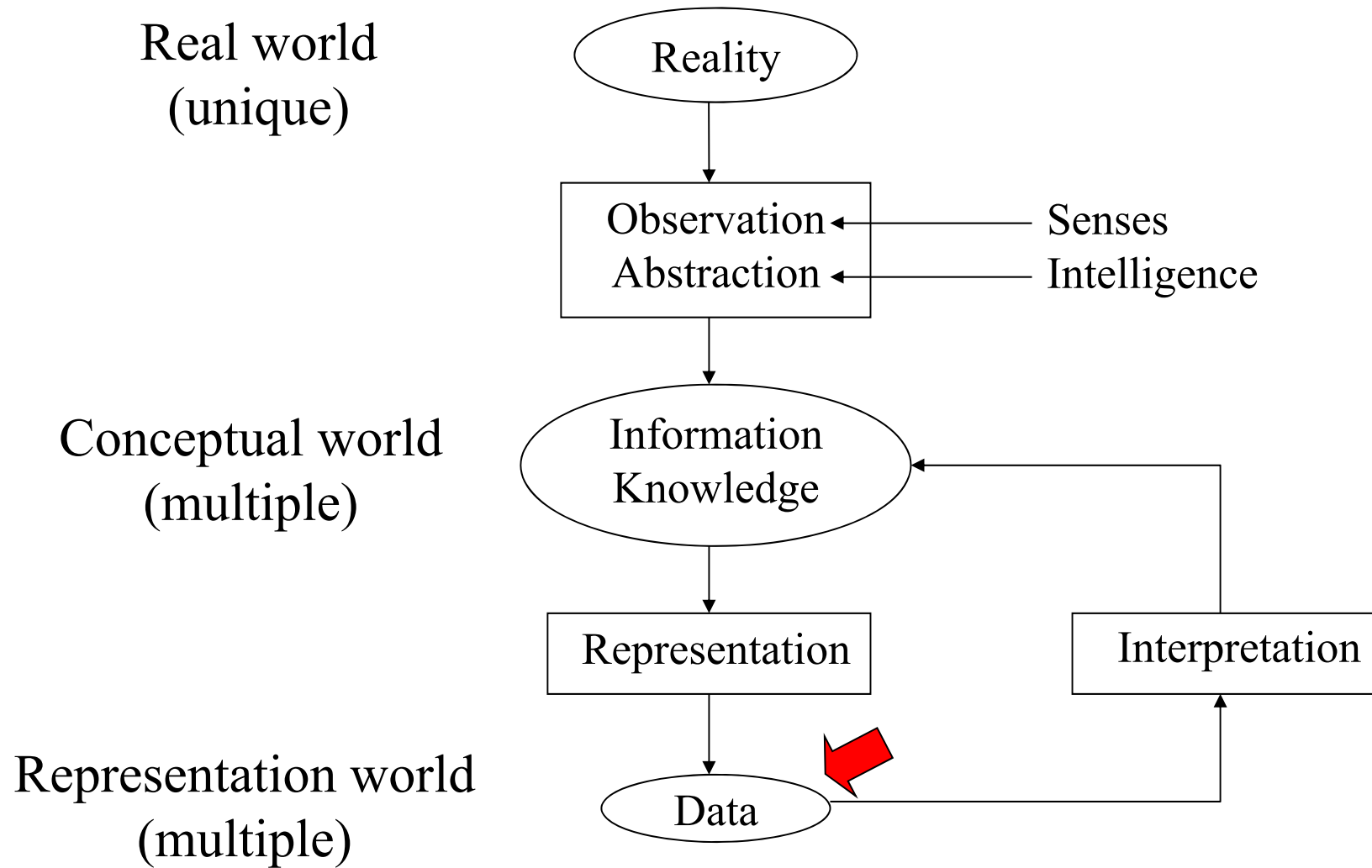


Galaxy or Constellation



REPRESENTATION WORLD VIEW

Three worlds



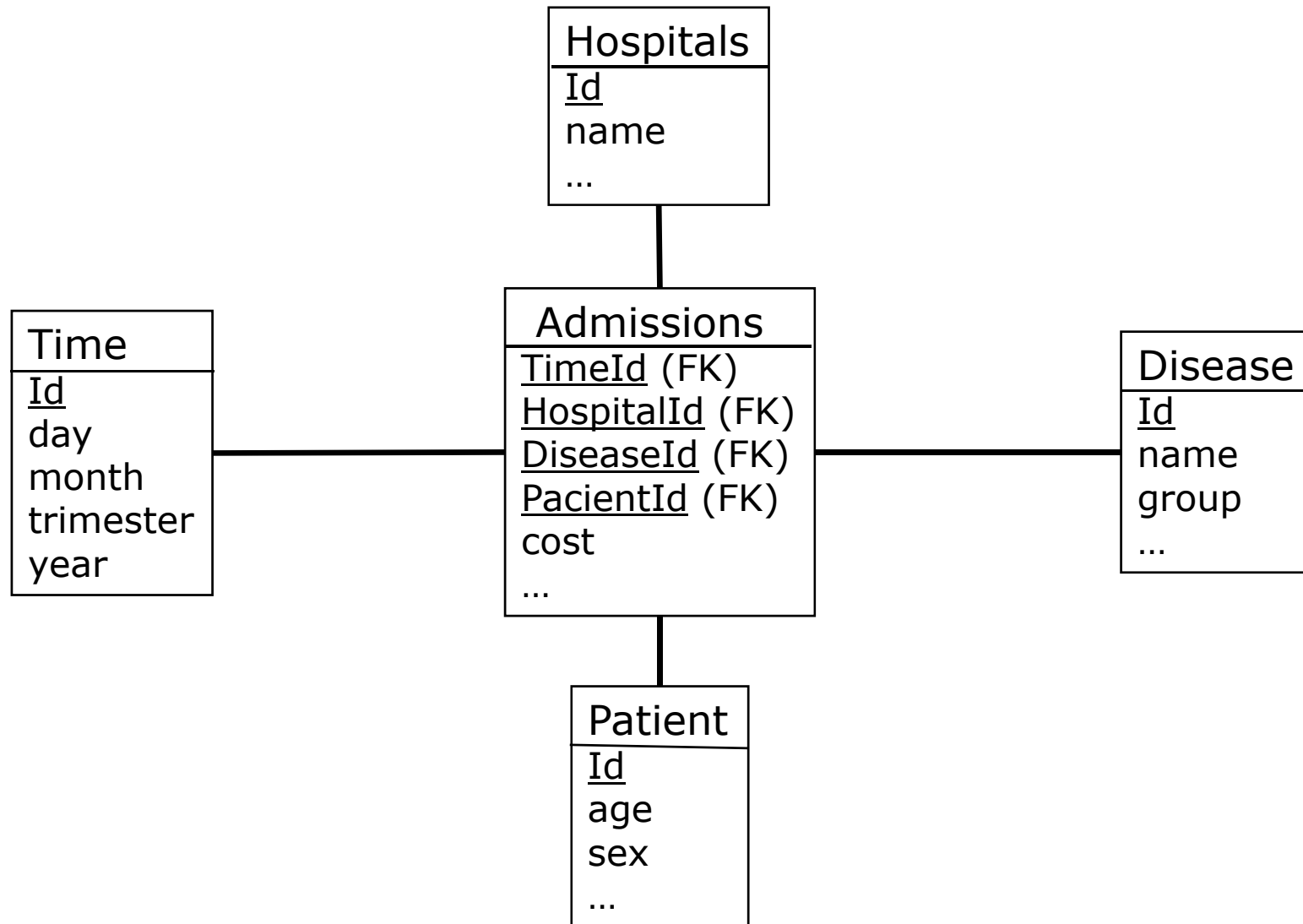
MOLAP: Multidimensional matrix

Ballpoint																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ROLAP: Characteristics

- ❑ Relational DBMS with multidimensional views
 - Two levels: Storage and Translation
- ❑ Use standard SQL
 - Easy to obtain
 - Independent of the DBMS
- ❑ Performance problems
 - Relational DBMS conceived for OLTP
 - OLAP operations are missing
 - Generate too many joins
- ❑ Used in huge Data Marts

