

2009年 後学期

計算機アーキテクチャ 第二 (O)

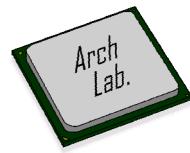


10. コンピュータシステム

1



SimMips: 教育・研究に有用な Linuxが動く5000行のMIPSシステムシミュレータ



○藤枝 直輝(東工大)
渡邊 伸平(東工大)
吉瀬 謙二(東工大)

ComSys2008 2008/11/13

Agenda

3

- ◆ 開発の背景
- ◆ SimMipsの概要
- ◆ デモンストレーション
- ◆ SimMipsの実装
- ◆ 評価 - シミュレーション時間 -
- ◆ 応用例 - メニーコアシミュレータへの組込み -
- ◆ まとめ

ComSys2008 2008/11/13

開発の背景

4

- ◆ コンピュータシステムの複雑化
 - ▶ システムシミュレータも同様
 - ▶ シンプルで扱いやすいシステムシミュレータへの要求
- ◆ プロセッサの高速化
 - ▶ コードをシンプルに保つつ現実的な速度でシミュレーションが可能
 - ↓
- ◆ シンプルさと可読性を重視した MIPSシステムシミュレータ SimMips

ComSys2008 2008/11/13

SimMipsの概要

5

- ◆ 命令セット: MIPS32 R2のサブセット
 - ▶ 実装命令数は約100種
(浮動小数点命令を除く(ほぼ全て))
- ◆ コード量: 4,422行(v0.5.0)
 - ▶ コメント, 空行を含む
- ◆ 主要部分(~v0.4.0)の開発期間: 約2ヶ月半
 - ▶ 開発は学生2名
 - ▶ 休日などを含む

```

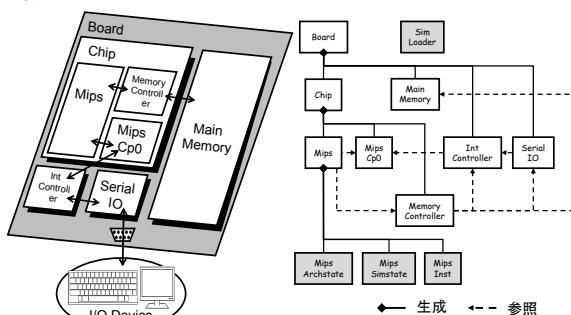
744 define.h
21 main.cc
622 board.cc
297 memory.cc
227 simloader.cc
899 mips.cc
767 mipsinst.cc
309 cp0.cc
536 device.cc
4422 total

```

ComSys2008 2008/11/13

SimMipsのモデル(v0.5.0)

6



The diagram illustrates the SimMips model architecture. It shows a central **Board** containing a **Chip** which includes **Mips** and **Mips_Cp0** units. The **Board** also contains a **Main Memory**, a **Memory Controller**, an **Int Controller**, and a **Serial IO**. External components include a **Sim Loader**, a **I/O Device** (represented by a computer monitor and keyboard), and three separate boxes labeled **Mips ArchState**, **Mips Simstate**, and **Mips Inst**. Solid arrows indicate active connections between components, while dashed arrows indicate generated or referenced connections.

ComSys2008 2008/11/13

SimMipsの2つのモード

7

◆Appモード (Applicationモード)

- ▶ 静的リンクされたユーザプログラムを実行
 - ▶ プロセッサシミュレータとしての利用
- ### ◆OSモード
- ▶ OSカーネルを動作させるモード
 - ▶ あらかじめカーネルやRAMディスクがロードされた状態を想定
 - ▶ システムシミュレータとしての利用

ComSys2008 2008/11/13

Demonstration

8

◆Appモードのデモ(2種類)

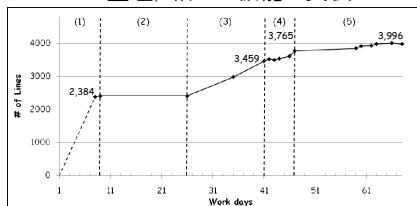
◆OSモードのデモ

ComSys2008 2008/11/13

開発の段階

9

1. 計算コア部分(Appモード)の実装
2. 制御コア(CPO)の機能について調査
3. CPO, 割り込み, シリアル(OSモード)の実装
4. デバッグと検証
5. コードの整理, 細かい機能の実装

