

ソフトウェア・モニタリングによるシステム測定*

橋本茂司**

1. まえがき

ソフトウェア・モニタリングとはソフトウェアによって通常の稼動状況のもとでハードウェア、オペレーティング・システム、実行中の処理プログラムの動作に関するデータを経時的に収集し、収集されたデータをシステム測定の目的に応じて編集・加工することである。

ソフトウェア・モニタリングによるシステム測定の利点はハードウェア・モニタリングによる方法と比較すると環境を特に整えることなく手軽に実施できること、ハードウェア、オペレーティング・システム、ユーザ・プログラムの動作に関するデータをすべて収集でき、それらの相互関連性を把握できるので多面的・総合的システム評価が可能なおことにあるが、反面測定しているモニタリング・システム自体がシステム資源(主記憶装置、CPU、オペレーティング・システムの資源等)を必要とするため実働状況をそのままの形で把握できないという欠点がある。

ソフトウェア・モニタリングの道具はメーカがハードウェア、オペレーティング・システムの設計に主に利用しているようだが、ユーザがシステム測定を行なうに際してこれを一般的に利用できる状況にはなっていない。しかしながら大規模かつ複雑なシステムが増加していること、またユーザがシステムの測定・評価

に関心を持ちレベルアップしている現状を考えるとソフトウェア・モニタリングに対する需要は今後我国でもかなり増大すると予想される。米国ではソフトウェア・モニタが商品としてすでに出まわっている (Table 1)。

ここでは外国産、国産コンピュータ用のソフトウェア・モニタでメーカが使用しているものを一つずつおよび商品として販売されているソフトウェア・モニタの一つについて概略を紹介する。

2. AMAP*

2.1 AMAP の概要

AMAP (Advanced Multiprogramming Analysis Procedure) は IBMOS/360 (オペレーティング・システム) のもとで実行されるユーザ・ジョブのシステム内部における動作履歴をイベント方式で収集し性能改善のための各種分析を行なうプログラムである。

AMAP による測定・分析結果は次のような目的のために利用できる。

- (1) OS 資源の稼動状況を分析して OS の使い方の改善を工夫する。
- (2) ユーザ・プログラムの効率化のための資料を得る。
- (3) システム構成を検討する基礎データを得る。
得られた基礎データをもとにモデリングによって新しいシステムの効率を予測する。

AMAP はこれらのことを行なうために選定されたユーザ・ジョブの処理中のデータを収集記録し、次のような三つのカテゴリーに分けて分析を行なう。

- (1) ラン・アナリシス (Run Analysis)
システムの処理状況を明らかにし、性能改善のポイントをシステム全体の観点から分析する。
- (2) ジョブ・アナリシス (Job Analysis)
対象ジョブごとの分析で、それぞれのジョブ

Table 1. 商品として発表されているソフトウェア・モニタ

開発会社	ソフトウェア名称
BOOLE & BABBAGE COMPUTER SYNTHETICS	System Measurement Software (SMS) FORMAX
COMPUTING EFFICIENCY IBM	COMPUMETER Selective Analyzer
LAMBDA CORPORATION OPTIMIZED COMPUTER SYSTEMS	LEAP OPTIMIZE
STANFORD LINEAR ACCELERATOR CENTER (SLAC)	SUPERMON

* System Measurement Using Software Monitor, by Shigeji Hashimoto (Systems Department, Toray Industries Inc.)

** 東レ株式会社 システム部

* AMAP は IBM 社の所有に属し IBM 社内で管理されるプログラムである。IBM 社システムズ・エンジニアが営業サポート活動の必要に応じ、ユーザ・システムの稼動分析とその性能改善を行なうために利用している。一般にはユーザに提供されない。

処理におけるボトルネックを抽出し、性能改善のための材料を与える。

(3) モデリング (Modeling)

実際に収集したジョブの処理データにもとづいて、システム構成の一部（または全部）を変えた場合の、同じジョブの動作履歴をモデルによって分析し、システムの処理性能を予測する。

AMAP はあたかもシステム内部の動きをX線透視で観察するように、プログラムの動きとハードウェアの動きとの関連を明確にとらえ、性能評価の基礎データそのもの、さらには性能改善のための有効な手がかりを与えてくれる。

2.2 AMAP の機能 (Fig. 1)

AMAP は実際にジョブが処理されている状態を追跡し、その動きの時系列データを磁気テープ（トレース・テープ）上に記録する。このようにして収集されたデータは各プログラム固有の動作履歴と OS/360 機能の使用状況の特徴づけるものである。

