



時間序列(TimeSeries)海量資料獲取與分析處理

May 2011

譚永貽
IBM中國開發實驗室

议程

- **TimeSeries(时间序列)特性**
- 关系型数据库设计的困境
- 时间序列支持关系型数据库设计
- 时间序列(**TimeSeries**)的解决方案
- 关系型数据库**vs**时间序列数据库测试场景

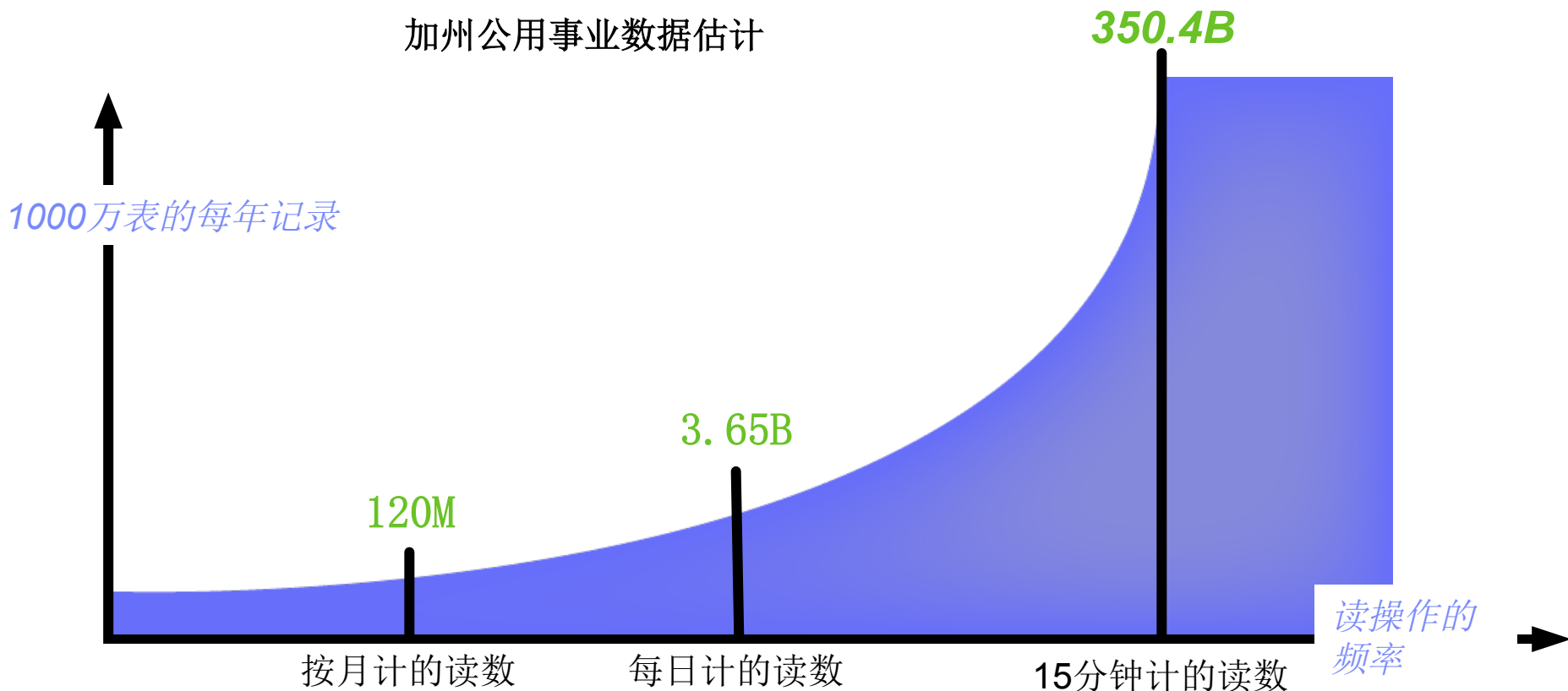
加州公用事业存储要求更新的范例

1000万智能电表工作负载:

现在-每电表每月读一次

很快-每电表每15分钟读一次

法规-需要保持3年数据(保存7年)



关系型数据库

CP_NO	Data_date	Data_type	KWH_reading	KWH
0001	2010-01-01	...	...	1.00
0001	2010-01-02	...	...	1.01
0001	2010-01-03	...	...	1.02
0001	2010-01-04	...	...	1.03
....		
0002	2010-01-01	...	...	1.10
0002	2010-01-02	...	...	1.11
0002	2010-01-03	...	...	1.12
....	2010-01-04	...	...	1.14
0003	2010-02-01	...	...	1.25
0003	2010-02-02	...	...	1.26
0003	...	...	...	...