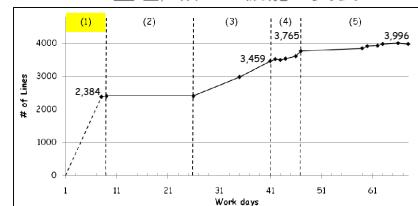


ComSys2008 2008/11/13

開発の段階

10

1. 計算コア部分(Appモード)の実装
2. 制御コア(CPO)の機能について調査
3. CPO, 割り込み, シリアル(OSモード)の実装
4. デバッグと検証
5. コードの整理, 細かい機能の実装



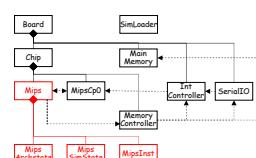
ComSys2008 2008/11/13

Mipsクラス

11

◆MIPSの計算コア部分

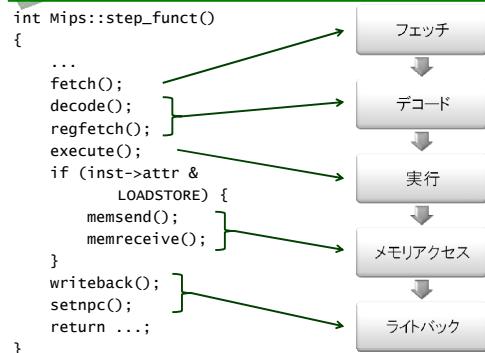
- ### ◆可読性のため、ハードウェアにはないクラスを追加
- ▶ レジスタファイルなどはMipsArchstateクラス
 - ▶ 統計情報(命令ミックスなど)はMipsSimstateクラス
 - ▶ 命令情報(デコード結果など)はMipsInstクラス



ComSys2008 2008/11/13

プロセッサのステージを意識した構成

12



ComSys2008 2008/11/13

ブエッヂ, デコード

13

```
inline void Mips::fetch()
{
    ...
    mcid = mc->enqueue(addr, 4, NULL);
    ...
}

inline void Mips::decode()
{
    ...
    inst->ir = mc->inst[mcid].data032;
    inst->decode();
    ...
}

addu rd,rs,rt
    opcode      funct
    0 rs rt rd 0 33
31 26 25 21 20 16 15 11 10 6 5 0

```

ComSys2008 2008/11/13

レジスタフェッチ, 実行, ライトバック

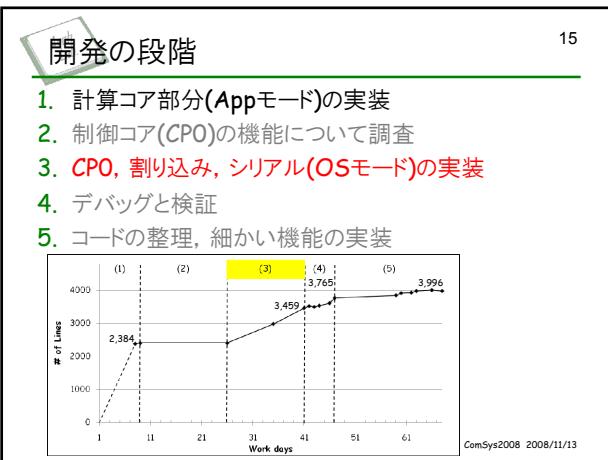
14

```
inline void Mips::regfetch()
{
    ...
    if (inst->attr & READ_RS)
        rrs = as->r[inst->rs];
    if (inst->attr & READ_RT)
        rrt = as->r[inst->rt];
    ...
}

addu rd,rs,rt
    ⇔ r[rd] = r[rs] + r[rt];
    0 rs rt rd 0 33
31 26 25 21 20 16 15 11 10 6 5 0

