

# データ収集システムの概論

長坂康史  
nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp  
広島工業大学  
情報学部 情報工学科

## 4日目 データ収集システム入門 1

1. データ収集システムの概論 (120 min. - 10:00-12:00)
  - 達成目標: データ収集システムソフトウェアとは何か、また、実験における役割 やその重要性を知り、システムの選択ができるようになる。
  - 内容: データ収集システム、特にソフトウェアを中心にその概要を説明する。
2. データ収集システムの実際 (45 min. - 13:00-13:45)
  - 達成目標: 実際のデータ収集システムの例を知ること、実験規模とそのシステムの関係について理解し、自らが関係するだろう実験ではどのような規模のシステム構築をする必要があるかを考えることができるようになる。
  - 内容: 実際の実験におけるデータ収集システムについて解説する。

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

2

## 4日目 データ収集システム入門 2

3. データ収集システムの開発 (90 min. - 14:00-15:30)
  - 達成目標: データ収集システムを利用するだけでなくシステム開発の道筋が理解できるようになる。
  - 内容: データ収集システムを開発するという立場で概観し、必要となる知識とその方法について説明する。
4. データ収集システムの実装 (45 min. - 15:45-16:30)
  - 達成目標: DAQ-Middlewareの概要について理解する。
  - 内容: DAQ-Middlewareの概要解説を行う。

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

3

## データ収集システムの概論

- ▶ 達成目標
  - データ収集システムソフトウェアとは何か、また、実験における役割 やその重要性を知り、システムの選択ができるようになる。
- ▶ 内容
  - データ収集システム、特にソフトウェアを中心にその概要を説明する。

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

4

## データ収集システムとは

2011.07.28

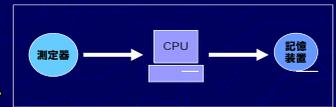
Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

5

## データ収集システムとは

- ▶ DAQ (Data Acquisition) System
  - Acquisition (収集)
    - ▶ A/D Conversion, Trigger, Event building
  - Storage (記録)
  - On-line Analysis (解析)
  - On-line Monitor (モニタ)
  - Control (制御)

### ▶ 物理学実験とデータ収集システム



2011.07.28

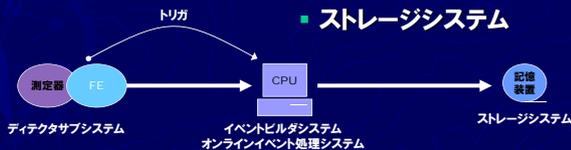
Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

6

## データ収集システム概要

### ▶ データ収集システムの構成要素

- フロントエンドシステム
- イベントトリガシステム
- デテクタサブシステム
- イベントビルダシステム
- オンラインイベント処理システム
- ストレージシステム



2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

7

## イベントトリガシステム1

### ▶ トリガレベル

- レベル1
  - ▶ いくつかのデテクタからの情報よりトリガ生成
    - ハードウェア(デジタル回路)での処理
- レベル2
  - ▶ いくつかのデテクタからの情報よりトリガ生成
    - ソフトウェアでの処理
- レベル3
  - ▶ イベントのすべての情報よりトリガ生成
    - ソフトウェアでの処理

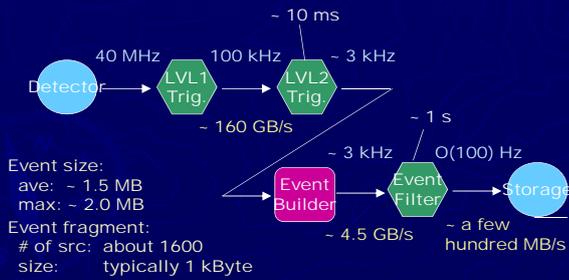
2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

