

ショートノート疎結合マルチプロセッサシステム用 OS テスト支援
システム: OSTD/MV池ヶ谷 直子[†] 田中 俊治[†] 吉澤 康文[†]
梅野 英典^{††} 大原 昇^{†††}

複数の計算機を結合した疎結合マルチプロセッサシステム (LCMP) 用基本ソフトウェアの信頼性向上ならびに開発の生産性向上のために、複数のオペレーティングシステム (OS) を連動したテスト・デバッグを支援する OSTD/MV を提案する。OSTD/MV の設計思想は、汎用計算機上に、複数の仮想計算機とこれらを結合した LCMP 構成を論理的に生成し、各計算機の OS コンソールを 1 台の端末上に表示してテスト・デバッグを可能にすることにある。これにより、複数のテスト用端末を不要にし、設計者が複数の端末間を移動する必要がない。テスト操作の省力化の効果の確認を行ったところ、OS テスト時間を約 10% 削減できた。

OSTD/MV for Testing Operating Systems
on Loosely Coupled Multi-ProcessorNAOKO IKEGAYA,[†] SHUNJI TANAKA,[†] YASUFUMI YOSHIZAWA,[†]
HIDENORI UMEMOTO^{††} and NOBORU OOHARA^{†††}

We propose Operating System Test Driver/Multiple Virtual machines (OSTD/MV) to improve reliability and productivity of the operating systems which control loosely coupled multi-processor systems (LCMPs). The purpose of OSTD/MV is to test the multiple operating systems on the virtual LCMPs in a single computer system by using a single terminal. It allows programmers to input commands from a single terminal to the specified virtual-machine or to multiple virtual machines at once. Programmers need not move between terminals, and OSTD/MV reduces the total testing time of operating systems by 10%.

1. はじめに

LCMP (Loosely Coupled Multi Processor) システム用 OS の開発では、OS の動作確認に複数台の計算機とそれらを結合する CTCA (Channel To Channel Adapter: チャンネル間結合装置)、および各計算機に対応するコンソール装置からなる LCMP システムを用意しなければならない。これには、仮想計算機を複数生成し、CTCA をシミュレートする機能を備えた仮想計算機システム VMS¹⁾と、TSS 端末でコンソール装置をシミュレートすることによりプログラム

の開発からテスト・デバッグまでの一連の作業を設計室にいながら実施できる OSTD (Operating System Test Driver)²⁾が有効であり、すでに実用化されてきた。OS を起動する IPL (Initial Program Load) オペレーションのような定型作業あるいは再テスト作業は、OS ごとにテスト操作を自動実行する OSTD/AUTO (Automatic OS Test Driver)³⁾により軽減できる。しかし、OSTD でも、システムに接続されたすべてのコンソール装置のメッセージを監視し、各コンソール装置からのコマンド投入、あるいは障害時のシステム切り替え処理が、正常に動作することを確認するためには、複数台の TSS 端末と端末台数分のユーザ登録名を確保し、設計者はそれらの TSS 端末間を移動する必要がある。TSS 端末の確保のため、複数 OS の連動テストに十分な時間が確保できなかったり、TSS 端末間の移動のため、テスト効率の低下

[†] (株)日立製作所システム開発研究所
Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

^{††} (株)日立製作所汎用コンピュータ事業部
General Purpose Computer Division, Hitachi, Ltd.

^{†††} (株)日立製作所ソフトウェア開発本部
Software Development Center, Hitachi, Ltd.

