

相互接続試験システム AICTS の機能検討

高橋健一 似内 聡 後藤邦弘 石幡吉則 高橋 薫
高度通信システム研究所 (AIC)

OSI 標準に従ったシステムを運用するためには、事前に適合性試験、相互運用性試験の実施が必要不可欠なものとなっている。しかし、現在では、これら試験のみでは十分に相互接続性は確保できないと考えられており、さらに相互接続試験の必要性が認識されている。そこで我々は、この試験を実現する相互接続試験システム AICTS の開発を進めている。本論文では、相互接続試験システム AICTS の開発にあたり、AICTS 相互接続試験アーキテクチャ、その開発方針、システム構成、機能概要等について基本設計レベルでの検討結果について述べる。

Functional design of the Interconnectability Test System AICTS

Ken'ichi TAKAHASHI Satoshi NITANAI Kunihiro GOTOH Yoshinori ISHIHATA Kaoru TAKAHASHI

Advanced Intelligent Communication System Laboratories (AIC)

6-6-3, Minamiyoshinari, Aoba-ku, Sendai, 989-32 Japan

OSI products require conformance testing and interoperability testing. Also, it is recognized that these tests cannot guarantee complete interworking among OSI products. Testing techniques for interconnectability is an important subject for the realization of interworking of heterogeneous systems that are interconnected through products implementing OSI standard protocols. Therefore we are developing a novel interconnectability test system for protocol implementations, named AICTS (AIC's interconnectability test system). This paper presents the architecture of AICTS, its fundamental concept, system configuration, and summary of functions.

1. はじめに

コンピュータ資源の有効利用等を目的とし、異機種間通信を可能とするための開放型システム間相互接続（OSI:Open Systems Interconnection）が標準化されている。このOSIに従うことにより、異なる情報システム間通信での相互接続が可能なものとなるが、その運用前に相互接続性を確認するための試験が必要である。現在この試験は、主に適合性試験と相互運用性試験により実施されている[1][2]。適合性試験は、試験システムと試験対象システム間でのプロトコル試験を中心とするものであり、実運用状態とは異なる環境下で試験を実施することから、異なる実装間の相互接続性を確認する環境ではない。また、適合性試験に合格し、正しい実装がなされていると判断されたシステム同士でも、標準の持つ選択性、曖昧性等の理由から相互接続が確保されない可能性があることが知られている。相互運用性試験は、実際の製品を実運用状態で相互接続させ、全ての層を含むシステム全体の振る舞いを観測するものであり、故意に設定された異常状態下での試験のような詳細な試験は困難なことから、やはり相互接続性を確認するための試験としては不十分なものと考えられる。そのため、相互に接続された試験対象実装を試験目的に従い制御し、その制御に対するそれら実装の振る舞いを観測する試験、すなわち相互接続試験の必要性が高まっている。しかし、相互接続試験に関していくつかの研究、報告例はあるものの、その統一的な試験アーキテクチャは未だ確立されていない。

そこで我々は、相互接続試験アーキテクチャの確立を目指し、相互接続試験システムAICTSの開発を進めている[3]。これまで我々は、このAICTS開発において、その基本機能となる適合性試験システムACTSの開発を行った[4][5]。AICTSの開発は、ACTSの開発で得られたノウハウを利用し、またACTSの機能拡張により行っている。本報告では、相互接続試験システムAICTSの基本設計レベルで検討した、AICTS相互接続試験アーキテクチャ、開発方針、システム構成、機能概要について述べる。

2. AICTS相互接続試験アーキテクチャ

2.1 適合性試験と相互接続試験

相互接続試験は、適合性試験の実施を前提とする。この2つの試験はお互いに補完関係にあり、どちらか一方のみでは、十分な相互接続性は確保されないものと考えられ、また、最終的に行われる相互運用性試験も必要不

可欠なものである。よって、適合性試験、相互接続試験、相互運用性試験の順に、これら3種の試験を実施することにより十分な相互接続性が確保できると考えられる。そこで、我々は、これまでに適合性試験システムACTSの開発を行い、現在は相互接続試験システムAICTSの開発を行っている。