8

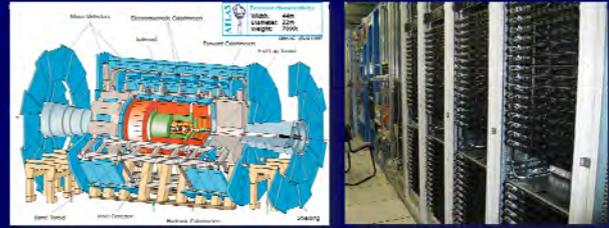
## イベントトリガシステム2

### ▶ATLAS実験の例



## データ収集システムの例1(1)

### ▶大規模システムの例 (ATLAS実験)

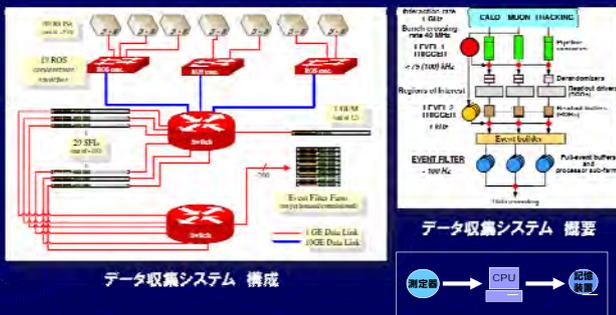


ATLAS実験測定器

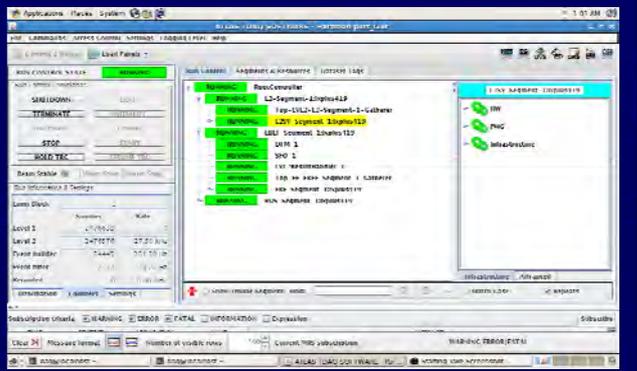
ATLAS実験データ収集システム

## データ収集システムの例1(2)

### ▶大規模システムの例 (ATLAS実験)

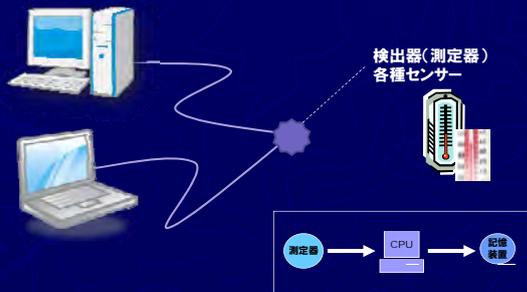


## データ収集システムの例1(3)



## データ収集システムの例2

### ▶ 小規模システムの例



2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

13

## データ収集システムの規模

### ▶ 規模決定パラメータ

- 検出器の規模
  - ▶ 読みだしデータ数(読み出しチャンネル数)
- トリガ(イベント)レート (イベント発生頻度)
- 総イベントサイズ
  - ▶ イベントフラグメントサイズ

### ▶ 実験の要求に見合うものを選択(開発)

- 効率良くデータを収集のために

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

14

## データ収集システムの歴史

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

15

## データ収集システムの歴史

- ▶ 1970年代
  - Single Detector - Single CPU システム
- ▶ 1980年代
  - Multi Detector - Single CPU システム
- ▶ 1990年代
  - Multi Detector - Multi CPU システム

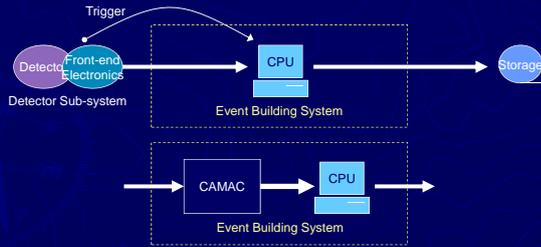
2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