```

ComSys2008 2008/11/13

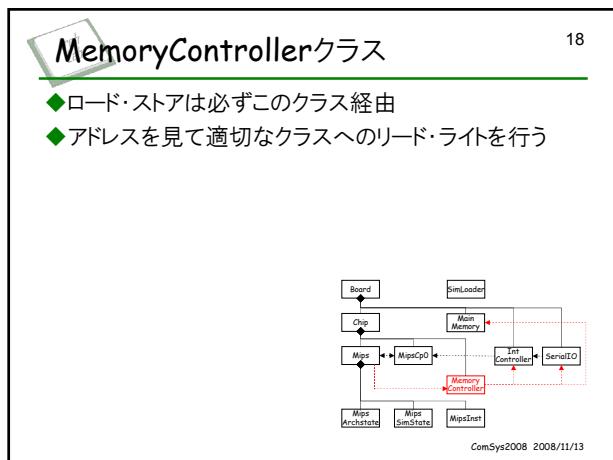
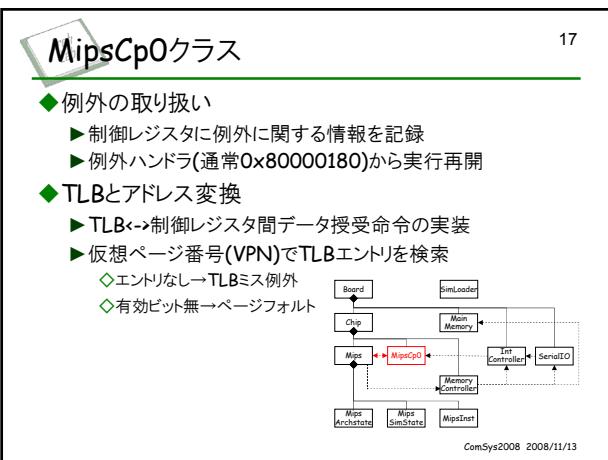


Linuxの動くシミュレータにするために

16

- ◆制御コアCPO(Coprocessor Zero)の実装
 - ▶例外
 - ▶TLB(Translation Lookaside Buffer)
 - ◇MIPSではソフトウェアによる制御
 - ▶アドレス変換
- ◆割り込みコントローラの実装
- ◆シリアル入出力の実装

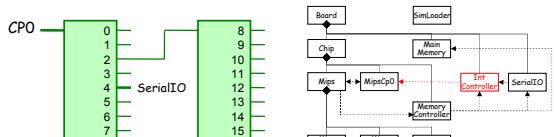
ComSys2008 2008/11/13



IhtControllerクラス

19

- ◆割り込みコントローラ
- ▶Intel 8259相当(x2)
- ▶接続デバイス(現在はSerialIOのみ)から割り込みを受け取り、CPOへ送る

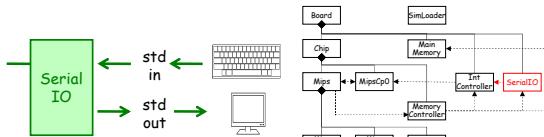


ComSys2008 2008/11/13

SerialIOクラス

20

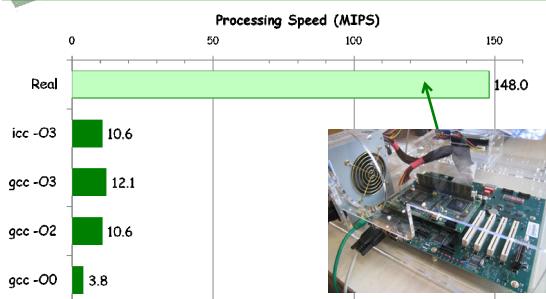
- ◆シリアル接続のI/Oコントローラ
- ▶ns 16550相当
- ▶入力はキーボード(標準入力)から受け取り、出力はコンソール(標準出力)へ



ComSys2008 2008/11/13

SimMipsのシミュレーション時間

21

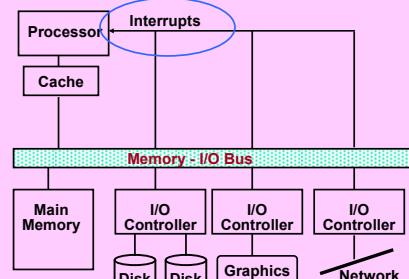


※Xeon X5365(3.0GHz), gcc 4.1.2, icc 10.1
ベンチマークはクイックソートを使用

ComSys2008 2008/11/13

I/O Systemの利用方法と割り込み

22



Communication of I/O Devices and Processor

- How the processor directs the I/O devices
 - Memory-mapped I/O**
 - Portions of the high-order memory address space are assigned to each I/O device
 - Read and writes to those memory addresses are interpreted as commands to the I/O devices
 - Load/stores to the I/O address space can only be done by the OS
 - Special I/O instructions**