2.2 適合性試験システムACTS

相互接続試験と適合性試験の違いを明確にするため、適合性試験法について述べる。適合性試験は、試験対象実装（IUT:Implementation Under Test）に対し、その上下の制御、観測点（PCO:Point of Control and Observation）について制御、観測を行う試験である。この方法論に基づいて、我々はこれまでに、適合性試験システムACTSの開発を行った。図1は、その適合性試験システムACTSの論理構成を示す。ACTSは、IUTの下位PCOを制御、観測する下位テスト（LT:Lower Tester）、IUTの上位PCOを制御、観測する上位テスト（UT:Upper Tester）、それらテストの動作制御を行うテストマネージャ（TM:Test Manager）からなる。また、LTはUTと協調動作を行うための試験管理プロトコル（TMP:Test Management Protocol）によるコネクションと、IUTと試験対象プロトコルによるコネクションを確立する。ここで、この試験は試験対象プロトコルに対して行われるが、IUTの実運用環境とは異なる環境下で試験が実施されるため、以下の問題が起こりうるが考えられる。

(1) 適合性試験は、IUTが異種システムと相互に接続した状態での、制御、観測するものではない。よって、適合性試験に合格したとしても、標準の選択性、曖昧性による実装機能の差により、異種システムとの相互接続性が確保されない可能性がある。

(2) プロトコルを中心とした試験であるため、IUTが上位層に対し提供するサービスの試験が十分ではない。

これらはACTSに限らず、一般的な適合性試験システムの問題でもあり、これらを解決する相互接続試験システムが必要となる。

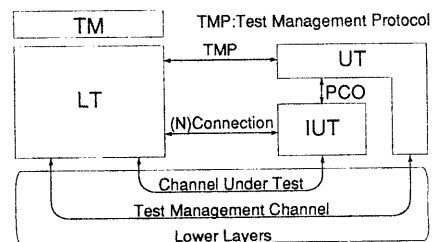


図1 適合性試験システムACTSの論理構成

2.3 相互接続試験の抽象モデル

相互接続試験は、適合性試験の諸問題に対処するために、相互に接続する IUT を試験対象とし、それら IUT を制御し、その制御に対する振る舞いを観測できなければならない。ここに、共に適合性試験に合格し、正しい実装がなされている IUT#A、IUT#B を仮定する。相互接続試験は、一方の IUT に与えた刺激に対し、相互に接続された他方の IUT がどのような振る舞うかを観測するので、双方の IUT の上下に PCO を必要とする。相互接続試験システムは、例えば、IUT#A の上位 PCO に刺激を与え、IUT#A の下位 PCO の振る舞いを観測し、その振る舞いを IUT#B の下位 PCO に刺激として与え、さらに IUT#B の上位 PCO の振る舞いを観測し、それら観測結果からこれら IUT が正しい相互作用をしたかを判断する。そこで考えられる相互接続試験システムの抽象モデルを図2に示す。このモデルによる相互接続試験システムでは、相互の IUT の実装機能に矛盾がある場合、IUT#A の上位 PCO に与えた刺激に対する反応が、IUT#B の上位 PCO に現われない、あるいは期待外の形で現われた、という結果を得ることができ、それによりその矛盾を発見できる。また、双方の IUT に上位 PCO を持つので、IUT が提供するサービスを中心に試験を行うことが可能である。さらに、IUT は、下位 PCO を介して相手 IUT と相互接続するので、その PCO を制御、観測する LT が、模擬的に下位層の異常状態を設定し、その状況

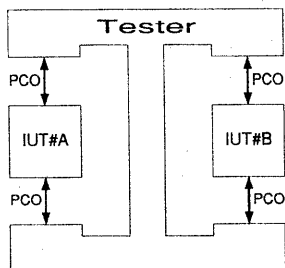
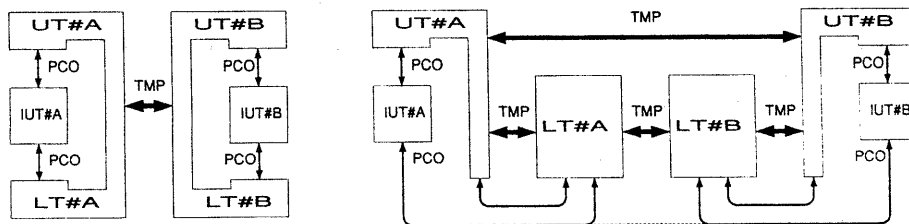