このデータ収集ラン (Trace Run という) のユーザ・ジョブの処理時間に与える影響は最大限 5% といわれており、当社の経験でもこの範囲内であった。

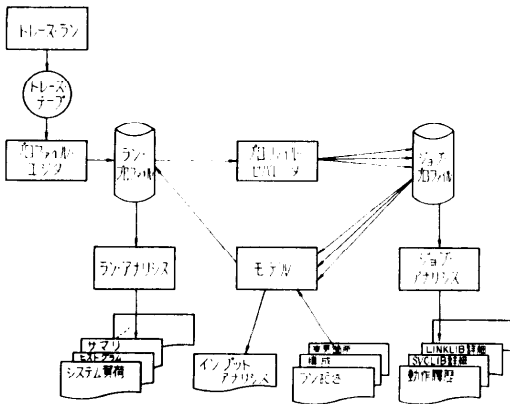


Fig. 1 AMAP の機能流れ図

作成されたトレース・テープから編集操作によってラン・プロファイルと呼ばれるファイルを作成する。このラン・プロファイルが各種分析プログラムの入力となる。ジョブ単位の分析を行なうためには、このラン・プロファイルから各ジョブごとのジョブ・プロファイルを作成する。ラン・プロファイル、ジョブ・プロファイルを分析するために次の3つの手続きが用意されている。

2.2.1 ラン・アナリシス

ラン・プロファイルを入力として次のような項目の

分析結果を出力する。

- システム負荷 (System Loading).
- 各ジョブステップの開始・終了時間。
- 各ジョブ、ジョブステップごとに、経過時間、CPU 稼動時間、CPU 待ち時間、すべてのデータセットの物理的位置、入力・出力の回数および時間。
- 入出力装置ごとにデータセット相互間の干渉度。
- 主記憶装置上にないスーパーバイザ・モジュールの使用頻度。

2.2.2 ジョブ・アナリシス

ジョブ・プロファイルを入力として次のような項目の分析結果を出力する。

- 処理時間。
- 各データセットの参照頻度。
- データセット間の干渉度。
- データセット間の同時アクセス頻度。
- 主記憶装置上にないシステム・ライブラリーの使用頻度。
- その他処理状況の詳細な分析。

ジョブ・アナリシスの結果はたとえば次のように利用される。

データセット間の干渉度の高いものは異なる入出力装置上に分離する。データセット間の同時アクセス頻度が高いものはチャンネルを分離する等。

2.2.3 モデリング

システム構成やジョブ構成を変えた模擬システムのモデルを与え、ジョブ・プロファイルを入力すると模擬システムの動作を予測して、そのラン・プロファイルを作る。このラン・プロファイルをラン・アナリシスで分析することによりモデル化されたシステムの特徴が把握でき、業務に適合したシステム構成を選択することができる。

2.3 AMAP による測定分析手順

AMAP は IBM 社のシステム・エンジニアの管理のもとに使用されるため、使用法の細部については明らかでないが、当社で実施した手順は次のとおりであった。

(1) AMAP ランの準備——対象ジョブの選定。

対象ジョブの選定は次のような規準で行なう。

- 主要なアプリケーションを代表するジョブを選ぶ。
- プログラム用言語、プログラムに変化をもたせ、

数分のジョブを数多く用意する。

一般に数分のジョブから得られるデータも数十分のジョブから得られるデータも分析のための情報量としてはさほど変わらないと言われているので処理時間が短く、しかも業務の特性を代表するようなジョブを適切に選ぶことが経済性の面から要求される。

(2) トレース・ラン——データの収集。

トレース・プログラムを通常の OS ジョブとして実行させ、同時に選定されたジョブを流し、システムの動作を磁気テープに記録する。

(3) 編集ラン——ラン・プロファイルの作成。

(4) ジョブ・プロファイルの作成。

(5) ラン・アナリシスの実施。

(6) ジョブ・アナリシスの実施。

(7) モデル化——システムの再設計。

(6)までの手順で得られた分析結果にもとづいてシステムのボトルネックを改善するようなシステム構成の変更を行なう、あるいはあらかじめシミュレートしたいシステム構成を作成する。作成された新しい模擬システムについて AMAP によるモデル化を行ない、すでに作成されているジョブ・プロファイルを入力として新しいラン・プロファイルを作成する。