16

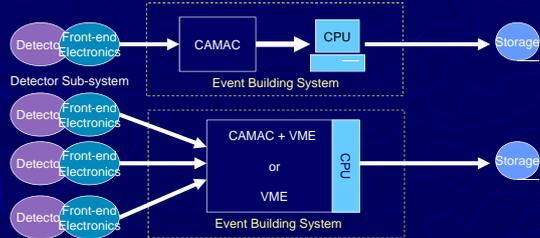
### データ収集システムの歴史1

- ▶ Single Detector - Single CPU システム
  - 例: Detector - CAMAC - CPU - Storage



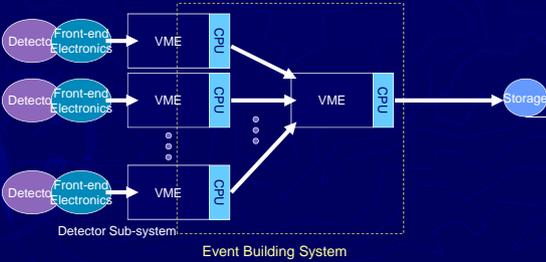
### データ収集システムの歴史2

- ▶ Multi Detector - Single CPU システム
  - 例: Detectors - CAMAC/Fastbus/VME - CPU - Storage



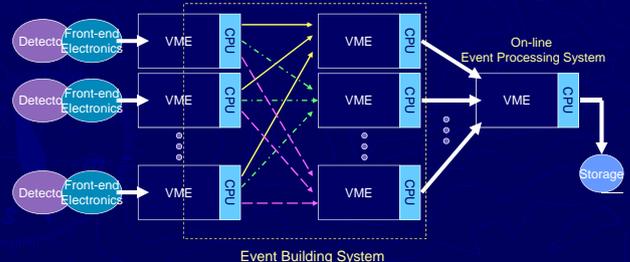
### データ収集システムの歴史3

- ▶ Multi Detector - Multi CPU システム1
  - 例: Detectors - CAMACs/Fastbuses/VMEs - CPUs - Storage



### データ収集システムの歴史4

- ▶ Multi Detector - Multi CPU システム2
  - Detectors - CAMACs/Fastbuses/VMEs - CPUs - Storage



# データ収集システムの現在

2011.07.28 © Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp 21

## データ収集システムの問題点

- ▶ Multi Detector (Crate) - Multi CPU
- ▶ **バス型システム**
  - バスがボトルネック
  - 多量なI/Fが必要
  - 煩雑なコネクション

2011.07.28 © Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp 22

## データ収集システムの現在

- ▶ **スイッチ型システム**
  - 煩雑性・I/Fの数 → **スイッチ・ボトルネック(?)**

Event Building System

2011.07.28 © Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp 23

## スイッチ型システム

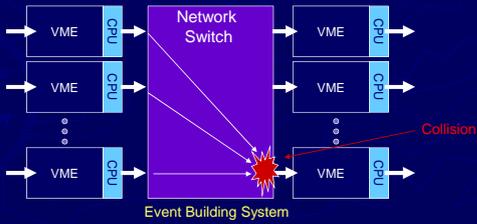
- ▶ **スイッチ → スイッチングネットワーク**
- **カスタムメイド・スイッチを利用(非標準)**
  - ▶ BELLE(初期DAQ)
- **汎用スイッチング・ネットワークを利用(標準)**
  - ▶ PHENIX・CDF II・ATLAS・CMS・...
  - ▶ **スイッチングネットワーク**
    - HIPPI(High Performance Parallel Interface)
    - FCS(Fiber Channel System)
    - ATM(Asynchronous Transfer Mode)
    - Gigabit Ethernet

2011.07.28 © Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp 24

## スイッチ型システム(2)

### ▶ スイッチングネットワークの問題点

- ▶ スイッチポトルネックの発生
- ▶ データ(イベントフラグメント)の衝突の発生



2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-iroshima.ac.jp

25

## スイッチ型システム(3)

### ▶ データの衝突問題

- 受信側(もしくは送信側)バッファの問題
- スイッチバッファの問題



- 簡単なモデルであれば「待ち行列理論」で解析が可能

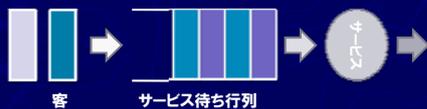
2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-iroshima.ac.jp

