

PLAINセンターニュース

Center for PLAnning and INformation Systems

数値シミュレーション専用エンジン (3) 専用エンジンの開発過程



図1 専用エンジンの開発の流れ

数値シミュレーション専用エンジンの開発の流れを図1に示します。この中で最も重要でなのは専用エンジンに搭載するプロセッサの開発です。プロセッサの開発の流れを図2に示します。その後は汎用部品を使ったボードの開発と同様です。

まず、数値シミュレーションの計算のうちどの部分を専用エンジンで行うことにするかを決めます。専用エンジンの機能を増やし過ぎますと、シミュレーションの計算速度は上がりますが、専用エンジンが複雑になり、開発のコストと時間が増えます。専用エンジンが必ず行う計算を増やし過ぎますと、その計算が必要ないシミュレーションに使用できなくなります。

専用エンジンの機能が決まりますと、それを実現するためのプロセッサの機能、ボードの構成、ボードの枚数などを決めます。現在数値シミュレーション専用エンジンではプロセッサは主に ASIC (Application Specific Integrated Circuit) です。ASIC はある用途のためだけに開発するLSIです。1つのプロセッサに集積できる回路規模やプロセッサの動作速度、入出力速度、消費電力などはその時点のLSI技術で決まります。コスト面からは1つのプロセッ

サーにできるだけ回路を集積した方が有利です。

また、開発する専用エンジンと同じ機能をもつソフトウェアモデルを作ります。簡単のために、符合付き2ビット整数の加算を行う専用エンジンを開発するとし、ソフトウェアモデルは

```

/* a:入力1 b:入力2 c:出力 */
int adder(int a, int b){
    int c = (a + b) & 0x3;
    return c;
}
  
```

のようになります。ソフトウェアモデルが正しいかを検証するために、数値シミュレーションプログラムから専用エンジンを使うためのライブラリを作成します。ライブラリはソフトウェアモデルを使って計算をします。このライブラリを使って数値シミュレーションプログラムを作成して、計算結果が正しいかを調べます。

次にプロセッサの回路を HDL(Hardware Description Language)で記述します。符合付き2ビット整数の加算の回路を HDL で記述しますと次のようになります。

```

library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_arith.all;

entity adder is
    port(a: in std_logic_vector(1 downto 0); -- 入力1
         b: in std_logic_vector(1 downto 0); -- 入力2
         c: out std_logic_vector(1 downto 0)); -- 出力
end adder;

architecture rtl of adder is
begin
    c <= a + b;
end rtl;
  
```

この記述は HDL の1つである VHDL を使っています。HDL で書かれた回路は合成ツールと呼ばれるソフトウェアを使って、ゲート回路に変換できます。この回路は簡単なもので HDL の記述とソフトウェアモデルは似ていますが、実際の回路ではHDLの記述はソフトウェアモデルより複雑な記述になり、信号のタイミングも考慮する必要があります。また実際の ASIC を HDL で完全に記述するには ASIC ベンダーのライブラリも必要です。

[裏へ続く]



図2 専用エンジンのプロセッサの開発の流れ

回路の記述と並行して、HDL シミュレーターでプロセッサの各部分の回路、全体の回路が正しく動作するか検証します。HDL シミュレーターはHDLで書かれた回路の動作をシミュレートするソフトウェアです。回路内部の各信号の波形を見ることができます。HDL では回路への入力信号をファイルなど外部から入力し、回路の出力信号を外部へ出力するような記述ができます。ソフトウェアモデルとHDLで書かれた回路に同じ入力を与え、ソフトウェアモデルとHDLシミュレーターの出力が一致するかどうかを調べます。HDL シミュレーターの動作速度は実際の回路に比べて非常に遅いので、実際のシミュレーション計算のような長時間の回路の動作をシミュレートすることはできません。シミュレートできる数の入力パターンでできるだけいろいろな場合を検証できるように入力パターンを作ります。ASICの開発ではこの検証過程が最も重要です。ASICを製造した後で実際の回路が正しく動かないことがわかった場合、原因を特定するのに時間がかかり、もう1度製造し直すのにもコストと時間がかかるからです。