Communication of I/O Devices and Processor

- How the I/O device communicates with the processor
 - Polling** – the processor periodically checks the status of an I/O device to determine its need for service
 - Processor is totally in control – but does **all** the work
 - Can waste a lot of processor time due to speed differences
 - Interrupt-driven I/O** – the I/O device issues an **interrupts to the processor to indicate that it needs attention**

SimMipsを用いたメニーコア研究

25

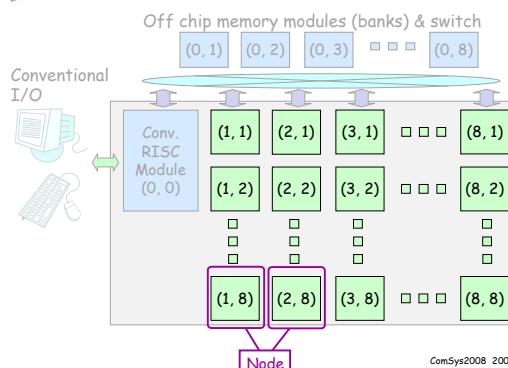
- ◆マルチコア・メニーコア
→近年の高性能汎用プロセッサのトレンド
- ◆シミュレータを短期間で構築することが重要
- ◆メニーコアアシミュレータSimMc[※]のコア部分にSimMips(のAppモード)を使用
 - ▶SimMips側への変更は行わず
 - ▶短期に、かつネットワーク部分に注力した開発が可能に

※植原ほか: シンプルで効率的なメニーコアアーキテクチャの開発,
情報処理学会研究報告 2008-ARC-180 (Oct. 2008)

ComSys2008 2008/11/13

アーキテクチャモデル

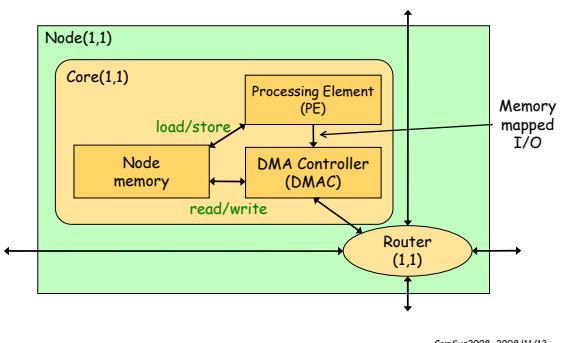
26



ComSys2008 2008/11/13

ノードの構成

27

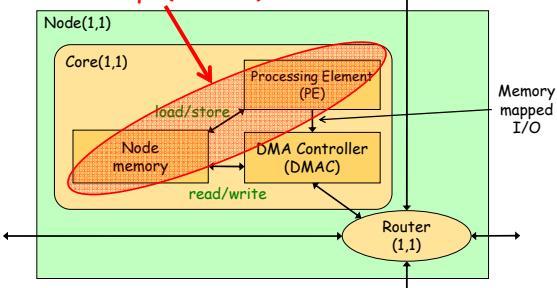


ComSys2008 2008/11/13

ノードの構成

28

SimMips(無変更)