(8) ラン・アナリシスによる再分析

模擬システムの分析を行なう。さらに種々のモデル化を行ないたいときは(7)、(8)の手順を繰り返す。

(9) ドキュメンテーション

AMAP による分析結果は将来のプログラム開発の指針や、OS の使い方の改善点を示唆し、また次期システム検討の際の基礎データを与えてくれる。

AMAP によって得られた有益な情報を目的に応じて文書化しておく。

3. SMS¹⁾

3.1 SMS の概要

SMS (System Measurement Software) は米国の Boole & Babbage 社が開発したソフトウェア・モニタで一般ユーザに有料で提供されている*。SMS は前記 AMAP と同様の目的で利用されるが、データ収集に関して AMAP がイベント方式であるのに対し、SMS はサンプリング方式をとっていることが特徴的

* 日本では(株)東京システム技研が販売を取扱っている。

である。また AMAP では得られない個々のプログラムのボトルネックに関するレポート、データセット割付の最適化に関するレポートが得られる等ユーザの要求を満たす優れた機能を有している。

SMS は次の3つの独立したソフトウェアから構成されている。

(1) Problem Program Evaluator (PPE).

個々のプログラムを測定対象として、実行時における効率を定量的に把握する。

(2) Configuration Usage Evaluator (CUE).

CPU を中心として、その周辺機器およびオペレーティング・システムの実働状況を定量的に測定する。

(3) Data Set Optimizer (DSO).

可動ヘッドを持つ磁気媒体の1ヴォリュームを測定対象として、その利用状況を定量的に測定する。

さらにデータセット割付の改善案を示し、改善案のもとでの効率を予測する。

各ソフトウェアはそれぞれ、Extractor および Analyzer と呼ばれる2つのプログラムから成っている (Fig. 2)。Extractor は内部インターバル・タイマーを利用して等間隔 (16.7 ms または 20.0 ms の整数倍で制御パラメータで与える) でデータのサンプリングを行ない、磁気テープまたは磁気ディスクにデータセットを作成する。Analyzer はこのデータセットを1個または複数個組み合わせるレポートを作成するプログラムで通常のバッチジョブとして実行される。Analyzer からの出力は、それぞれがユーザの“とり得る

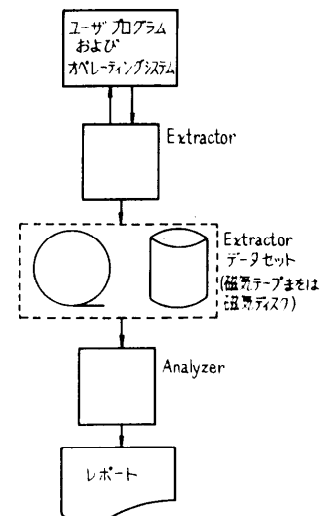


Fig. 2 SMS のプログラム構成

手段”の手がかりを与えるもので、具体的なアクションをとりやすいように設計されている。

3.2 各ソフトウェアの機能

3.2.1 PPE

PPE の利用目的は

- プロブレム・プログラムの実行時間の短縮とスループットの向上,
- プロブレム・プログラムの特性把握 (CPU バウンドか I/O バウンドか等),
- プログラムの改善による効果の確認

等であり、具体的には次のような項目のレポートが作成される。

- Extractor データセットの概要,
- サンプル範囲内外の消費時間分布,
- データセットに起因する待ち時間分布,
- モジュールおよびセグメントごとの消費時間分布,
- 詳細分析指定範囲内外の消費時間分布,
- 詳細分析指定範囲内のデータセットに起因する待ち時間,
- 詳細分析指定範囲内の待ち発生アドレスとその消費時間,
- 詳細分析指定範囲内から呼んだ割込可能な SVC 消費時間,
- 単位アドレス間隔ごとの CPU 消費時間 (ヒストグラム形式),
- 特に指定したアドレス範囲の CPU 消費時間,

3.2.2 CUE

CUE の利用目的は

- 資源の競合によるスループット・ロスの発見,
- CPU の待ちの直接的な原因の把握,
- オペレーティング・システム機能の効果的な利用方法の発見,
- ジョブ・スケジューリングの改善,
- 機器構成、システム生成の改善

等であり、具体的には次のような項目のレポートが作成される (Fig. 3)。

- CPU、チャンネルの利用率とその相関関係,
- 各デバイスの利用率とその待ち行列の統計,
- 競合した入出力操作要求実績,
- 可動ヘッド機番のヘッド移動実績,
- SVC トランジェント領域の利用実績,
- トランジェント SVC の利用実績,
- Extractor データセットの概要,