关系模型：
 $24 * 365 * 100,000$
 $= 876,000,000$

- 100,000户每小时采集一次，累计365天
- 关系型数据表格及達 - 876,000,000行数据

时间序列数据库

每一行有 $24 * 365 = 8,760$ 个对象

CP_NO	Time Series Data 24 * 365
0001	(2010-01-01--00:00, 1.00), (2010-01-01-00:15, 1.02), (2010-01-01-01:30, 1.02),
0002	(2010-01-01--00:00, 1.00), (2010-01-01-00:15, 1.02), (2010-01-01-01:30, 1.02),
0003	(2010-01-01--00:00, 1.00), (2010-01-01-00:15, 1.02), (2010-01-01-01:30, 1.02),
0004	(2010-01-01--00:00, 1.00), (2010-01-01-00:15, 1.02), (2010-01-01-01:30, 1.02),
....	
1001	(2010-01-01--00:00, 1.10), (2010-01-01-00:15, 1.12), (2010-01-01-01:30, 1.13),
1002	(2010-01-01--00:00, 2.20), (2010-01-01-00:15, 2.22), (2010-01-01-01:30, 2.22),
1003	(2010-01-01--00:00, 3.30), (2010-01-01-00:15, 3.33), (2010-01-01-01:30, 3.33),
....	
2001	(2010-01-01--00:00, 4.10), (2010-01-01-00:15, 5.12), (2010-01-01-01:30, 5.13),
2002	(2010-01-01--00:00, 4.20), (2010-01-01-00:15, 5.22), (2010-01-01-01:30, 5.22),

时间序列：
100,000行

- 100,000户每小时采集一次，累计365天
- 时间序列数据表格只有 - 100,000行数据

时间序列数据特性分析

- 庞大数据数据
时间序列数据连续的特性

00:00, 1.1	00:15, 1.2	00:30, 1.4	00:45, 1.7	01:00, 2.1	01:15, 2.6	01:30, 3.2
00:00, kwh	00:15, kwh	00:30, kwh	00:45, kwh	01:00, kwh	01:15, kwh	01:30, kwh
00:00, kwh	00:15, kwh	00:30, kwh	00:45, kwh	01:00, kwh	01:15, kwh	01:30, kwh
00:00, kwh	00:15, kwh	00:30, kwh	00:45, kwh	01:00, kwh	01:15, kwh	01:30, kwh

- 对时间采用偏移值方式，同账户数据之间的演算

	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
00:00, 1.1	00:15, 1.2	00:30, 1.4	00:45, 1.7	01:00, 2.1	01:15, 2.6	01:30, 3.2
00:00, kwh	00:15, kwh	00:30, kwh	00:45, kwh	01:00, kwh	01:15, kwh	01:30, kwh
00:00, kwh	00:15, kwh	00:30, kwh	00:45, kwh	01:00, kwh	01:15, kwh	01:30, kwh

关系型数据库设计的困境

■ 庞大数据的困境

- 关系模型庞大的数据空间。
- 譬如 $96 * 365 * 10,000,000 = 350,400,000,000$
- 庞大数据空间 = $350,400M * 32(8+8+4+4+4+4+4) = 18,220,800M = 12T$
- 庞大索引空间 = 百分之十 = 1.2T

Cp_no	Org_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Kwh
8 BYTE	8 BYTE	4 BYTE	4BYTE	4BYTE	4 BYTE	4 BYTE

■ 分析效能的困境

- 关系模型的响应时间与表的大小成比例增长。
- 关系模型的分析的响应时间太长导致分析无用。
- 关系型数据库处理庞大数据必须额外生成相关表格。
- 譬如电能表生成电能消耗表以计算电能消耗

关系型数据库设计的困境II

■ 关系型数据库原理的困境

- 关系模型依其原系不得不浪费空间。
- 数据页耗费大量的储存空间
- 重复的数据读取耗费不必要的I/O资源

Cp_no	Org_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Kwh
浪费	浪费	浪费	浪费	浪费	有效	有效

■ 关系型数据库数据离散的特性

- 关系型数据库数据离散,数据库必须以索引搜寻
- 庞大的索引页的加载耗费大量的内存空间與I/O资源
- 离散的数据页使数据库加载不连续的数据页耗费-**耗费磁盘搜寻**
- 不连续的耗费磁盘搜寻导致-**分析的响应时间太长**