HDL シミュレーターでプロセッサの回路全体が正しく動きましたら、ASICの場合はHDLで書かれた回路をASICベンダーに引き渡し、この段階からプロセッサの製造までは通常ASICベンダーが行います。

プロセッサができますと、それを搭載するボードを製作し、プログラムが専用エンジンにアクセスするためのデバイスドライバとライブラリを作成します。これは汎用部品を使ったボードの製作の場合と同様です。ライブラリはプロセッサのソフトウェアモデルの検証のために作成したものと同一機能を持ち、ソフトウェアモデルを使って計算する代わりにデバイスドライバを使って専用エンジンにアクセスして計算するように書きます。

専用エンジンが正しく動作しない場合、専用エンジン内部で最も複雑な部分であるプロセッサ内部の信号は調べることができません。正しく動作しない場合のプロセッサへの入力パターンを特定し、HDLで書かれたプロセッサの回路に同じ入力を与えてHDLシミュレーターでプロセッサ内部の信号を調べます。

専用エンジンに向いている数値演算の条件は2つあります。1つは単純な処理の繰り返しで計算時間全体の大部分を占めていることです。単純な処理の繰り返しは単純な回路で行えるので、専用エンジンの開発のコストと時間が少なく済みます。また、大部分を占める処理を高速に行うと、計算時間全体を短くできます。重力多体シミュレーション専用エンジンと分子シミュレーション専用エンジンの場合は質点や粒子の間に働く力の計算を専用エンジンが行います。これらの計算はこれらの計算は単純な演算の繰り返しでシミュレーションの計算時間の大部

分を占めています。さらに重力多体シミュレーションや分子シミュレーションでは系やアルゴリズムが違っても質点や粒子の間に働く力を計算することは共通ですので、いろいろなシミュレーションに同じ専用エンジンを使うことができます。もう1つの条件はその処理を専用エンジンで行った場合、ホストと専用エンジン間の通信データ量が少ないことです。専用エンジンはホストの外部バスに接続されます。外部バスの通信速度はホスト内部や専用エンジン内部のバスよりも遅いので、通信データ量が多いと専用エンジン自体の計算が速くても、全体の計算速度は遅くなります。重力多体シミュレーション専用エンジンや分子シミュレーション専用エンジンの場合は、ホストと専用エンジンの通信データは専用エンジンが力を計算するために必要な質点や粒子の位置と専用エンジンが計算した力などです。これらの通信データ量は(質点数×座標3成分)や(粒子数×座標3成分)で質点数や粒子数が増えても通信データ量が急激に増えることはありません。

将来も数値演算の用途によっては専用エンジンが汎用CPUより有利であり続けるかどうかは2つの点にかかっていると思われます。1つは汎用コンピュータの外部バスの通信速度がどのように上昇していくかです。専用エンジンの計算速度が汎用CPUより常に速くても、専用エンジンを接続する外部バスの速度があまり上昇しないと、将来、計算時間全体の大部分がホストと専用エンジン間の通信にかかるようになり、専用エンジンの利点がなくなります。標準的な外部バスを使わない方法で専用エンジンをホストに接続するようにしますと、全体の計算時間は外部バスの通信速度とは無関係になりますが、標準的でない製品や開発環境を使うことになります。その結果、専用エンジン開発のコストと時間が増え、専用エンジンの利点が損なわれます。外部バスの通信速度が十分上昇していけば、ホストと専用エンジン間の通信に時間がかからないので専用エンジンは汎用CPUより有利であり続けます。もう1つは回路規模の大きいLSIを開発するための技術がどうなるかです。専用エンジンのプロセッサの性能を向上させるために回路規模を大きくしますと、HDLシミュレーションにかかる時間が長くなり、開発期間が長くなります。この点については、よりプログラムに近い記述をゲート回路に変換する合成ツールが実用的になることで解決すると思われます。回路をよりプログラムに近い形で記述しますと、プログラムの実行速度に近い、より高速でシミュレートできます。合成ツールが最適なゲート回路に変換するのは逆に難しくなり、同じ機能の回路をゲート回路に近い形で記述した場合よりも、規模が大きく動作速度が遅い回路に変換されます。しかし、それによる性能低下は、1つのLSIに集積できる回路規模の増加や回路の動作速度の上昇で十分補えます。