A. EQUIPMENT USAGE SUB-REPORT

EQUIPMENT SAMPLED	AMOUNT OF TIME	PERCENTAGE OF TOTAL TIME
CPU BUSY	5312.48 SEC	29.33
CPU BUSY IN SUPERVISOR MODE	570.13 SEC	3.14
CPU WAIT AND NO DEVICE BUSY	1513.02 SEC	8.35
ANY CHANNEL BUSY	9799.42 SEC	54.11
CPU BUSY AND ANY CHANNEL BUSY	3150.03 SEC	17.39
CPU BUSY AND NO CHANNEL BUSY	2102.45 SEC	11.94
CPU WAIT AND ANY CHANNEL BUSY	6649.38 SEC	36.72
CPU WAIT AND ONLY CHANNEL 0 BUSY	0.0 SEC	0.0
CPU WAIT AND ONLY CHANNEL 1 BUSY	2020.54 SEC	11.16
CPU WAIT AND ONLY CHANNEL 2 BUSY	3697.76 SEC	20.42
CPU WAIT AND CHANNEL 0 BUSY	0.0 SEC	0.0
CPU WAIT AND CHANNEL 1 BUSY	2951.63 SEC	16.30
CPU WAIT AND CHANNEL 2 BUSY	4628.85 SEC	25.56
CORRELATION COEFFICIENT OF CHANNEL BUSY AND CPU IN WAIT STATE:		
CHANNEL 0	0.0	
CHANNEL 1	0.14	
CHANNEL 2	0.64	
CHANNEL 0 AND CHANNEL 1 BUSY	0.0 SEC	0.0
CHANNEL 0 AND CHANNEL 2 BUSY	0.0 SEC	0.0
CHANNEL 1 AND CHANNEL 2 BUSY	1249.47 SEC	6.90
CHANNEL 0 BUSY (BURST MODE)	0.0 SEC	0.0
MULTIFLOOR CHANNEL IN USE	10180.47 SEC	56.21
CHANNEL 1 BUSY	4879.07 SEC	26.04
CHANNEL 2 BUSY	6169.82 SEC	34.07
CONTROL UNIT 00 BUSY	10.66 SEC	0.06
CONTROL UNIT 01 BUSY	0.75 SEC	0.00
CONTROL UNIT 18 BUSY	0.37 SEC	0.00
CONTROL UNIT 23 BUSY	723.80 SEC	4.00
NO DEVICE BUSY	2160.56 SEC	11.93

Fig. 3 (1) SMS の出力例

CUE WORKSHEET

A=CPU BUSY 29.33%		B=CPU WAIT 70.67%	
SUPERVISOR MODE 3.14%			
C=NO CHANNEL BUSY (CPU BUSY AND) 11.94%	D=ANY CHANNEL BUSY 54.11%	E=NO CHANNEL BUSY (CPU WAIT AND) 33.95%	
	D1 17.39%	D2 36.72%	
F=NO DEVICE BUSY (CPU BUSY) 3.58%	G=ANY DEVICE BUSY 88.07%	H=NO DEVICE BUSY (CPU WAIT) 8.35%	
	G1 25.75%	G2 62.32%	

Fig. 3 (2) コンピュータからの出力をすでに用意されている出力分析用シートにまとめた例

3.2.3 DSO

DSO の利用目的は

- ディスクパック再編成と無駄なスペースの発見,
- DASD 増設の基礎データの把握

等であり、具体的には次のような項目のレポートが作成される。

- Extractor データセットの概要,
- 被測定ボリュームの概要,
- 被測定ボリューム内容のマッピング,
- データセット再配置改善案と改善率予想値,

3.3 SMS の利用実績と今後の拡張機能

SMS は発表以来4年間を経過し、その間ユーザが

らのフィードバック情報をもとに改善を加えて今日に至っている。現在約 300 社の IBM 大型機ユーザで利用されている。他のモニタリングの道具と比して次の点が特徴的であろう。

- (1) 特にテスト環境を整備することなく、容易に実施できる。
- (2) オペレーティング・システムが作る待ち行列を把握でき、資源の有効活用を図る手がかりが適切に得られる。
- (3) 記述的な情報（たとえばモジュールの名前、データセットの名前など）と定量的な測定値を組み合わせて出力を判りやすく編集している。

現在のシステムの拡張として次のような機能を追加しつつあり、(1)、(2)についてはすでに Boole & Babbage 社で完成している。

- (1) 本方式をベースとしたアカウント・システムの開発。
- (2) 測定結果をベースとして、変更部分のみをパラメータとして与えたシミュレータの開発。
- (3) オペレーティング・システム自身に SMS の測定結果をもとに最適化機能をもたせる。