关系型数据库-1NF不得不重复的储存-浪费空间

ROWID	Cp_no	Org_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Kwh
Rowid 001	8 BYTE	8 BYTE	4 BYTE	4BYTE	4BYTE	4 BYTE	4 BYTE
Rowid 002	8 BYTE	8 BYTE	4 BYTE	4BYTE	4BYTE	4 BYTE	4 BYTE
Rowid 003	8 BYTE	8 BYTE	4 BYTE	4BYTE	4BYTE	4 BYTE	4 BYTE
Rowid 004	8 BYTE	8 BYTE	4 BYTE	4BYTE	4BYTE	4 BYTE	4 BYTE
Rowid 005	8 BYTE	8 BYTE	4 BYTE	4BYTE	4BYTE	4 BYTE	4 BYTE
Rowid 006	8 BYTE	8 BYTE	4 BYTE	4BYTE	4BYTE	4 BYTE	4 BYTE

1nf form

不得不重复的储存

- There's no top-to-bottom ordering to the rows. (无上下之排序之分)
- There's no left-to-right ordering to the columns. (无左右之排序之分)
- There are no duplicate rows. (无任意两行是相同的)
- Chris Date, "What First Normal Form Really Means", pp. 127–8[4]

关系模型架构1的数据页设计

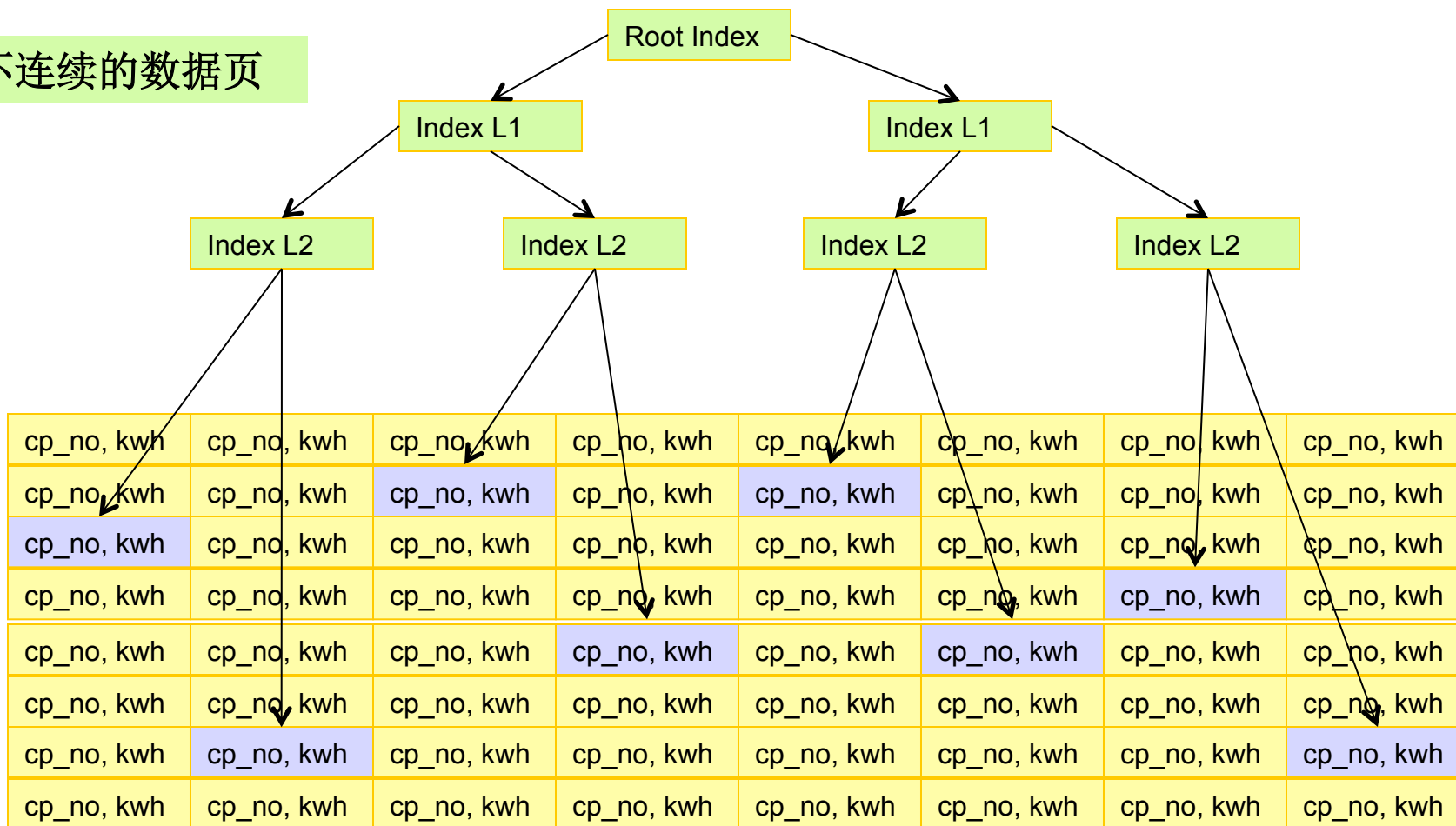
重复的信息浪费了空间

页头							
cp_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Org_no	Kwh_read	Kwh
cp_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Org_no	Kwh_read	Kwh
cp_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Org_no	Kwh_read	Kwh
cp_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Org_no	Kwh_read	Kwh
cp_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Org_no	Kwh_read	Kwh
cp_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Org_no	Kwh_read	Kwh