図2 相互接続試験の抽象モデル



(a) テスタの分散

(b) LTの集中配置

図3 抽象試験モデルからのAICTSの論理構成の導出

での IUT の相互作用を観測することが可能である。ただし、この LT は、IUT から見て透過的でなければならない。

2.4 相互接続試験システム AICTS の論理構成

図2に従った具体的な相互接続試験システム AICTS の構成について述べる。図3は、抽象モデルから具体的な AICTS の構成を導出するまでの手順を示す。

(1) 相互接続試験は、相隔たった位置にある2つの IUT に対し行うのが通常である。そこで、図2で示した試験システムを、中心から左右に分割し、双方の IUT と同じ位置に置く。この左右に分割された試験システムは、お互いに IUT に対する制御、観測情報をやり取りし、協調動作を行う必要がある。そこで、適合性試験と同様に TMP を定め、TMP により規定される試験管理メッセージ (TMM: Test Management Message) を送受信し、その協調動作を行う。また、双方の IUT の上位 PCO を制御、観測する部分を UT#A、UT#B とし、下位 PCO を制御、観測する部分を LT#A、LT#B とする (図3(a))。

(2) LT が実際に IUT の直下に位置し直接的に下位 PCO を制御、観測することは、種々の試験対象システムを構成する上で難しい。また、IUT が実運用状態で実際に使用する下位層を用い試験することが望ましい。そこで、LT は、双方の IUT から見て離れた中間の位置に配置し、下位層を介して間接的に IUT の下位 PCO を制御、観測する。また、この構成であるならば、LT を使用せずに UT のみで上位 PCO だけを制御、観測する試験も可能である (図3(b))。

(3) これら UT、LT は、TMP により協調的に動作を行うが、これらテストの TMP を処理するための負荷を軽減し、その送受信手順を簡易なものとするために TM が必要となる。この TM は、IUT の中間にある LT 上に配し、各 UT、LT に対し TMM を送受信することにより試験システム全体の協調動作を管理する。以上の手順

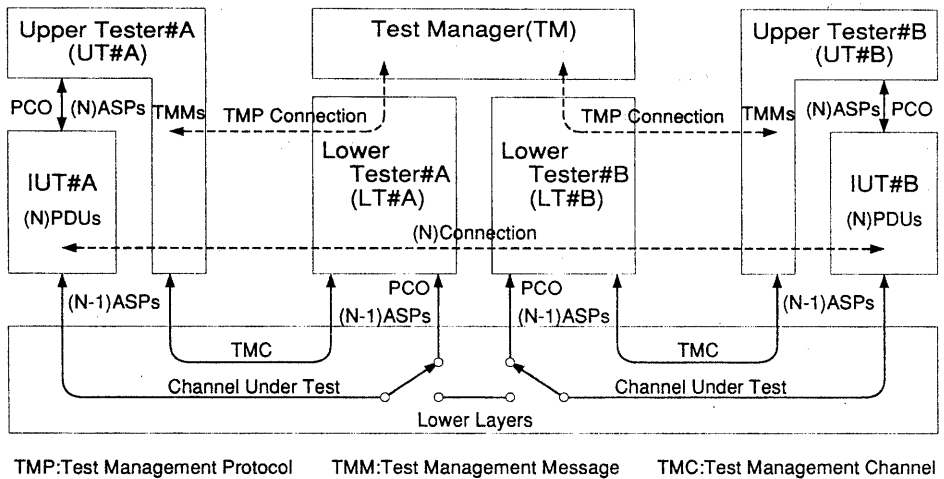


図4 相互接続試験システムAICTSの論理構成

により、図4に示す相互接続試験システムAICTSの論理構成を導出した。

2.5 基本相互接続試験と拡張相互接続試験

2.4で、LTを使用しない相互接続試験と、LTを使用する相互接続試験について述べた。前者の試験は、IUTの上位PCOのみを制御、観測し、LTを使用しないことから、後者に比べIUTの実運用状態に近い環境で試験を行える。また、システムの機能もシンプルなものとなる。そこで、AICTSでは、前者を基本相互接続試験と呼ぶ。後者のLTを使用する試験は、基本相互接続試験システムにLTを加え、下位PCOの制御、観測を行う試験が可能であることから、拡張相互接続試験と呼ぶ。これらシステムの論理構成を図5および図6にそれぞれ示す。ここで、基本相互接続試験は、LTが相互のIUT間に介在せず、IUT間の下位コネクションは直接的に確立されるので、もっともIUTの実運用状態に近い環境での試験が可能である。しかし、試験結

