

## 移動体通信を用いたE-Mailシステム

山田 剛

サリオンシステムズリサーチ

デジタル移動体通信の一種であるテレターミナルシステムをE-MAILシステムに導入する際の問題点と、試作システムの構造について報告する。テレターミナルシステムは、マルチチャネルアクセス方式を用いた無線方式のデータ交換網であり、9600bpsの速度と誤り訂正・再送機能等を備える。このテレターミナルシステムを有効に活用するため、スプリットUAモデルを基本としたE-MAILシステムの構成を提案し、UNIX上のInternet互換E-MAILシステムの上に試作システムを開発した。この、試作システムは、V.42bisに準拠した圧縮伸張機能を備えるなど、テレターミナルシステムに特化した種々の機能を備える。

## E-MAIL SYSTEM UTILIZING A MOBILE COMMUNICATION MEDIUM

Tsuyoshi YAMADA

Sarion Systems Research Co., Ltd.

This report focuses on the E-Mail system using the Teleterminal System, and also describes the structure of our prototype. The Teleterminal System is a public switched radio data network utilizing a multi-channel access method, having a speed of 9600 bps, and functions such as for error correction and re-sending control. For effective use of the Teleterminal System, we have proposed an E-MAIL system structure based on a split UA model, and have developed a prototype on the Internet compatible E-MAIL system of UNIX. This prototype has functions especially for the Teleterminal System, including the compression-expansion function which conforms to V.42bis.

# 1. はじめに

通信回線とコンピューターを用いた電子郵便（以後、E-MAIL）システムは、欧米圏では非常な発達を見せ、日本国内においても、企業等における利用例が次第に増えつつある。E-MAILシステムは、社会における情報伝達システムとして認知され始めたという現状であるが、その有用性から、既に多数のシステムが存在しており、公的または私的に運用・維持されている。

E-MAILシステムは、基本的には、コンピューター間を相互接続したネットワークであり、その接続には有線回線が用いられる。しかし、最近では、無線伝送でありながら信頼性の高いデータ通信システムが利用できるようになってきており、無線伝送をE-MAILシステムに導入することが考えられるようになってきた。無線伝送をE-MAILシステムに導入することができれば、従来にはないメールサービスをユーザーに提供することが可能となる。さらに、小型携帯端末を併せて導入することによって、ユーザーの所在地を限定しない、融通性のあるE-MAILシステムが構築できると期待される。

このように、無線伝送を用いたE-MAILシステムは数々の長所を持つと考えられるため、筆者等はそれを具体化すべく、テレターミナルシステムを用いたE-MAILシステムの開発を開始した。テレターミナルシステムは、1989年12月に東京区部において運用を開始した無線デジタル公衆交換網である。その性能は後述するように、業務用のデジタル伝送媒体として、十分な性能を備えている。

本稿においては、まずテレターミナルシステムの概略について解説し、従来のE-MAILシステムの特徴を分析した後、我々がE-MAILシステムに採用したモデルと実際のシステムの構造について述べる。

## 2. テレターミナルシステムの概要

テレターミナルシステムは、自動車電話等と同じくセルラー（ゾーン）方式を採用した無線システムである。システム全体は、Fig.1のように、ユーザーが所有する多数の陸上移動局と、事業者側が設置する基地局（数kmおきに設置）・共同利用センター、ユーザーが設置するユーザーセンターなどから構成されている。

### 2.1 事業者側システム

現在、テレターミナルシステムのサービスエリアは東京23区内となっており、ゾーン半径3kmで合計14箇

所の基地局（TT）が設置されている。

これら基地局は、有線回線で共同利用センターに接続されており、自ゾーン内にいる陸上移動局との送受信を行う。送受信制御は、マルチチャネルハイブリッドポーリング方式と呼ばれる方式で、基地局と陸上移動局の間は多数の通信チャンネル（Sch）と制御チャンネル（Cch）の2種類の無線チャンネルを使用し、制御チャンネルによって指示された通信チャンネルを用いて、陸上移動局と基地局が通信を行う。

一方、共同利用センター（CC）は1箇所のみが設けられており、陸上移動局とユーザーセンター間の通信および陸上移動局同士の通信を実現するための、パケット交換機能を備えている。また、テレターミナルシステム全体の制御・管理も、この共同利用センターの役割である。