cp_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Org_no	Kwh_read	Kwh
cp_no	Data_date	Data_type	Fee_flag	Get_date	Org_no	Kwh_read	Kwh
页尾的偏移							

- 一个数据页里包含很多重复的信息（例如cp_no、org_no）
- 一个数据页只包含少量的目标数据项（例如kwh）

关系型数据库数据离散的特性

不连续的数据页



离散的数据页使数据库读入不连续的数据页-耗费磁盘搜寻

电表数据采集分析数据库选择

■ 关系型数据库(Oracle, DB2, MSSQL)

- 关系型数据库数据依序加载离散,数据库必须以索引搜寻
- 离散的数据页使数据库加载不连续的数据页耗费
- **SQL查询响应时间与表的大小成增长比例**

■ 时间序列数据库(TimeSeries)工具

- 时间序列数据连续的特性,同账户资料连续,易取易存
- 对时间采用偏移值方式,提高同账户数据之间的演算
- 分离表头数据与时间序列数据降低数据库表格的空间
- 关系型数据库引擎+时间序列数据库引擎
- 双引擎数据库互补共存,满足客户多样性的需求。

议程

- 智能电表管理的业务基本需求
- 智能电表数据特性分析,业务进阶分析需求
 - 中国国家电网2011需求-实时用电分析
 - 智能电表业务进阶分析需求
- 智能电表资料TimeSeries(时间序列)特性
- 关系型数据库设计的困境
- 时间序列支持关系型数据库设计
- 时间序列(TimeSeries)的解决方案
- 关系型数据库vs时间序列数据库测试场景

- 智能电表管理时间序列(TimeSeries)的优势分析
- 范例:峰谷分时电价-电力行业的趋势

- TimeSeries时间序列数据库是MDMS数据库辅助的工具
- 智能电表管理 挑战; 目标; 解决方案; 成就

关系型数据库vs时间序列数据库测试场景-关系型数据库

CP_NO	Data_date	Data_type	KWH_reading	KWH
0001	2010-01-01	...	...	1.00
0001	2010-01-02	...	...	1.01
0001	2010-01-03	...	...	1.02
0001	2010-01-04	...	...	1.03
....		
0002	2010-01-01	...	...	1.10
0002	2010-01-02	...	...	1.11
0002	2010-01-03	...	...	1.12
....	2010-01-04	...	...	1.14
0003	2010-02-01	...	...	1.25
0003	2010-02-02	...	...	1.26
0003	...	...	...	...