を招く，などの問題が生じていた。

そこで，一人の設計者が，効率よく論理的に系統立てて複数 OS の連動テストを行うために，1台の端末から LCMP の動作確認を可能とする OS テスト支援システム OSTD/MV (Operating System Test Driver/Multiple Virtual machines) を提案する。1台の端末に複数 OS コンソール画面を表示する既存の手法^{4),5)}では，画面分割数の制限により操作可能な OS 数が少なすぎたり，VM 環境が実計算機と同等でない等の理由から，上記の LCMP のような複数計算機システムのテストに耐え得るものではない。OSTD/MV では LCMP における連動 OS 数の増加を考慮し，操作可能な OS 数の制限を実用上なくするとともに，複数 VM の一括操作および自動操作も可能にする。

本論文では上記の考え方に基づく OSTD/MV の機能を提案し，テスト方式と適用効果について述べる。

2. 新機能の提案

LCMP 構成では，複数システムの連携機能の充実と大規模システムの運用管理支援が重要であり，複数 OS の連携テストを行う必要がある。たとえば，複数システム間でのファイル共用機能の開発時には，共用ファイル排他制御のテストを実施する。このテストでは，複数システム間でコネクションを確立できたか，排他制御を行うシステムに共用ファイルのアクセス権を要求したか，アクセス許可の連絡がなされたか，等の連携動作をシステムごとに確認しなければならない。そこで，複数システムを結合した大規模システムの信頼性向上のために必要となる複数 OS 連動テスト支援に要する機能を，以下のとおり提案する。

(1) 1台の端末から複数計算機を操作する機能

端末ごとに VM を限定する手法では，複数 OS の連動テストで設計者は複数の端末間を移動しなければならず，テスト効率は低下する。そこで，1台の端末から複数 VM を生成する機能と，ある特定の VM を指定してコマンドを投入する機能を提案する。

(2) コンソール切り替え表示機能

通常，OS コンソールは OS ごとに異なり，端末の全画面領域に表示する。汎用計算機上で動作するすべての OS を対象としたテスト支援システムを構築するため，ある被テスト OS を選択すると，そのコンソール画面情報が1台の端末上に出力され，別の OS を選択するとそのコンソール画面に切り替える機能を提案する。

(3) 複数 VM へのコマンド一括投入機能

複数 VM で同時に，装置情報を表示させたり，OS の実行を停止あるいは開始したりすることがある。これらのオペレーションを効率よく行うため，1回のテスト用コマンド投入で，複数 VM にそのコマンドを実行させるコマンド一括投入機能を提案する。

3. OSTD/MV の機能仕様

(1) 画面操作方式

OSTD/MV で実施する操作は，①被テストシステムの環境を設定する操作，②複数計算機の OS 操作，および③プログラムとテスト結果を編集する操作である。これらの操作を1台の TSS 端末で行うため，操作別に3種 (①テスト支援画面，② OS 画面，③ TSS 画面) の専用画面を設けることにした。このうちテスト支援画面は，複数 OS の連動テストに必要な環境を一人の設計者が容易に設定できることを狙い，当端末から開始した全 VM の状態を表示する。本画面でのコマンド投入時には，コマンドを実行する VM を特定する必要があるため，コマンドに VM 識別子を付加する。ただし，コマンド投入のたびに VM 識別子を指定するとテスト効率が低下するので，投入先の VM に変更がなければ，前に指定した VM へのコマンドであるとみなす。また，コマンドの先頭に '&&' を付加すると，全 VM にコマンドを一括投入できる機能を提供した。

図1に，OSTD/MV における画面遷移を示す。重要なメッセージを設計者が見落とさないようにするため，端末に現時点で表示されていない画面にメッセージ出力が生じたときは，画面切り替えの要求を表示することとした。ただし，特定 OS のテスト操作に専念したい場合には，出力メッセージを監視する被テスト OS を指定し，その他の OS 画面に出力情報が生じていても，画面切り替え要求表示を行わない画面切り替え

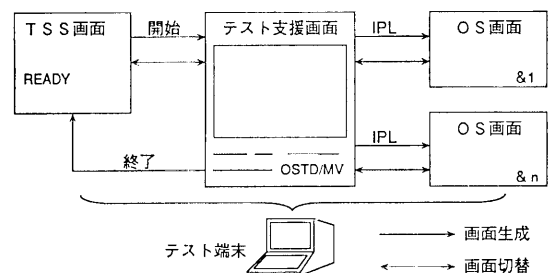


図1 OSTD/MV における画面遷移

Fig. 1 The screen change in OSTD/MV.