果が失敗の時、下位PCOが無いためにどちらのIUTに原因があるのかを特定できないことが欠点となる。また、拡張相互接続試験は、LTが相互のIUT間に介在し、IUT間の下位コネクションはLTを介し間接的に確立されるので、実運用状態からはやや離れるが、基本相互接続試験の場合とは異なり、試験結果が失敗となった時、その原因となったIUTと、失敗となった理由を特定することが可能である。

2.6 相互接続試験手順

AICTSでの相互接続試験手順について述べる。適合性試験は、静的適合性試験、動的適合性試験準備、動的適合性試験、結果解析、報告書作成の順に行うのが一般的であるが、相互接続試験も同様の順に行うべきであると考えられる。ここで、AICTSによる相互接続試験手順を図7に示す。静的相互接続試験は、相互接続する各IUTの実装機能を宣言するプロトコル実装適合性記述書(PICS:Protocol Implementation Conformance

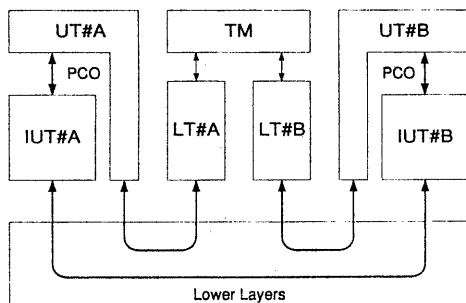


図5 基本相互接続試験システムの論理構成

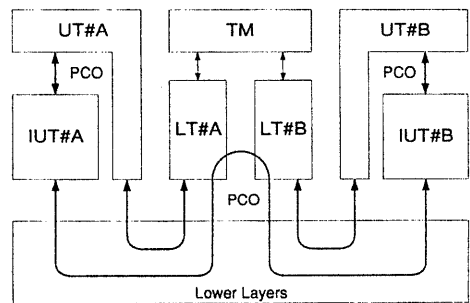


図6 拡張相互接続試験システムの論理構成

Statement) とプロトコル標準とを比較し静的適合性レビューを行う。さらに、相互に接続する IUT の P I C S 同士を比較し静的相互接続性判定を行う。動的相互接続試験は、各 IUT の試験用のプロトコル実装補助情報 (P I X I T : Protocol Implementation eXtra Information for Testing[1], [2]) の設定を行い、その内容について、動的試験が実行可能か検査し、さらに相互の IUT の P I X I T の内容を比較し動的試験の実施が可能か検査する。その後、P I C S により動的試験の実行項目を設定する。動的試験は、スケジュールに従い、動的に相互に接続する IUT の P C O の制御、観測を行う。結果解析、報告書作成は、動的相互接続試験により記録された試験の実行ログ情報、トレース情報等をもとに動的試験の結果解析を行い、最後に、これまでの結果等から、相互接続性の有無等について記述する報告書を作成し相互接続試験を終了する。

3. 相互接続試験システム A I C T S の開発

3.1 A I C T S の開発基本方針

これまでに述べたことを踏まえ、次に示す諸元の相互接続試験システム A I C T S を開発することとした。

- (1) 試験対象：トランスポート層エンティティ [6]
- (2) プロトコル：トランスポート・プロトコル・クラス 2
- (3) 抽象試験スイート記法：TTCN, GR
- (4) 下位層：X.25 インタフェースによるネットワーク層
- (5) 試験法：調和試験法