26

## 待ち行列システム(1)

- ▶ 客がサービス窓口に到着した時に、窓口に既に先客が居た場合、自分の順番になるまで待つからサービスを受け、立ち去るシステム



2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-iroshima.ac.jp

27

## 待ち行列システム(2)

### ▶ ネットワークでは



- パケット到着時刻
  - ▶ パケットの到着時刻はランダム
    - 到着(生起)確率分布はポアソン分布と仮定
    - ▶ 到着時間間隔は指数分布となる
- パケット処理時間
  - ▶ パケットの大きさに依存
    - 処理時間は指数分布と仮定

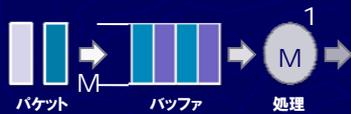
2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-iroshima.ac.jp

28

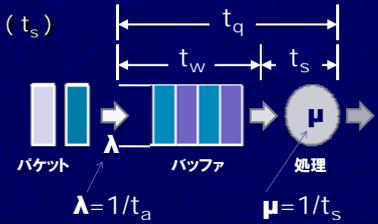
### 待ち行列システム(3)

- ▶ 待ち行列へのパケット生起確率分布
  - ポアソン分布 到着分布 ⇒ M
    - ▶ 到着時刻間隔は指数分布
- ▶ パケット処理時間分布
  - 指数分布 サービス分布 ⇒ M
- ▶ 待ち行列理論
  - M/M/1 システム
    - ▶ 処理は 1 つ



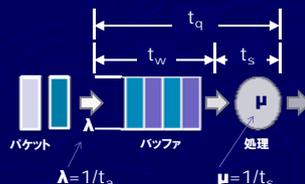
### 待ち行列理論(1)

- ▶ パケット到着時間間隔 ( $t_a$ )
- ▶ 平均パケット到着率 ( $\lambda$ )
- ▶ 平均待ち時間 ( $t_w$ )
- ▶ 平均サービス時間間隔 ( $t_s$ )
- ▶ 平均サービス量 ( $\mu$ )
- ▶ 平均応答時間 ( $t_q$ )
  - $t_q = t_w + t_s$
- ▶ 利用率 ( $\rho$ )
  - $\rho = \lambda / \mu$



### 待ち行列理論(2)

- ▶ 平均待ち時間 ( $W_q$ )
  - $W_q = t_w = \rho / (1-\rho) * t_s$
- ▶ 平均応答時間 ( $W$ )
  - $W = t_q = t_w + t_s = 1 / (1-\rho) * t_s$
- ▶ 平均待ち数 ( $L_q$ )
  - $L_q = \lambda W_q = \rho^2 / (1-\rho)$
- ▶ 平均系内待ち数 ( $L$ )
  - $L = \lambda W = \rho / (1-\rho)$



### スイッチ型システム(4)

- ▶ 解決策
  - 送信時にデータの流をコントロール
    - ▶ データシャップリング(データ送信時)手法の活用
      - 確率的にOK
    - ▶ QoS(Quality of Service)の活用
  - グローバル・トラフィック・コントロールの利用
  - デスティネーションからのデータ要求(プル型)
- ▶ プッシュ型システム特有の問題

## プッシュ型とプル型

### ▶ プッシュ型データフロー

- データの送信タイミングは送信側が決定
  - ▶ 送信側はデータの準備が出来次第、データを送信
  - ▶ 受信側の混雑具合は考慮せず

### ▶ プル型データフロー

- 受信側が自分のCPUの空き具合を考え、欲しい時にデータ送信の要求を送信

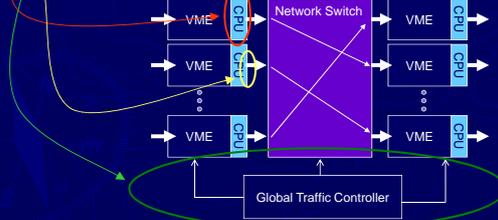
2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-iroshima.ac.jp

33

## プッシュ型システム

- ▶ Traffic Shaping
- ▶ Global Traffic Control
- ▶ QoS Control



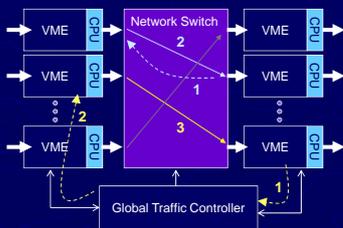
2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-iroshima.ac.jp