表 1 画面操作コマンド一覧
Table 1 Commands related to screen operations.

項番	名称	機能
1	OSTDMV	OSTD/MV セッションの開始
2	VMON	VM の生成
3	SELECT	指定した OS 画面への切替
4	CHGSCR	画面切替要求抑止モードの設定/解除
5	SHOW	当該端末から開始した全 VM の状態を表示
6	VMOFF	VM の消去
7	OSTDEND	OSTD/MV セッションの終了

抑止機能を設けた。上記画面切り替え、および複数 VM の生成と消去は、テスト支援画面からの画面操作コマンド（表 1 参照）により操作する。

(2) 複数 OS と端末間の通信方式

1 台の端末から複数計算機を操作するためには、端末と複数 VM 間で通信するためのパスが必要である。通信時に相手 VM を識別するため、端末から VM を開始する度に、端末と新 VM 間の論理的な通信パスを追加生成することにした。

OSTD/MV は 1 台の端末から複数 OS を操作するため、端末と複数 VM 間の通信処理、および OS コンソール画面情報などの通信データ量が多くなると予想される。そこで、端末仮想空間に通信データを格納する多大なバッファを設けるとともに、VM ごとに異なる通信バッファを割り当てて多重処理することにした。

(3) テスト自動化

LCMP 上の複数 OS のテストを自動実行するために、OSTD/MV においても、OSTD/AUTO による複数 OS へのコマンド自動投入を可能にした。複数 OS の中で、ある程度テスト済みの OS のオペレーションは自動実行することにより、一つの被テスト OS の OS コンソール画面のみを表示して、設計者が集中して操作することができる。

4. OSTD/MV の評価

(1) 操作性評価

被テスト OS の操作性について、OSTD/MV と従来のテスト支援システムとを比較した。ここで行った操作は、

① 2 台の仮想計算機を結合した仮想 LCMP の生成、

- ② 各仮想計算機上で OS を IPL,
- ③ 複合システム制御機能の立上げ,
- ④ 実行ステップ数測定ジョブの起動,
- ⑤ 計算機間の排他制御ジョブの実行,
- ⑥ その他のテスト操作,

および上記操作の繰り返しである。端末間移動回数は、従来の OSTD では 1 時間当たり 50 回に対し、OSTD/MV では移動の必要がなくなった。また、コマンド投入回数は、従来の OSTD は 1 時間当たり 132 回だったが、OSTD/MV の複数 VM 一括コマンド投入機能により、約 15% 削減できた。以上から、OSTD/MV の操作性は従来の OSTD より向上したことがわかる。上記効果は、被テスト OS 数の増加に比例して高くなる。

(2) 性能評価

複数 OS のテスト操作を 1 端末上で行うため、応答性能の低下が懸念される。テスト自動化機能を用いて OS を IPL したときの実行経過時間は、被テスト OS 数が 2 台になっても、1 台のときと比べて IPL 実行時間は約 1% 増加するにとどまった。IPL は OS コンソール画面情報量が多くなるとともに、OS のテストを始めるとき必須の操作であるため、IPL 実行時間がテスト工程に与える影響は大きい。また、画面切替時間およびコマンド応答時間についても、被テスト OS 数が 1 台と 2 台で同等だった。OSTD/MV における複数 OS のテスト性能の低下は軽微と考えられ、操作性や次に述べる効果に比べて小さい。

(3) 適用効果

OSTD/MV を新アーキテクチャ用大型汎用 OS のジョブ入出力サブシステム、通信制御機能を用いた統合情報管理システム等の開発に適用した結果、従来の OSTD の適用と比較して、複数 OS 連動テスト時間の約 2/3 を削減できた。また、OS の全テスト時間を約 10% 削減できた。大型汎用 OS の開発には多くの工数がかかる分、上記テスト時間の削減は、多くの人件費とマシン時間の削減に直結する。