(理化学研究所・計算科学技術推進室
薄田 竜太郎)

産学連携プロジェクト DARTS バーチャルデータセンター事業終了

宇宙科学研究所（宇宙研）では1993年に宇宙科学企画情報解析センター（PLAIN センター）が設立された。そして1995 年より宇宙研の衛星観測事業で取得されたデータを一般研究者の利用に供するためのデータアーカイブシステム DARTS (Data ARchives and Transfer System) 開発計画を立ち上げ、1997年より一部の衛星データの公開を始めていた。1998年10月からは科学技術振興事業団（JST）計算科学技術活用型特定研究開発推進事業のプロジェクト（ACT-JST）の1つとして、「宇宙科学データ解析研究のためのバーチャル・センター構築」（DARTS-VDC と略す）が3年計画として採用され、DARTS データベース拡充事業が始められた。このプロジェクトの骨子はネットワークを有効に利用し、かつ宇宙研衛星プロジェクト関係者及び宇宙科学関連の大学・研究機関の協力を得て、アーカイブデータの開発・構築を進めることであった。主要な研究開発項目は、（１）宇宙研の衛星観測データを一般研究者が容易に利用できるデータに変換したアーカイブデータベースを作成し DARTS-VDC 傘下で管理する、（２）DARTS-VDC 傘下のアーカイブデータベースを利用する研究者にその解析支援ソフトウェア群を整備、提供する、（３）国内研究者の総合的解析の便宜を図るため、海外の宇宙科学に関する主要なデータベースを集約したミラーサイトを DARTS-VDC 傘下に設置する、ことであった。

本計画以前に一部のデータを公開していた「あすか」のX線天文データベース、「ようこう」の太陽物理データベース、Geotail の磁気圏プラズマデータベースは本計画期間中に内容の一層の充実とデータの追加が行われた。それに加え（１）Geotail 衛星磁場データベース、（２）「あけぼの」衛星地球磁気圏データベース、（３）IRTS 赤外線天体カタログデータベース等が新たに構築され、DARTS システムを経て公開される運びとなった。さらに、（４）「ぎんが」公開データベースの再構築をも行ったが、これは解析ソフトを UNIX OS に変換した後公開の予

定である。また当初計画した「多波長観測データ可視化ツール」、「Geotail 衛星・3次元プラズマ速度データ可視化システム」、「Geotail 衛星・プラズマ波動可視化ソフト」、「γ線バースト地上速報システム」等の解析支援ツールの開発も順調に進められた。さらにミラーサイトを構築し、そこには現在太陽地球系物理学データベース（CDAWeb）、X線天文データベース（ROSAT/BeppoSAX）等が組み込まれ、既に宇宙科学データベース中継サービスを開始している。

「はるか」電波天文学データベースのアーカイブ構築開始は、当初の開発研究計画では想定していなかった項目であったが、追加して作業に着手できた。また本プロジェクト期間中に、太陽のX線画像の時間変化をムービーとして可視化する「Solar Theater」も、追加して開発することができた。本プロジェクトでの開発により、宇宙研の衛星事業で取得した「ぎんが」衛星以降の衛星観測データのうち、公開可能でかつ一般研究者の利用価値が高いと思われる資源は全てアーカイブ化を行なう目処が立った。これらの科学アーカイブデータの迅速な構築は、各衛星プロジェクトチームと協力し、その支援を受けて行うことで可能となった。特に「あすか」、「ようこう」など国際協力で製作、運用されている衛星については、データのアーカイブは元より、解析支援ツールの開発においても、米国 NASA など、外国の共同研究機関の支援をも受けた。本プロジェクトによる研究開発達成度一覧を表1に示す。