关系模型：
 $24 * 365 * 100,000$
 $= 876,000,000$

- 100,000户每小时采集一次，累计365天
- 关系型数据表格及達 - 876,000,000行数据

关系型数据库vs时间序列数据库 -时间序列数据库

每一行有 $24 * 365 = 8,760$ 个对象

CP_NO	Time Series Data 24 * 365
0001	(2010-01-01--00:00, 1.00), (2010-01-01-00:15, 1.02), (2010-01-01-01:30, 1.02),
0002	(2010-01-01--00:00, 1.00), (2010-01-01-00:15, 1.02), (2010-01-01-01:30, 1.02),
0003	(2010-01-01--00:00, 1.00), (2010-01-01-00:15, 1.02), (2010-01-01-01:30, 1.02),
0004	(2010-01-01--00:00, 1.00), (2010-01-01-00:15, 1.02), (2010-01-01-01:30, 1.02),
....	
1001	(2010-01-01--00:00, 1.10), (2010-01-01-00:15, 1.12), (2010-01-01-01:30, 1.13),
1002	(2010-01-01--00:00, 2.20), (2010-01-01-00:15, 2.22), (2010-01-01-01:30, 2.22),
1003	(2010-01-01--00:00, 3.30), (2010-01-01-00:15, 3.33), (2010-01-01-01:30, 3.33),
....	
2001	(2010-01-01--00:00, 4.10), (2010-01-01-00:15, 5.12), (2010-01-01-01:30, 5.13),
2002	(2010-01-01--00:00, 4.20), (2010-01-01-00:15, 5.22), (2010-01-01-01:30, 5.22),

时间序列：
100,000行

- 100,000户每小时采集一次，累计365天
- 时间序列数据表格只有 - 100,000行数据

关系模型vs时间序列测试场景

■ 关系模型使用的聚合函数

```
set pdqpriority 80;          /*使用并行处理 */
select cp_no,avg(kwh) from rt_dc_d_meter
  where cp_no between '2001713001' and '2001714001'
  and data_date >= '2009-07-01 00:00:00'
  and data_date <= '2009-12-31 23:00:00'
group by cp_no
```

● 时间序列模型使用的聚合函数

```
select cp_no,
  AggregateRange ('avg($kwh)', data,0,'2009-07-01
  00:00:00.00000','2009-12-31 23:00:00.00000')::onefloat
from dc_table
where cp_no between '2001713001' and '2001714001'
```


关于1个电表的比较

1个电表	关系模型	时间序列模型	百分比
1小时	0.140	0.087	62.14%
1天	3.649	0.094	2.58%
7天	4.452	0.084	1.89%
1个月	4.145	0.096	2.32%
2个月	8.703	0.112	1.29%
6个月	16.085	0.086	0.53%
12个月	18.231	0.082	0.45%

- 关系模型需要查找8760行：24 * 365
- 时间序列模型只需要查找1行

关于100个电表的比较

100个电表	关系模型	时间序列模型	百分比
1小时	0.294	0.412	140.14%
1天	8.755	0.557	6.36%
7天	9.188	0.587	6.39%
1个月	8.919	0.826	9.26%
2个月	12.504	0.986	7.89%
6个月	32.252	1.113	3.45%
12个月	52.549	1.372	2.61%

- 关系模型需要查找876000行： $24 * 365 * 100$
- 时间序列只需要查找100行

关于1000个电表的比较

1000个电表	关系模型	时间序列模型	百分比
1小时	0.090	3.147	3496.67%
1天	49.274	4.755	9.65%
7天	54.848	5.179	9.44%
1个月	56.113	7.282	12.98%
2个月	87.729	8.786	10.01%
6个月	175.682	9.734	5.54%
12个月	357.228	11.840	3.31%