*ここで、下位層は完全であり、伝送するデータの誤り等は発生しないものと仮定する。

また、本システムの設計方針を次に示す。

- (1) 相互の IUT 間に介在する試験システムは、IUT への影響を極力抑さえ、実運用状態に可能な限り近い環境下で試験を行えるものとする。
- (2) 静的試験から、動的試験、結果解析、報告書作成までを一貫して行える統合試験環境を実現する。
- (3) 静的、動的試験の実行を可能な限り自動化する。
- (4) ユーザフレンドリイなインタフェースを提供する。
- (5) TMP の高信頼化と高機能化をはかる。
- (6) 適合性試験システム A C T S のモジュール等の再利用をはかる。

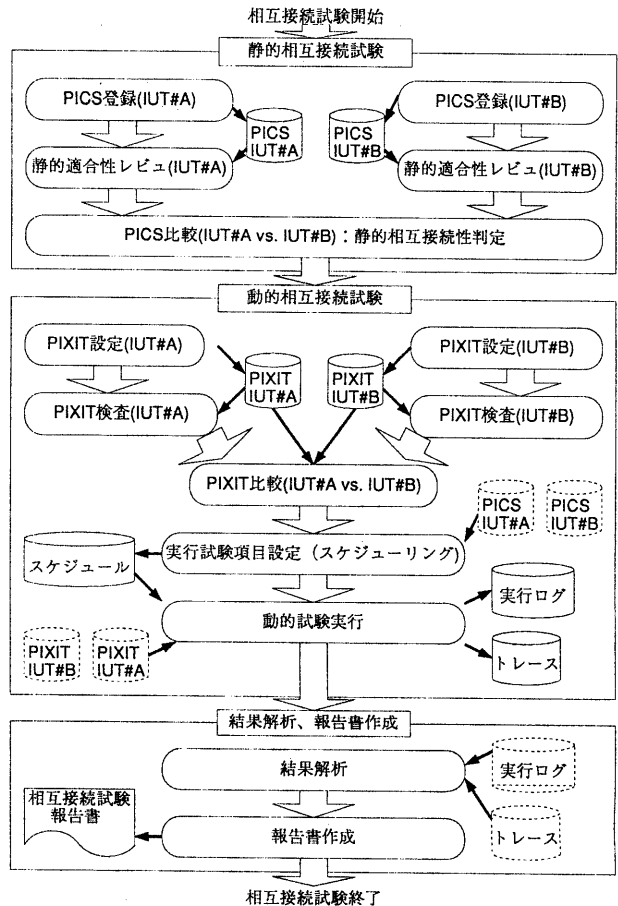


図7 相互接続試験手順

3.2 基本相互接続試験システムの構成

A I C T S の開発にあたり、まず基本相互接続試験機能を備えたシステムの開発を行うこととした。以降論文では、この基本相互接続試験システムについて述べる。

図8にA I C T S 基本相互接続試験システムの構成を示す。ここで、本システムの特徴は、UTが自発的にP C O の制御、観測を行う点である。通常適合性試験システム等で用いるUTは、自発的にP C O の制御、観測を行うことはなく、L T、あるいはT M等のTMPによる指示で動作する。だが、本システムは、トランスポート・プロトコル・クラス2を実装したIUTの試験対象コネクションの多重化機能を試験するために、UTを双方に2つ設けるので、T M、L Tで構成されるシステムの負荷分散を行うために、UTは自発的に動作させることとした。以下、各部について説明する。