こうして、宇宙研の衛星で取得され、各機関の協力で開発されたアーカイブデータは、宇宙研のDARTSデータアーカイブシステムで一元管理されている。ただし、「あすか」、「ようこう」などのように国際協力で製作、運用されている衛星については、海外の共同研究機関に等価なアーカイブデータベースが置かれ、そちらからも公開されている。今回開発され DARTS 傘下に置かれた宇宙科学データベースを利用しようとする研究者はインターネット経由

		ACT/JST 以前	当初計画	追加項目	現状
データベースアーカイブ化	「あすか」X線天文	（一部公開）	第1版全データ	第2版全データ	○
	「ようこう」太陽X線	（一部公開）	データ追加・機能補強	—	○
	「Geotail」磁気圏	（一部公開）	新データセット追加	—	○
	「あけぼの」磁気圏	×	新規構築	—	○
	「SFU/IRTS」赤外線天文	×	新規構築	—	○
	「ぎんが」X線天文	×	アーカイブ再構築	—	
	「はるか」電波天文	×	×	アーカイブ構築	
	多波長天文画像データ検索・閲覧	×	第1版開発	第2版開発	○
解析支援サービス	「GEOTAIL」分布関数可視化	×	開発	—	○
	「GEOTAIL」波動スペクトル可視化	×	開発	—	○
	γ線バースト地上速報	×	×	システム構築	○
	「ようこう」データ閲覧システム	×	×	Solar Theater	
海外データミラー	CDAWeb	×	ミラー	—	○
	「ROSAT」全天X線天文	×	×	ミラー	○
	「BeppoSAX」X線天文	×	×	ミラー	○
	HEASARC/W3 Browse	×	×	ミラー	○

表1 ACT-JST/DARTS-VDC 研究開発達成度一覧
（○は完成・公開中を、 ×は開発中・未公開を表す）

で <http://www.darts.isas.ac.jp/> にアクセスすることにより、その傘下にある全てのアーカイブデータと解析支援ツールを自由に利用することができる。宇宙研が所有する過去の衛星観測データ資源は約3.5 TB であり、今回の開発でこのうち約2 TB が科学データベースとして編集公開された。最近1年間のDARTS 全体での総アクセス件数は1日平均1100件である。科学研究目的での限られた研究者によるアクセスであることを考慮すれば、この種のデータベ

[裏へ続く]

スとしてはますますよく利用されていると言えます。またこの開発研究に携わっているのは宇宙科学研究者であり、開発に携わると同時に一般公開用に構築・開発されたアーカイブデータや解析システムを用いて自ら相当の研究成果も挙げている。なお、今回のプロジェクトに参加した主な機関は宇宙研・PLAINセンター、東大理学部、東工大理学部、京大宙空電波研究所、名大理学部、国立天文台計算機セ

ンター、理化学研究所宇宙放射線研究室である。また、本プロジェクトの成果は、本プロジェクトで採用し各機関に派遣されたJST 研究員、松井洋（東工大理学部）、高橋英則（名大理学部）、山下朗子（宇宙研）、渡邊大（宇宙研）、渡辺学（宇宙研）諸氏に負うところが大きい。今後も本プロジェクトの開発理念を継承し、DARTS データベースシステムを維持・発展させて行きたいと考えている。（長瀬 文昭）

平成 13 年度宇宙科学企画情報解析センターシンポジウム 「高速ネットワーク時代の宇宙科学」開催のお知らせ

日時：平成14年 1 月 15日(火) 午前 10時～午後 5時

場所：宇宙科学研究所 新A棟 2 階 A 会議室 〒 229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1