- 关系模型需要查找8,760,000行： $24 * 365 * 1000$
- 时间序列模型只需要查找1000行

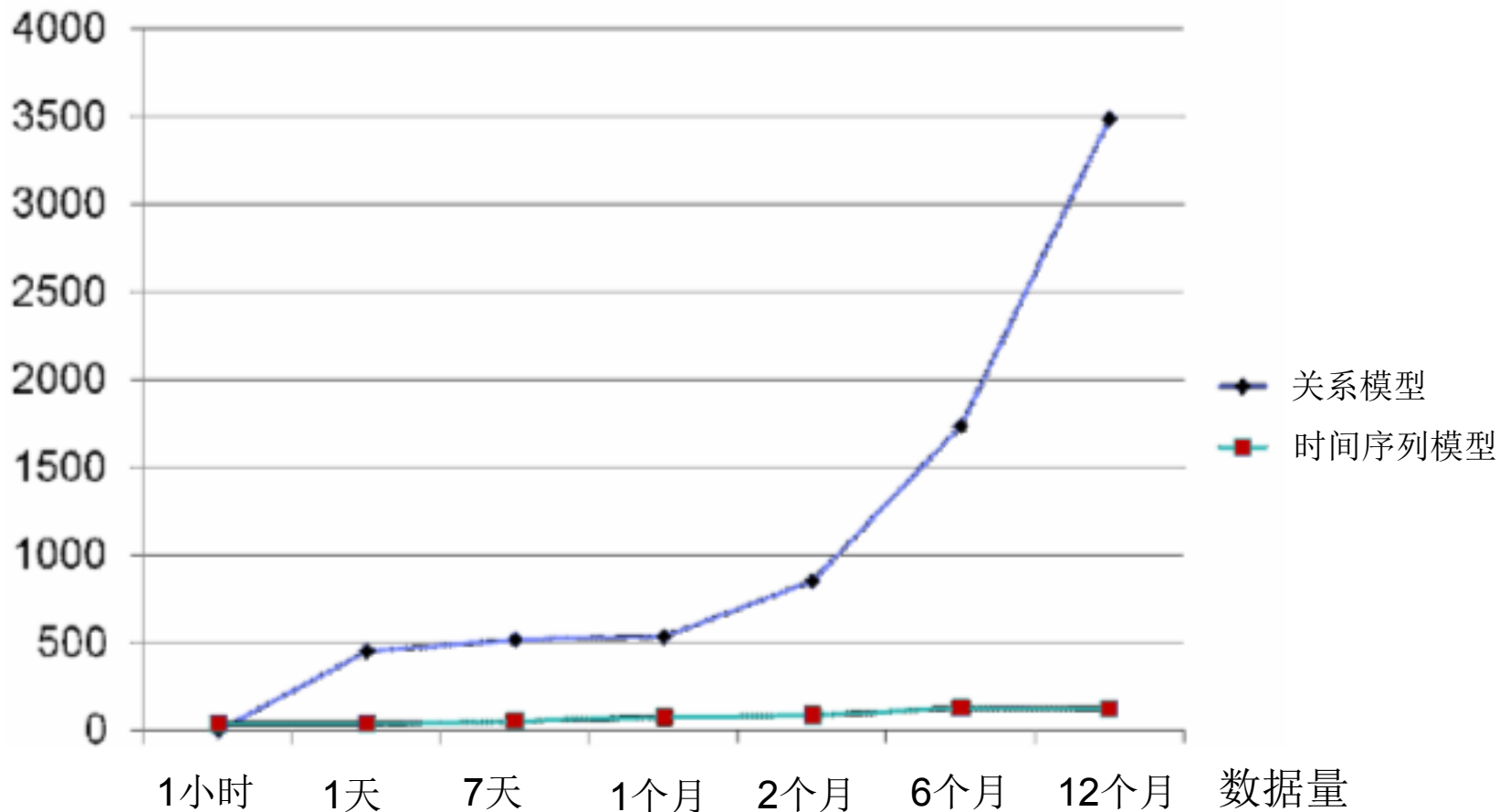
关于10000个电表的比较

10000个电表	关系模型	时间序列模型	百分比
1小时	0.491	36.622	7458.66%
1天	453.295	37.115	8.19%
7天	519.494	52.707	10.15%
1个月	536.028	76.161	14.21%
2个月	852.244	79.43	9.32%
6个月	1735.238	127.071	7.32%
12个月	3484.112	118.851	3.41%

- 关系模型需要查找87,600,000行： $24 * 365 * 10000$
- 时间序列只需要查找10000行
- 关系模型用了**58分钟 (3484秒)**才得到结果
- 时间序列模型只用了**2分钟!!!**

关于10000个电表的运行时间的比较

运行时间（秒）



议程

- 智能电表管理的业务基本需求
- 智能电表数据特性分析,业务进阶分析需求
 - 中国国家电网2011需求-实时用电分析
 - 智能电表业务进阶分析需求
- 智能电表资料TimeSeries(时间序列)特性
- 关系型数据库设计的困境
- 时间序列支持关系型数据库设计
- 时间序列(TimeSeries)的解决方案
- 关系型数据库vs时间序列数据库测试场景