5. おわりに

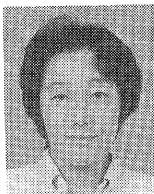
LCMP のテストを効率よく実施し、OS の生産性および信頼性を向上することを目的に、複数の計算機を結合したシステムの開発に必要な複数 OS の連動テストを、1 台の端末から実施できる OSTD/MV を提案した。

参 考 文 献

- 1) Umeno, H.: New Methods for Realizing Plural Near-Native Performance Virtual Machines, *IEEE Trans. Comput.*, Vol. C 36, No. 9, pp. 1076-1087 (1987).
- 2) Yoshizawa, Y. et al.: Test and Debugging Environment for Large Scale Operating Systems, *COMPSAC '87*, pp. 298-305 (Oct. 1987).
- 3) Tanaka, S. et al.: An Automatic Testing Environment for Large-Scale Operating Systems, *Trans. Inf. Process. Soc. Jpn.*, Vol. 34, No. 2, pp. 246-256 (1993).
- 4) 川崎, ほか: JUST-PC 端末を用いた仮想計算機の遠隔操作支援方式, 第 34 回情報処理学会全国大会論文集, pp. 1121-1122 (1987).
- 5) 岡野, ほか: 多重 OS「江戸」の設計と実現, 情報処理学会論文誌, Vol. 30, No. 8, pp. 1012-1023 (1989).

(平成 6 年 1 月 11 日受付)

(平成 6 年 3 月 17 日採録)



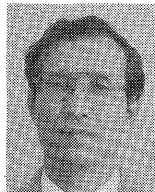
池ヶ谷直子 (正会員)

昭和 60 年津田塾大学学芸学部数学科卒業。同年(株)日立製作所システム開発研究所入所。以来、仮想計算機システムの機能向上方式、オペレーティングシステムの信頼性向上方式の研究開発に従事。



田中 俊治 (正会員)

1956 年生。1979 年九州大学理学部数学科卒業。1982 年同大学理学研究科修了。1982 年より、(株)日立製作所戸塚工場、同システム開発研究所に勤務。仮想計算機システムの高性能化、オペレーティング・システムの信頼性向上などに興味を持つ。



吉澤 康文 (正会員)

1944 年生。1967 年東京工業大学理工学部応用物理学科卒業。同年(株)日立製作所入社。中央研究所に勤務し、HITAC 5020/TSS の研究開発に従事。1973 年発足したシステム開発研究所に勤務。以来、仮想記憶、大規模 TSS、オンラインシステム、など大型計算機のオペレーティングシステムの性能評価ならびに記憶管理方式の研究開発に従事。これらの研究により、1981 年 3 月東京工業大学より工学博士を授与。また、オペレーティングシステムのテスト・デバッグシステムの開発に従事。現在はハイエンドサーバならびに超並列計算機の研究開発を推進している。情報処理学会論文賞(昭和 47 年度)授与。IEEE Computer Society 会員。同研究所主管研究員。著書「オペレーティングシステムの実際」(昭晃堂)。東京農工大学、電気通信大学、東京工業大学、非常勤講師。



梅野 英典 (正会員)

昭和 45 年九州大学理学部数学科卒業。同年 4 月(株)日立製作所中央研究所入所。昭和 51 年 8 月同システム開発研究所へ転勤。平成 5 年 2 月同汎用コンピュータ事業部へ転勤。コンパイラ生産性向上、仮想計算機性能・機能向上方式、OS の性能・信頼性向上方式の研究に従事し、現在メインフレームのロジカルパーティション方式の開発に携わる。ACM, IEEE Computer Society 各会員。



大原 昇

昭和 62 年武蔵工業大学工学部電気工学科卒業。同年(株)日立製作所ソフトウェア工場入所。現在(株)日立製作所ソフトウェア開発本部勤務。