交通：JR 横浜線淵野辺駅南口下車、徒歩約15分 8:10-9:55にかけ、駅からマイクロバスが運行されます。

小田急線相模大野駅北口下車、神奈中バス JR相模原駅行き(3番線乗場・相02)

「宇宙科学研究所入口」下車、徒歩5分

今回のシンポジウムでは、初期稼動に至るはずの「高速回線」の現状及び展望を報告するとともに、この有効利用の検討を所内外の関係者を交えて行いたいと考えております。所内外からの多様な提案・議論を期待いたします。

参加申込の締切は、平成13年12月末日と致します。
お問合せは、笠羽（TEL/FAX:042-759-8405/8404,
E-mail:kasaba@stp.isas.ac.jp）までお寄せください。
（笠羽 康正）

大型計算機に関するお知らせ

1-1．大型計算機の 12 月の保守作業予定と年末・年始の運転スケジュール

Onyx 2 は12月14日(金) 10:00 から臨時の保守作業を行います。保守作業中、VPP 800や Alpha サーバ等から Onyx 2 のファイルシステム領域を参照できなくなりますので、作業開始時点で当該領域を参照しているジョブは全てキャンセルされます。保守作業前に特に入力制限は行いませんので、各自で作業時間までに終了する様入力してください。

システム名	12月 21日(金)～	28日(金)	29日(土)	30日(日)	年末年始 12/31～1/3	1月 4日(金)
VPP 800/13	連続運転	1	M:9:00～	22:00～自動運転		M:9:00～、13:00運転開始
GS 8300/10N	自動運転	2	停止(M:9:00～)	停止		M:9:00～、13:00運転開始
Alpha Server	連続運転		3 M:9:00～22:00	連続運転		
その他サーバ	連続運転		3 M:9:00～22:00	連続運転		

M：
保守作業

1 VPP800/13の12月17日(月)に予定していた定期保守作業は中止にして、12月29日(土)の9:00からの集中保守作業の中で行います。尚、12月27日(木)18:00 SIMPLEXモード、12月28日(金)の3:00ジョブキュー停止になります。

2 GS8300/10N は12月28日(金)18時に長時間イニシエータ、キューの停止となります。

3 12月29日(土)9:00～22:00はNR ファーム改版のため他のサーバも停止します。

(1) 12月28日(金)22:00から1月4日(金)9:00の間の連続運転中はセンターオペレータが不在のため、システムダウンがあった場合1月4日9:00まで対応が出来ません。

(2) 注意 大型計算機関係の各サブステーション・オープンステーションは12月28日(金)17:00でクローズします。

1-2．大型計算機の 1 月の保守作業予定

システム名	1月21日(月)
Alpha Server	4 M9:00～13:00

4 Alphaサーバは1月21日(月)9:00～13:00に保守作業を行います。
保守作業前に特に入力制限は行いませんので、各自で作業時間前までに終了する様入力してください。

2．計算機登録予算の移算締切りについて

前年度と同様、今年度も下記日時で計算機登録予算の移算処理を締切らせていただきます。

締切日 平成13年12月21日(金) 15:00

尚、上記日時以後も予算追加は出来ますが、その追加予算は翌年度移算となりますので、配当が確実

なものに限ってください。

3．問い合わせ先

大型計算機利用上の質問・トラブルなどは高橋氏・梶沼氏(内線8391) ネットワーク関係の質問・トラブルなどは杉井氏 神林氏(内線 8393)までお願いします。(三浦 昭)

編集発行：文部科学省宇宙科学研究所 宇宙科学企画情報解析センター

〒229-8510 神奈川県相模原市由野台 3-1-1 Tel. 042-759-8352 ご住所変更等 e-mail: news@plain.isas.ac.jp

本ニュースは、インターネットでもご覧になれます。 http://www.isas.ac.jp/docs/PLAINnews/new/new_contents.html