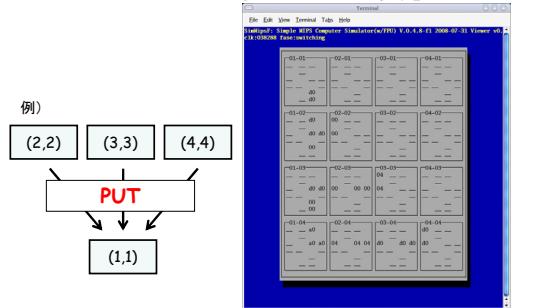


ComSys2008 2008/11/13

SimMcの可視化ツール

29

- ◆チップ内ネットワークを流れるフレットの視覚化

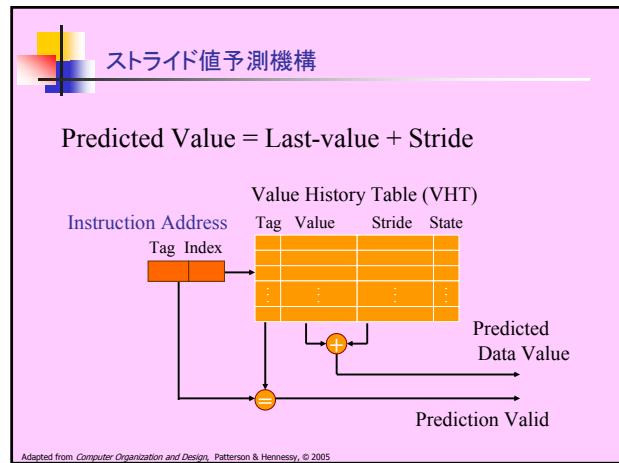
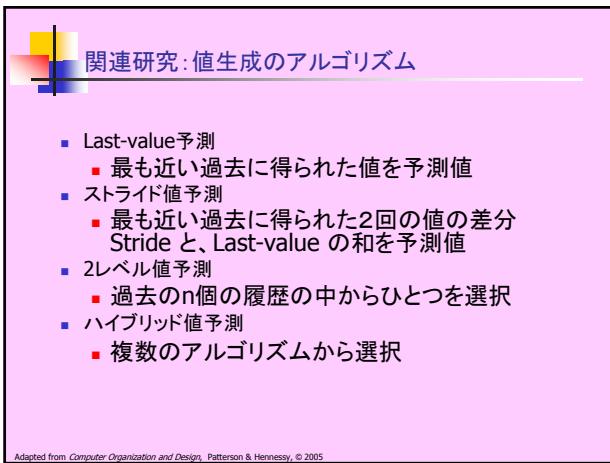
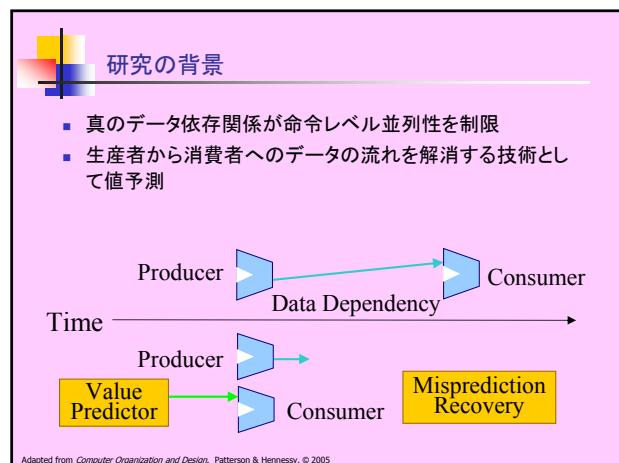
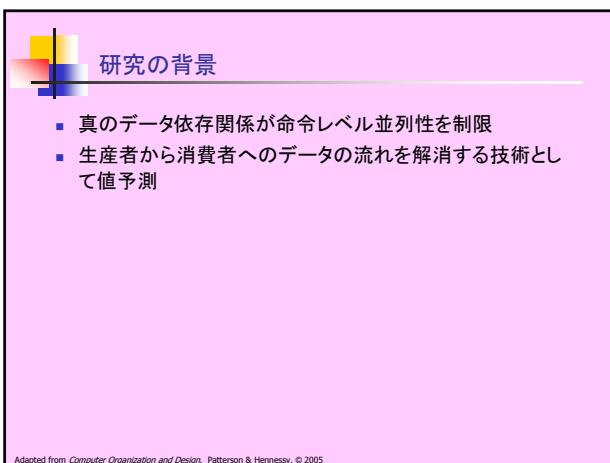
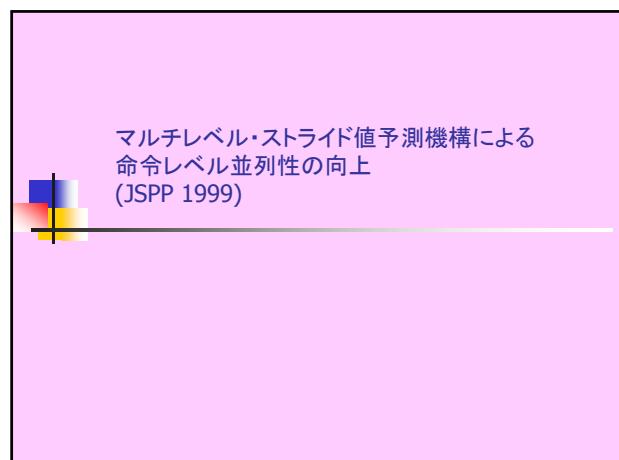
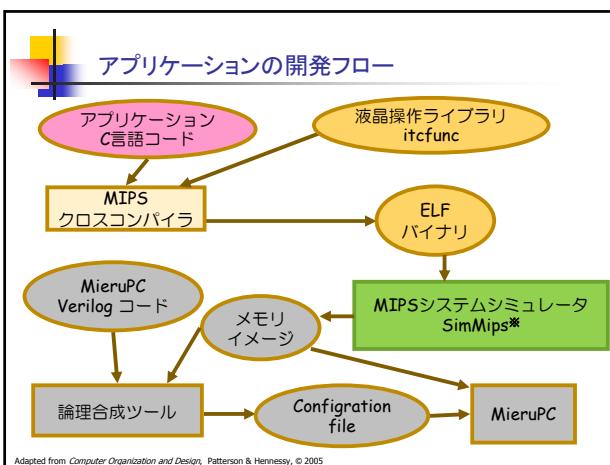