4. FACOM 230-60 MV のソフトウェア・モニタ*

4.1 概要

前記 AMAP, SMS はユーザ領域で稼動する独立したプログラムであったが、FACOM 230-60 MV (モニタ・ファイブ) のソフトウェア・モニタ (以下 SM と略す) はオペレーティング・システムのオプション機能であり、システム生成時に指定によってシステム・プログラムに組み込まれるものである。

SM は FACOM 230-60 MV のもとで動作する処理プログラムおよびモニタ・モジュールの動作履歴を磁気テープにロギングし、システムの動作解析が行な

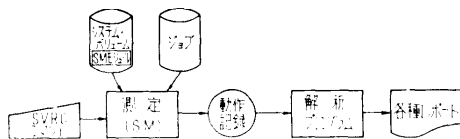


Fig. 4 FACOM 230-60 MV 用ソフトウェア・モニタによる処理手順

* このソフトウェアは富士通社が開発し、所有しているものであり、同社ソフトウェア開発部隊およびシステムズ・エンジニアがシステムの動作解析、システムの結合デバッグなどの目的に使用しているものである。一般にはユーザに提供されない。

えるように設計されているが、解析用のプログラムはそれぞれ使用者が目的に応じて作成しなければならない。

SM による処理の概要は Fig. 4 に示される。

4.2 SM の機能

以下機能を列記する。

- (1) SM はシステム生成時に指定によってシステム・プログラムに組み込まれ、次の時点に入口を有するモジュールである。
 - SVRC の割出/割込受付点、(SVRC とは割込処理やタスク・スイッチなどのタスク管理を行なうモニタ・モジュールである。)
 - SVRC のルーチン復帰点。
 - タスク・スイッチ飛出点。
- (2) 上記の各時点で 4 語のイベント・レコードを主記憶装置のワーク・エリアに記録し、一定サイズ (1 kW) ごとに磁気テープに書き出す。
- (3) 動作記録の内容は次のとおりである。
 - タスク番号。
 - 領域番号。
 - イベントが発生した時刻。
 - 割込原因を示すレジスタの内容。
 - 割込/割出/復帰の番地。
 - 割込/割出レベルを示すカウンタの内容。
 - システム・マクロのコード。
- (4) このルーチンの動作の開始・停止はオペレータの操作指令で行なう。

5. むすび

以上述べたソフトウェア・モニタリングの道具の他にもいくつか文献で発表されている。3)~5) など。特にプロジェクト MAC で開発した GDM⁹⁾ システムはグラフィック・ディスプレイを用いてダイナミックにシステム内の状況を監視できるもので他にあまり例をみないユニークなものである。

文献 6) はシステム評価に関する方法とそれらの解説を数多くの文献を挙げて行なっている。

文献 7) には商品として発表されているシミュレータ、ハードウェア・モニタ、ソフトウェア・モニタが紹介されており、その中からソフトウェア・モニタに関するものの開発会社とソフトウェアの名称を Table 1 に掲げている。

6. 謝 辞

本解説記事については次の方々から資料の提供および、適切な助言を頂いたことを感謝いたします。

AMAP...IBM 社

SMS... (株)東京システム技研 松本俊夫氏

SM...富士通(株) SE 部 古勝昭男氏

参 考 文 献

- 1) K. W. Kolence: "A Software View of Measurement Tools," DATAMATION, Jan. 1971 pp. 32-38.
- 2) L. A. Duca: "Systems Measurement Tools," DATA MANAGEMENT, Dec. 1971, pp. 28-29.
- 3) W. R. Deniston: "SIPE: a TSS/360 software

measurement technique," Proceedings 24th National ACM Conference (1969).

- 4) R. Sedgwick, R. Stone & J. W. McDonard: "SPY—A Program to monitor OS/360," AFIPS Proc. Vol. 37, FJCC pp. 119-128(1970).
- 5) J. M. Grochow: "Real-time graphic display of time-sharing system operating characteristics," AFIPS Proc. Vol. 35, pp. 379-386 (1969).
- 6) H. C. LUCAS, JR: "Performance Evaluation and Monitoring," Computing Surveys, Vol. 3, No. 3, pp. 79-91 (1971).
- 7) H. C. LUCAS, JR: "Performance Evaluation and the Management of Information Services," DATA BASE, Quarterly Newsletter of SIGBDP, Vol. 4, No. 1, pp. 1-8 (1972).

(昭和 47 年 8 月 19 日受付)