- 智能电表管理时间序列(TimeSeries)的优势分析
- 范例:峰谷分时电价-电力行业的趋势

- TimeSeries时间序列数据库是MDMS数据库辅助的工具
- 智能电表管理 挑战; 目标; 解决方案; 成就

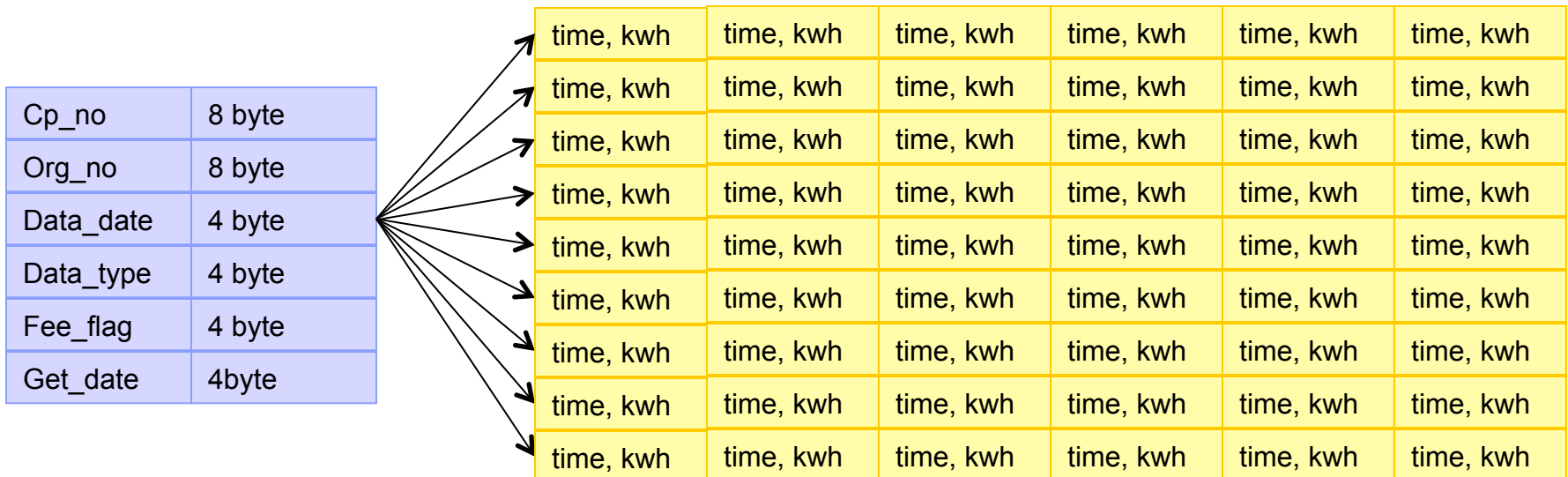
智能电表管理时间序列(TimeSeries)的解决方案

- **时间序列(TimeSeries)的特性**
 - 有效处理庞大数据-只需关系型数据库的**25%**
 - 资料连续的特性-实时的海量资料分析
 - 对时间采用偏移值方式，提高更有效的索引算法。
- **时间序列(TimeSeries)的优势**
 - 海量用电信息的实时分析
 - 实时（**1小时或15分钟前**）的用电负荷、
 - 实时电能质量分析
 - 实时客户的用电行分析
 - 实时优质客户服务

时间序列 (TimeSeries) 的解决方案

■ 有效处理庞大数据

- 对重复的部分, **TimeSeries**只保持一份数据
- 节省空间**50%**, 有效降低I/O
- 主键索引更有效
- 时间序列表头分离的特性不浪费空间;关系模型**12.4T**降低至**2.8T**



