実行起動前最適化層を有する自動チューニングソフトウエア構成方式の提案

片桐孝洋[†,††] 吉瀬謙二[†,††]
本多弘樹[†] 弓場敏嗣[†]

本発表では，インストール時，実行起動前，および実行時に応用プログラムのパラメタのチューニングを行う新しい自動チューニングソフトウエア構成方式である FIBER の提案を行う．また FIBER による最適化機能の一部について，PC クラスタを用いて評価した結果を示す．

Proposition of the Framework of Before Execution-Invocation Optimization Layer for Auto-tuning Software

Takahiro KATAGIRI,[†,††] Kenji KISE,[†,††] Hiroki HONDA[†]
and Toshitsugu YUBA [†]

In this presentation, we propose a new auto-tuning framework for application programs, named FIBER – Framework of Installation, Before Execution-invocation, and Run-time optimization layers. We also evaluate the effect of a FIBER's optimization layer by using a PC cluster.

1. はじめに

近年，ATLAS[1] に代表される「自動チューニング機能付き」の数値計算ソフトウエア（以降，自動チューニング機能付きソフトウエア，Software with Auto Tuning Facilities (SATF) とよぶ）が多数開発されるようになった．ところが SATF の汎用性は，機能が限定されていることから問題があるといえる．

そこで我々は，SATF に幅広く適用できるソフトウエアの確立を目指し，(1) ライブラリインストール時に行うインストール時最適化階層 (Installation Optimization Layer, IOL)，(2) ユーザが指定するパラメタ (たとえば問題サイズなど) が固定した地点で行う実行起動前最適化階層 (Before Execution-invocation Optimization Layer, BEOL)，そして (3) 実際にライブラリが実行された地点で行う実行時最適化階層 (Run-time Optimization Layer, ROL)，の 3 種の最適化階層に分けて SATF を構成するソフトウエア構成方式を提案する．このソフトウエア構成方式のことを，FIBER (Framework of Installation, Before Execution-invocation, and Run-time optimization layers，ファイバー)[2] とよぶ．

† 電気通信大学大学院情報システム学研究科
Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications
†† 科学技術振興事業団 戦略的創造研究推進事業 さきがけプログラム「情報基盤と利用環境」領域
"Information Infrastructure and Applications", PRESTO, Japan Science and Technology Corporation(JST)

2. FIBER のソフトウエア構成

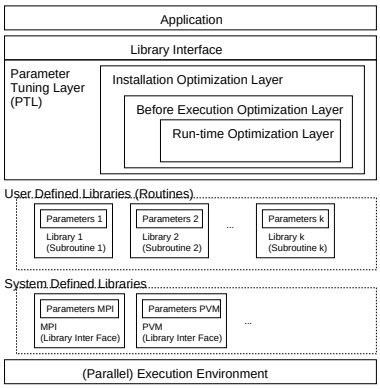

図 1 FIBER のソフトウエア構成

図 1 は FIBER のソフトウエア構成を示している．FIBER は以下に示す 2 種の機能を有するソフトウエア構成方式である：(1) ユーザが記述したライブラリやサブルーチン (またはプログラムの一部分) に専用言語などを用いて指示を与えることで，自動チューニングを保証するコードの自動生成，およびそのコードに関するパラメタ化と登録を自動に行う，コード開発支援機能；(2) パラメタチューニング階層 (Parameter Tuning Layer, PTL) におけるパラメタの最適化機能；

PTL では引き渡されたパラメタの最適化に関して 3 階層を有するが，これらは最適化情報の伝達に関して図 2 のような処理手順がある．この主な目的は，下位層で決まるパラメタの精度を高めるためである．

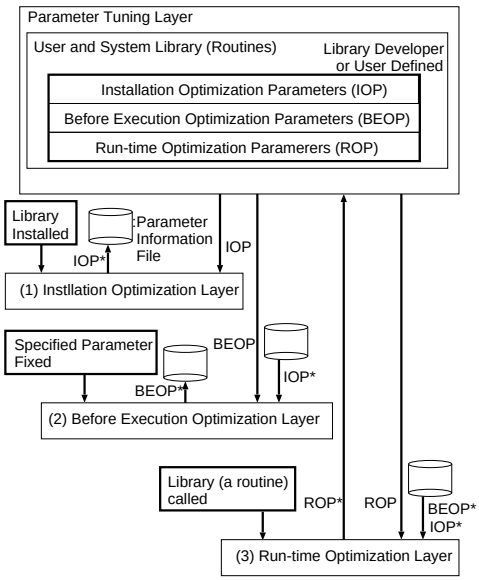

図 2　FIBER における 3 種の最適化階層の処理手順

次に図 2 の PTL では，各ライブラリやルーチンからユーザが指定したパラメタが引き渡されるが，それらは IOL に引き渡すパラメタ (IOP)，BEOL に引き渡すパラメタ (BEOP)，そして ROL に引き渡すパラメタ (ROP)，というように指定されている．