- (1) T M：本機能部は、ユーザインタフェース機能を持ち、静的相互接続性判定、動的相互接続試験準備、結果

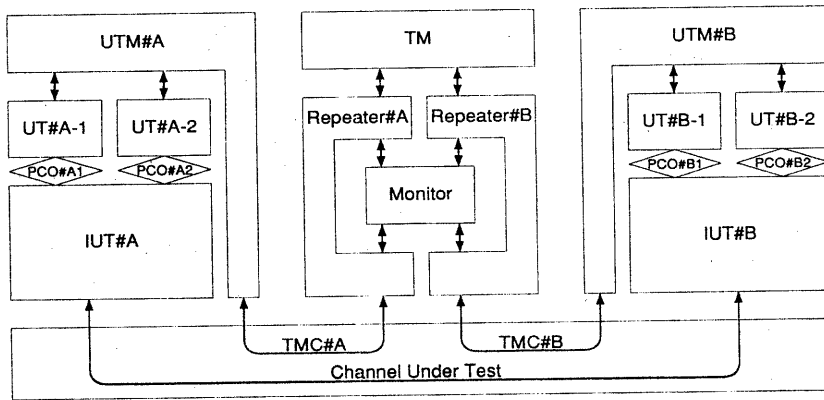


図8 基本相互接続試験システムAICTSのシステム構成

解析、報告書作成を行う。また、動的試験実行時には、スケジュールによる試験の実行をUTへ指示し、UT等の動作管理、各試験項目終了時の実行結果出力、全試験項目終了時の動的相互接続性判定を行う。

(2) Repeater: 本機能部は、TMの下に位置しており、双方のUTに対向してTMと各UT間のTMMの中継を行う。ここで、TMM送受信の下位層のネットワークコネクションは1本だが、双方のIUTの上位にUTは2つ存在するので、Repeaterは、それらUTとTM間で2本確立されるTMPコネクションの多重化を行う。

(3) Monitor: 本機能部は、動的試験実行時のUTによるPCOの制御、観測状況表示、送受信TMMの表示、その他メッセージ表示、実行ログ、トレースファイルの作成を行う。

(4) UTM (Upper Tester Manager): UTMは、双方のIUTの上位にそれぞれ2つ設けられたUTの動作の管理と、TMとUT間の送受信TMMの中継する機能を持つ。この際、Repeaterと同様にTMPコネクションの多重化を行う。

(5) UT: 各IUT上の上位SAPを制御、観測する2つUTは、それぞれ独立に動作し、それぞれのIUTの2つの上位PCOの制御、観測を行う。その制御、観測状況は、逐次TMMを用いTMへ通知される。UTの試験

動作終了後、UTが行った制御、観測結果をTMへ通知し、TMは、それら双方のUTの制御、観測結果により動的相互接続性を判定する。

3.3 試験管理プロトコル

AICTSが、TM、UTの協調動作を行うために定めているTMPにより規定されるTMMを表1に示す。TMは、このTMMの送受信を行うことにより、例えば、UTが現在、試験実行可能な状態にあるかの確認、試験の実行状況、実行結果等を得ることができる。図9は、TMによるUTの動作確認時のTMMの送受信シー

表1 TMM

TMM名称	送信方向	主な機能
ACTIVATE_CHK	TM->UT	TMによるUTの動作確認
ACTIVATE_ACK	UT->TM	UTによるTMへの動作確認応答
PIXIT_SEND	TM->UT	TMによるUTへのPIXIT送信
PIXIT_ACK	UT->TM	UTによるTMへのPIXITの受信応答
ETC_SEND	TM->UT	TMによるUTへのETCの転送
ETC_ACK	UT->TM	UTによるTMへのETCの受信応答
EXECUTE_START	TM->UT	TMによるUTへの試験開始指示
COMPLETE_SEND	UT->TM	UTによるTMへの試験の終了、結果通知
MESSAGE_SEND	TM<->UT	TMとUT間で各種メッセージ転送
MESSAGE_ACK	UT->TM	各種情報、メッセージ等の受信応答

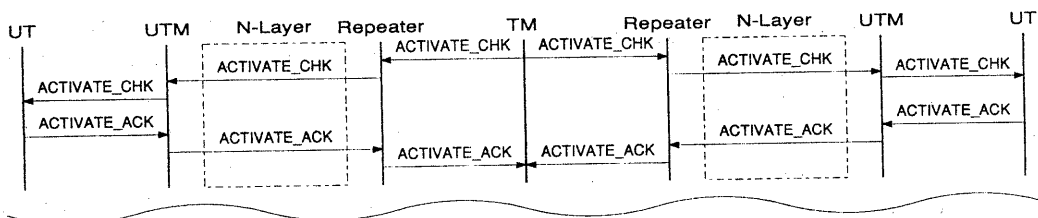


図9 TMM送受信シーケンス例

ケース例を示す。TMは、UTに対するACTIVATE_CHK-TMMを、Repeaterと下位層を介しUTMへ送信する。UTMは、UTへTMMを渡し、UTは動作可能状態であればACTIVATE_ACK-TMMで応答し、UTの動作確認を終了する。