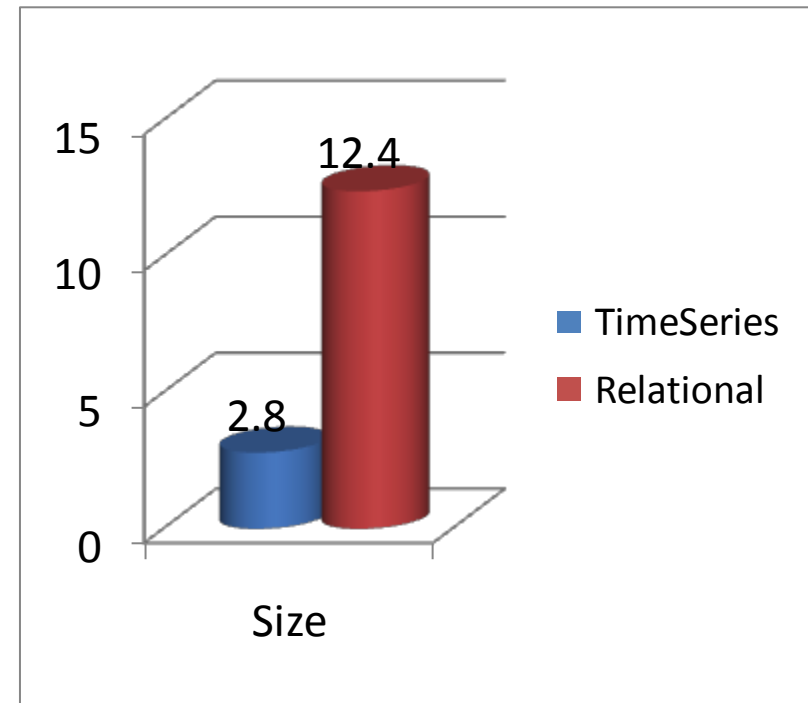
时间序列(TimeSeries)的解决方案

数据规模需求

采集/储存规模 $96 * 365 * 10,000,000 = 350,400,000,000$

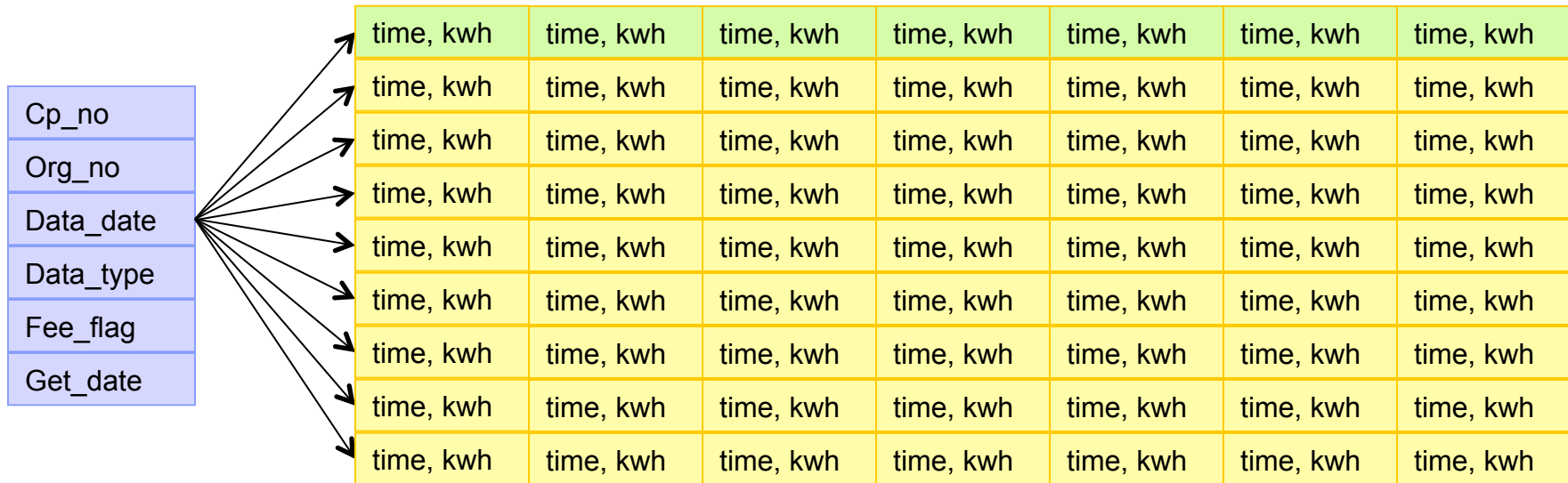
- 时间序列 TimeSeries
- 数据空间 = $350G * 8 = 2.8T$
- 表头空间 = $10M * 32 = 320M$

- 关系型 Relational
- 数据空间 = $350G * 32 = 11.2T$
- 索引空间 = 1.2T (估计)



时间序列 (TimeSeries) 的解决方案-数据连续的特性

- 时间序列数据连续的特性
 - 时间序列表头分离的特性不浪费空间
 - 时间序列连续的特性-降低磁盘搜寻降低I/O资源的要求



Informix 11.7 RDBMS+时间序列数据库成就实时分析

SQL

JDBC

C-API

时间序列+MDMS双引擎数据库

关系型
引擎时间序列
引擎

数据库磁盘

- 时间序列+MDMS双引擎数据库
- 时间序列引擎突破了当前关系型数据库“海量电表数据收集”的瓶颈
- Informix数据库里关系型与时间序列(TimeSeries)型互补共存，满足客户多样性的需求。

智能电表管理(Advanced Meter Management)

- 挑战:时间序列(TimeSeries)形式的海量数据
- 困境:关系型数据库不能满足实时分析的需求
- 目标:实时分析

- 解决方案:
 - 独立的时间序列数据库(**TimeSeries Database**)

- 成就:
 - 成就实时分析海量资料的可行性
 - 改变行业的思考方式;创造真正的智能管理 系统

Thank
YOU

Informix虚拟处理器与共享内存