各最適化階層によるパラメタ最適化は，以下に示す状況，かつ順序で実行される：[1 番目] IOL：ライブラリインストール時；[2 番目] BEOL：ユーザが指定するパラメタ (たとえば問題サイズなど) の指定後；[3 番目] ROL：BEOL によるパラメタ最適化が終了し，かつ対象のライブラリやルーチンの実行時；

3. FIBER による自動チューニングおよびユーザによるパラメタ指定方式

FIBER では，実行のために設定不可欠なパラメタを基本パラメタ (BP) とよぶ．また BP と性能とに影響するが，実行時に指定が不要なパラメタを性能パラメタ (PP) とよぶ．FIBER での自動チューニングは BP の一部を固定した上で，実行時間などを定義した関数 (コスト定義関数) が最小となる PP を推定する処理をさす．

以下にユーザによる PP の指定方式の例を示す．

```
!ABCLib$ static unroll(j) region start
!ABCLib$ varied (j) from 1 to 16
!ABCLib$ fitting polynominal 5
!ABCLib$    sampled (1-4,8,16)
 do j=0, local_length_y-1
    tmpu1 = u_x(j)
    tmpr1 = mu * tmpu1 - y_k(j)
    do i=0, local_length_x-1
       A(i_x+i, i_y+j) = A(i_x+i, i_y+j)
          + u_y(i)*tmpr1 - x_k(i)*tmpu1
    enddo
 enddo
!ABCLib$ static unroll(j) region end
```

上記の例では，region start ~ region end で囲まれた領域について，j ループをアンローリングするコードを自動生成し，その段数をパラメタ化して PP とする．また実行起動前最適化 (static で指定) をする．その PP，すなわちここでは BEOP，の定義域は {1,..,16}である．コスト定義関数に線形多項式を利用し，PP の標本点としては{1-4,8,16}を指定する．

4. 実行起動前最適化の性能評価

例で示される固有値ソルバのカーネルにおいて，PP である j ループのアンローリング段数パラメタを iud とする．ここでは PC クラスタを用いて，FIBER の実行起動前最適化機能を評価した結果をのせる．

PC クラスタのノードとして，Intel Pentium4 2.0GHz を 4 ノード用いた．ノード当たりの搭載メモリは 1GB (Direct RDRAM/ECC 256MB*4)，ネットワークカードは Intel EtherExpressPro100+である．使用 OS は Linux 2.4.9-34 である．通信ライブラリは MPICH 1.2.1 を利用している．また PGI 社の Fortran90 コンパイラ 4.0-2，オプションは -fast を指定した．パラメタ推定の方法には，列選択ピポッテングを用いた Householder QR 分解による最小二乗法を用いた．

本評価で想定する条件は，[iud の標本点 1]：{ 1, 2, 3, 4, 8, 16 }，[問題サイズn の標本点 (BP)]：{ 200, 400, 800, 2000, 4000, 6000, 8000 } ，[コスト定義関数]：5 次線形多項式，である．

ユーザによる指定次元 BP が 123，1234，9012 のとき，IOL による推定パラメタiud とその実行時間は，14 (0.1286 秒)，6 (7.838 秒)，6 (973.6 秒) であった．これに対し，パラメタ全探索による FIBER の BEOP での推定結果は，10 (0.1269 秒)，10 (6.090 秒)，2 (845.6 秒) であり，従来のインストール時最適化のみの場合に対して，それぞれ，1.3%，28.7%，15.1% の速度改善が認められた．

現在，例に示したようなユーザによる自動チューニングの指定ができるプリプロセッサABCLibScript を開発中である．また当日は，FIBER 機能の一部を搭載した固有値ソルバのプロトタイプABCLibDRSSED リリース版α (http://www.abc-lib.org/にてソースコード公開中) のデモを行う予定である．

参　考　文　献

1) ATLAS project; http://www.netlib.org/atlas/index.html.
2) 片桐孝洋: プログラム、記録媒体およびコンピュータ, 日本国特許出願, 特願 2003-022792 (平成 15 年 1 月 30 日).