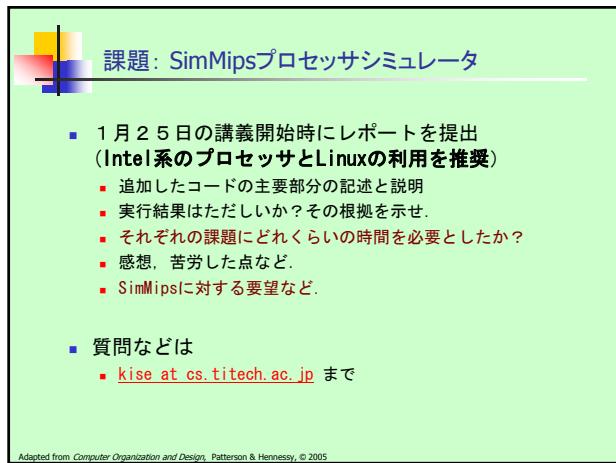
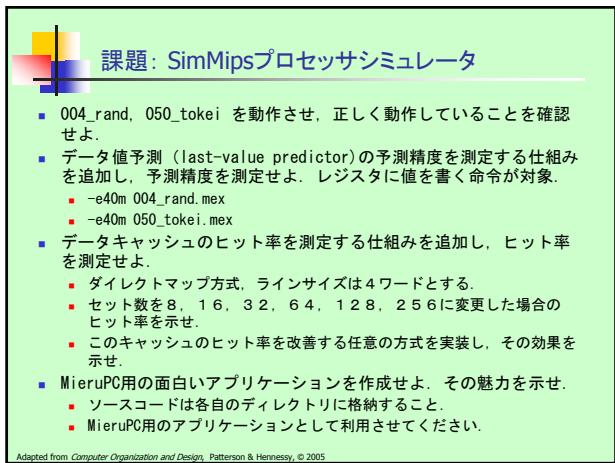
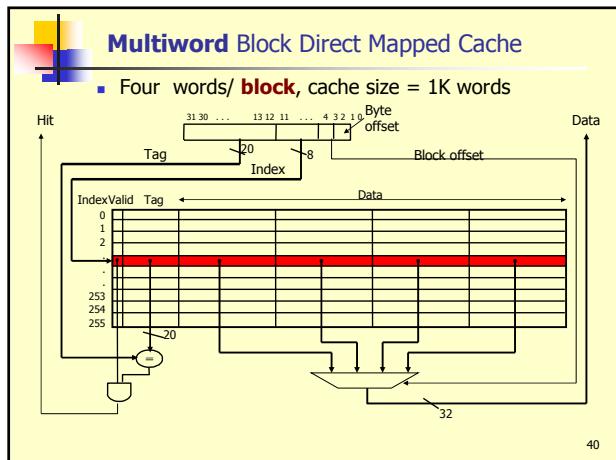
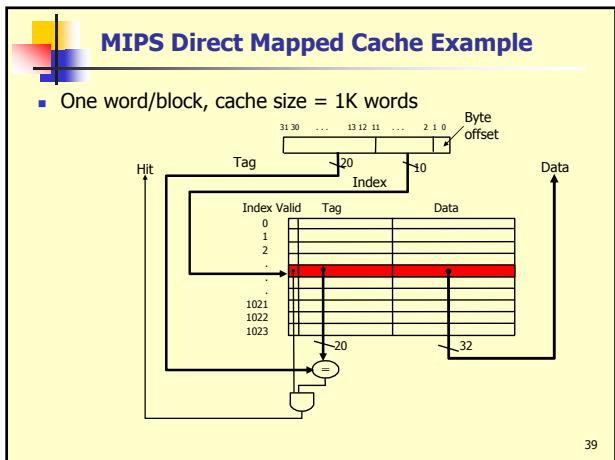
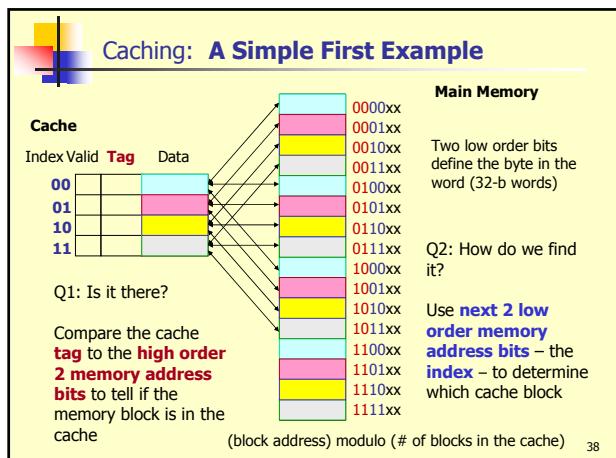
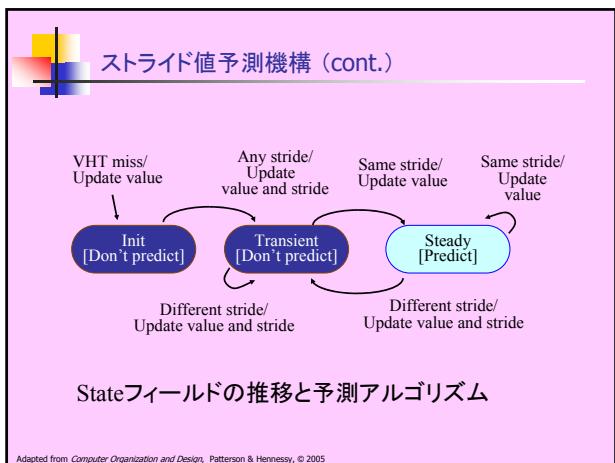
まとめと課題

30

- ◆シンプルで可読性の高いMIPSシステムシミュレータSimMipsを開発
 - ▶教育・研究への有用性
- ◆本日使用したバージョンは<http://www.arch.cs.titech.ac.jp/SimMips/>にて公開中
- ◆今後の課題
 - ▶機能追加: ネットワークなど... (→v1.0)
 - ▶OS等を含めた包括的な教育・研究プラットフォームの構築

ComSys2008 2008/11/13





SimMips-0.5.5 の使い方など

A screenshot of a Windows command prompt window. The title bar says "window - 1". The main area contains the text "Hello, world!". The window has a standard Windows border and scroll bars.

Adapted from *Computer Organization and Design*, Patterson & Hennessy, © 2005

43

アナウンス

- #### ■ 講義スライド, 講義スケジュール

- www.arch.cs.titech.ac.jp

- ## ■ 講義用の計算機

- 131.112.16.56 (情報工学科の演習室からは入れません)
- ssh archo@131.112.16.56
 - mkdir myname
 - cd myname

Adapted from *Computer Organization and Design*, Patterson & Hennessy, © 2005

44