ROLAP: Star-join schema



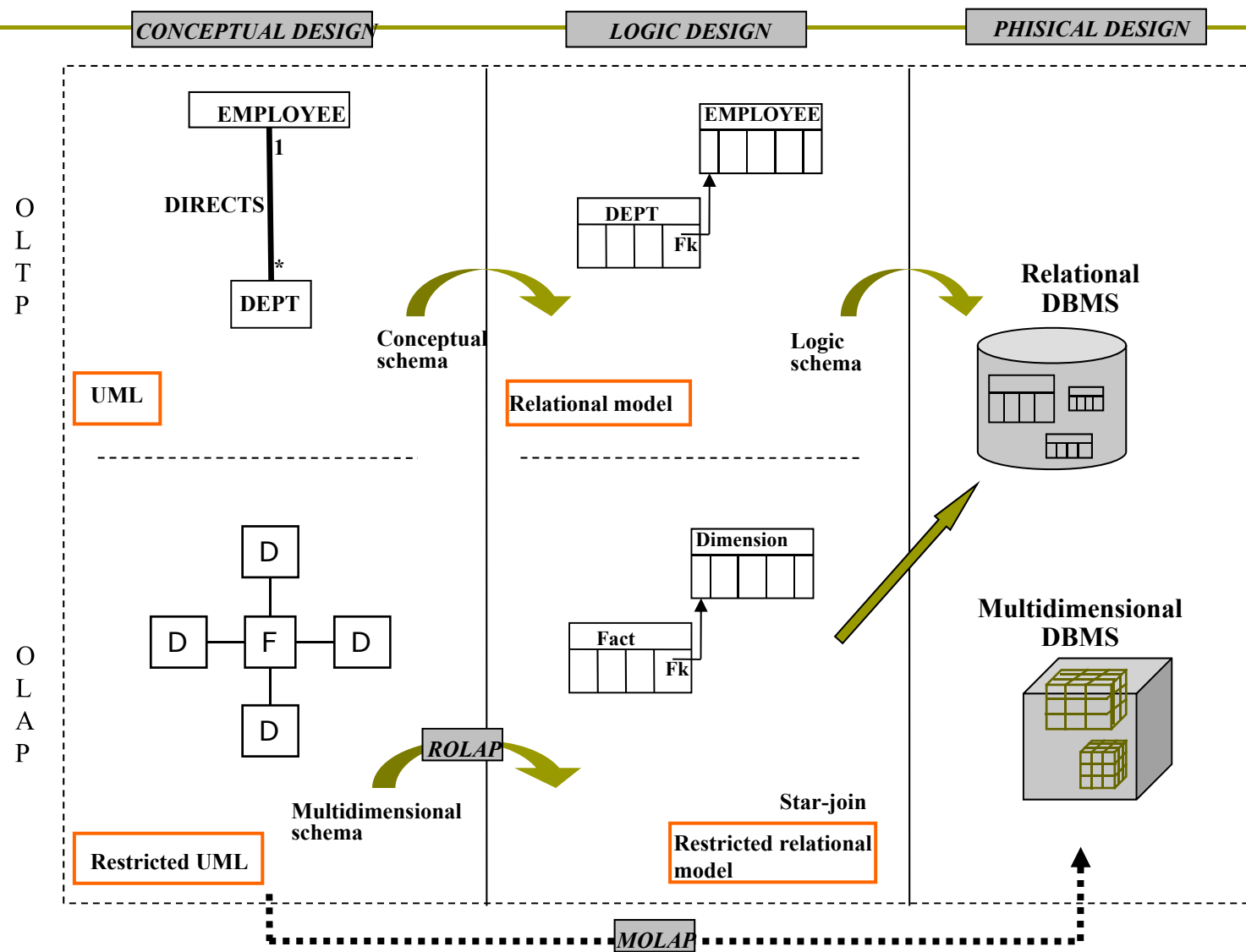
ROLAP: Cube-Query

```
SELECT d1.attr, ..., dn.attr, F(f.Measure1), ...  
FROM Fact f, Dimension1 d1, ..., Dimensionn dn  
WHERE f.key1 = d1.ID AND ... AND f.keyn = dn.ID  
GROUP BY d1.attr, ..., dn.attr  
ORDER BY d1.attr, ..., dn.attr
```

ROLAP: Results table

Hospital	Month	Average Cost
Duran i Reinalts	January'06	3300
Duran i Reinalts	February'06	4500
Duran i Reinalts
Duran i Reinalts	All	4300
Bellvitge	January'06	180
Bellvitge	February'06	300
Bellvitge
Bellvitge	All	200

Comparison of design steps



Reasons for ROLAP

- ❑ Integrates existing technology
- ❑ Does not show scalability problems
- ❑ Query tools are independent from the DBMS
- ❑ Improves efficiency by codifying and compressing
- ❑ Allows using parallelism
- ❑ MOLAP does not allow ad-hoc queries
- ❑ MOLAP makes data actualization difficult

Reasons for MOLAP

- ❑ Matrixes are really efficient
- ❑ Relational tables are unnatural
- ❑ Multidimensionality and SQL do not fit each other
- ❑ ROLAP gains efficiency with MOLAP techniques

HOLAP

- a) Store dense chunks in MOLAP and sparse chunks in ROLAP
- b) Store atomic data in ROLAP and aggregates in MOLAP
- c) Store frequently accessed data in MOLAP and the remaining data in ROLAP

CLOSING

Summary

- ❑ OLAP definition
- ❑ Cube
- ❑ Multidimensional schemas
 - Star
 - Snowflake
 - Galaxy or Constellation
- ❑ Kinds of multidimensional tools
 - ROLAP
 - MOLAP
 - HOLAP
- ❑ Star-join schema
- ❑ Cube-Query

Bibliography

- ❑ E. F. Codd, S. B. Codd and C. T. Salley. *Providing OLAP to user-analysts: An IT mandate*. Technical report, E. F. Codd & Associates, 1993
- ❑ R. Kimball, L. Reeves, M. Ross and W. Thornthwaite. *The Data Warehouse lifecycle toolkit*. John Wiley & Sons, 1998
- ❑ E. Malinowski and E. Zimányi. *Advanced Data Warehouse Design*. Springer, 2008
- ❑ A. Abelló and O. Romero. *On-Line Analytical Processing*. In *Encyclopedia of Database Systems*. Springer, 2009
- ❑ M. Golfarelli and S. Rizzi. *Data Warehouse Design*. McGraw-Hill, 2009
- ❑ BI-verdict. www.bi-verdict.com, June 2010
- ❑ A. Vaisman and E. Zimányi. *Data Warehouse Systems*. Springer, 2014