3.3 試験スイートとPCO

一般的に、試験システムは、動的試験を行うためのPCOの制御、観測手順について記述された試験スイートを必要とする。この試験スイートは、IUTを試験するために必要な試験項目を体系化した集合であり、階層的な構造を成す。また試験スイートには、試験目的、手順を明確にするための抽象試験ケース(ATC: Abstract Test Case)から成る抽象試験スイート(ATS: Abstract Test Suite)と、試験システムによる機械的な処理が可能な実行型試験ケース(ETC: Executable Test Case)から成る実行型試験スイート(ETS: Executable

Test Suite)がある。本システムのATSは、TCN、GRを相互接続試験用に拡張したものを扱い、ETSは、ACTSで用いた状態遷移表形式のETS[5]を相互接続試験用に拡張し用いている。このETCは、相互動作する双方のUT上のPCOの制御、観測手順が記述されたファイルを一組とし構成する。また、本システムでは、トランスポート・プロトコル・クラス2の多重化機能を試験するため、IUT上の2本のトランスポートコネクションを試験対象とする必要がある。そこで、試験スイート内の多数の試験項目の中から、試験目的にあった項目を、その2本のトランスポートコネクション上で並列に実行し、多重化機能の試験を実現するものとした。逆に多重化試験ではない場合は、どちらかのコネクションでのみ該当試験項目による試験を実行する。図10(a)、(b)は、非多重化試験、多重化試験におけるUTの動作状況と、試験対象であるトランスポートコネクションの確立状況を示す。なお、ACTSの場