34

## プル型システム

- ▶ Direct on-demand Type
- ▶ Controller on-demand Type

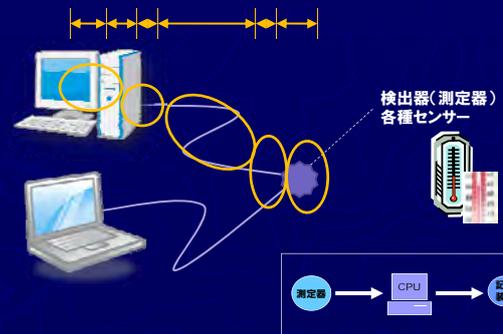


2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-iroshima.ac.jp

35

## DAQシステムの基本



2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-iroshima.ac.jp

36

## 最近の話題

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

37

## 最近の話題1

- ▶ **スイッチングネットワーク**
  - Network Technology: Gigabit Ethernet
  - TCP/IP v.s. Native Protocol
  - Network Programming
- ▶ **オブジェクト指向**
  - C++言語
  - Java言語 - GUI
  - スクリプト言語 - Configuration

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

38

## 最近の話題から2

- ▶ **DBMS**
  - オブジェクト指向型データベースシステム
  - リレーショナルデータベースシステム
- ▶ **OS**
  - 商用UNIX
  - Linux-based OS
    - ▶ RedHat
    - ▶ CentOS
    - ▶ Scientific Linux
    - ▶ Ubuntu
  - RealTime OS

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

39

## データ収集システムの今後

- ▶ **ハードウェアとソフトウェアの融合**
  - FPGA などのプログラマブルデバイスの利用拡大
- ▶ **データの分散化**
  - 記録装置の並列化
- ▶ **汎用・標準システムの利用**
  - 商用PC・商用ソフト・商用ドライバ・ ...
- ▶ **高速バスシステムの利用**
  - VME → CompactPCI → ???

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

40

# DAQシステムの構築

2011.07.28 Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp 41

## DAQシステムの構築1

▶ ソフトウェアで実現する機能

- 実験データ通信機能 (実験データ制御機能)
- 制御データ通信機能
- 状態管理機能
- 実験データ読出し機能
- 実験データ保存機能
- データモニタ機能
- システムモニタ機能
- オンライン解析機能
- システム制御機能 (ランコントロール機能)
- メッセージ・ログ管理機能
- システム設定機能
- ユーザーインターフェイス機能

2011.07.28 Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp 42

## DAQシステムの構築2

▶ 既存のものの再利用

- グループ(自分)が開発したもの
- 共通フレームワークとして公開されているもの
  - ▶ DAQ Middleware

▶ 機能の重要度と優先度

- 重要な共通機能を持ったソフトウェアを設計
- それをもとに各機能に対応するプログラムを設計
- 重要度と優先度に従った開発

2011.07.28 Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp 43

## DAQシステムの構築3

▶ より効率良く収集可能なシステムの構築

- どの位置にどのくらいのバッファを配置するか
- どの位置でどのくらいのフラグメントしてまとめるか

Event Building System

2011.07.28 Data Acquisition System Overview - nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp 44

## まとめ

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@oc.it-iroshima.ac.jp

45

## まとめ

- ▶ データ収集システムの概要
  - データ収集システム = 収集・記録・解析・モニタ・制御で構成
    - ▶ 収集: A/D 変換・トリガー・イベントビルディングなど
- ▶ データ収集システムのタイプ
  - Single Detector - Single CPU
  - Multi Detector - Single CPU
  - Multi Detector - Multi CPU
- ▶ データ収集システムの問題点
  - 多対一システム: データの集中
  - バス型システムからスイッチ型システムへ
  - プッシュ型システムとプル型システム
- ▶ 最近の話題
- ▶ DAQシステムの構築で考えたいこと

2011.07.28

Data Acquisition System Overview - nagasaka@oc.it-iroshima.ac.jp

46