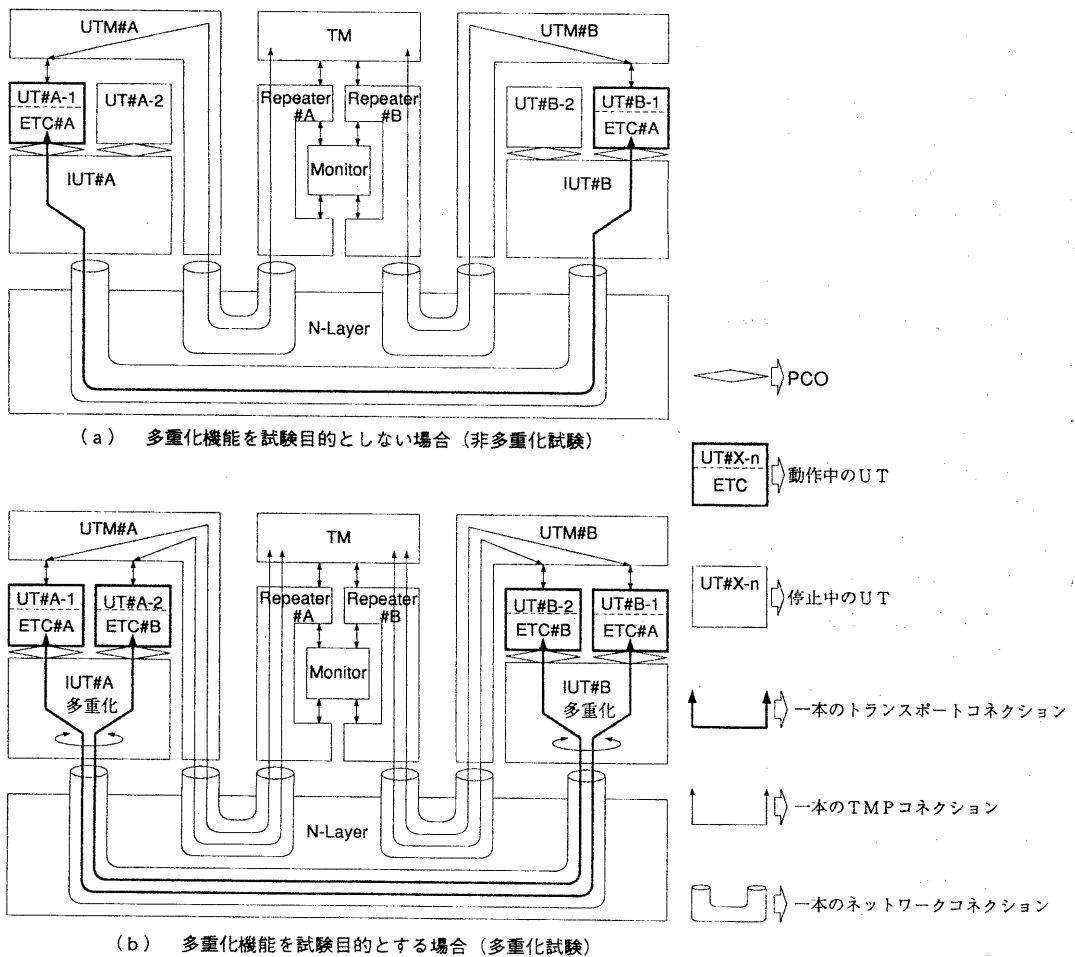


図10 ETCの構成、配置

合を含めて一般的には、E T CはT M、L T等で処理され、U Tはそれらから送信されるT M Mに従い受動的にI U T上位P C Oを制御、観測する。しかし、A I C T Sの場合は、I U T上にU Tが多数存在するので、この方法ではT M Mの送受信数が多くなり、負荷が、T M、L Tに集中する。そこで、T M、L Tの負荷を分散するために、E T Cは各U Tが実行することとした。

4. まとめと今後の予定

本報告では、適合性試験と補完関係にある相互接続試験について、その実現を目指す相互接続試験システムA I C T Sに関し次の点を述べた。

- (1) A I C T S相互接続試験アーキテクチャ
- (2) 相互接続試験システムA I C T Sの開発方針
- (3) 基本相互接続試験システムの構成、機能

今後は、以下のとおり研究、開発を進める予定である。

(1) 基本相互接続試験システム

相互接続試験システムA I C T Sの一機能である基本相互接続試験システムの開発作業を進めるにあたって、静的相互接続試験、モニタリング、結果解析、報告書作成等相互接続試験に有効なユーザインタフェースについて検討し、その実装、評価を行う。

(2) 拡張相互接続試験システム

基本相互接続試験システムの機能拡張を行い、相互のI U Tで矛盾する実装の有無、下位層の異常に対する相互のI U Tの振る舞いの観測等の試験が可能な拡張相互接続試験システムの開発を行う。そのために、I U Tの下位P C Oを制御、観測するL Tの機能構成、多重化試験に対応できるL T上のE T Cの仕様、T M Mの拡張、拡張相互接続試験の判定方法等について検討する。

(3) 模擬I U T

A C T Sの機能評価で用いた試験対象は、社内開発の模擬I U Tを用いた。これは、トランスポート・プロトコル・クラス0を実装するものであるが、さらに、A I C T Sの機能評価用として、トランスポート・プロトコル・クラス2を実装する模擬I U Tを開発した。A I C T Sの実装終了後、この2つの模擬I U Tに対し相互接続試験を実施し、A I C T Sの基本、および、拡張相互接続試験システムの動作確認を行う。

(4) 上位層を対象とした相互接続試験

A I C T S相互接続試験アーキテクチャを応用して、トランスポート層より上位層の相互接続試験システムについて検討する。

謝辞 本研究を進めるにあたって、有益なご助言を頂いた東北大学の野口正一教授、白鳥則郎教授に深謝いたします。また、本研究の機会を与えて頂いたA I Cの緒方秀夫常務、小林主幹研究員に深謝いたします。

参考文献

- [1] CCITT Recommendation X.290:OSI Conformance Testing Methodology and Framework for Protocol Recommendations for CCITT Applications(1988).
- [2] ISO/IEC 9646:Information technology - Open Systems Interconnection - Conformance testing methodology and framework(Jul.1991).
- [3] 後藤他：情報通信システム相互接続のための試験システムA I C T Sの開発、情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会,56-4(1992-07).
- [4] 高橋他：適合性試験システムA C T Sの開発とその評価、情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会,59-2(1993-01).
- [5] 似内他：適合性試験システムA C T Sにおける試験スイートの開発、情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会,59-3(1993-01).
- [6] CCITT Recommendation X.224:Transport protocol specification for Open Systems Interconnection for CCITT Applications(Nov.1988).