### 2.2 ユーザーセンター

ユーザーセンター（UC）はユーザーが設置するもので、陸上移動局と実際にデータのやり取りを行うホストコンピューターなどが、これに該当する。ユーザーセンターは、共同利用センターと有線または無線回線により接続され、接続回線の違いによってそれぞれ、UC-WおよびUC-Rと呼ばれる。

UC-Wは、Table 1にあるように、専用線・パケット交換回線または公衆電話網によって共同利用センターと接続されており、BSCまたはX.25手順によって共同利用センターとの通信を行う。UC-Rは、ハードウェア・通信方式的には陸上移動局とまったく同じものであり、その果たす役割によって区別されるのみである。UC-Rは、半ば固定的に設置され、ユーザーのホストに接続されている陸上移動局、と考えればよいだろう。

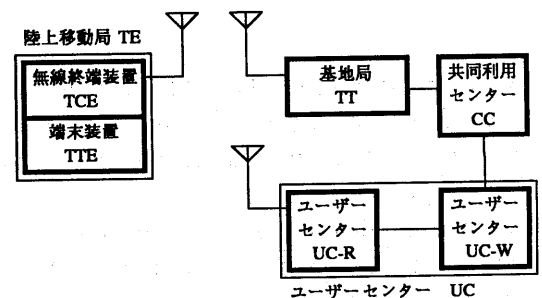


Fig.1 Teleterminal System

## 2.3 陸上移動局

陸上移動局 (TE) は、通常、自動車に搭載されたり人間が携帯できる型の小型通信装置として、構成される。陸上移動局は、本来の通信機能を実現する無線終端装置 (TCE) と、送受信データのデータ処理を行う端末装置 (TTE) からなる。

陸上移動局は、2種類に分類され、無線終端装置と端末装置が筐体に納められたものを一体型、それぞれが独立しているものを分離型と呼ぶ。今回の試作には、分離型の無線終端装置を使用し、端末装置は通常のワークステーションおよび携帯型パーソナルコンピューターを用いた。

## 2.4 諸元および性能

陸上移動局・基地局間の無線通信方式の諸元[1]、今回使用した無線終端装置の諸元、および伝送コストを Table 1,2,3に示す。

テレターミナルシステムの通信方式では、狭帯域無線方式としては高速な9600bpsという速度でデータ伝送を行っており、再送制御とリードソロモン符合によ

変復調方式	直接FSK
伝送速度	9600bps
送受信周波数	800MHz帯
チャンネル間隔	25KHz
符号形式	NRZ符号
誤り訂正	リードソロモン符号
情報秘匿	スクランブル方式
チャンネル数	319Ch

メーカー名	日本電気
形名	TR5P5W-2A
送信出力	5W
空中線	2ブランチ空間ダイバーシチ方式
電源	充電式NICd電池
外形	22mm*123mm*212mm
重量	約1.0Kg

る誤り訂正によって、公称 $10^{-5}$ 以下の転送誤り率を得ている。また、スクランブル機能により送受信データの暗号化が図られており、無線システムであっても送受信内容の秘匿に関してはまず安全といえる。

無線終端装置については、Table 2にあげたものは、テレターミナルシステム用として初めて発売された第1世代の装置であるため、今後小型化などが進むものと考えられる。だが、5Wという送信電力を考えると、この第1世代の装置でも、非常に小型であるといえることができる。

伝送コストについては、Table 3からわかるように、バイトあたりの通信コストは、かなり高く、有線パケット網であるDDX-Pの12倍の価格である。

## 3. E-MAILシステムの構造

### 3.1 MTA/UAモデル

E-MAILシステムは、通常の郵便が果たす機能を電子的に代替し、電子化による付加価値を加えたシステムと行うことができる。しかし、現在稼働しているE-MAILシステムの実現・運用形態は極めて多様であり、個々のシステムごとにまったく異なった構成を採用していると言ってもよい。

国内の第1種や第2種の通信事業者が運営する公的または準公的なE-MAILシステムは、集中化されたシステム構成をとっている。一つまたは少数のメール蓄積ホストを設け、そのホストに対し送信者や受信者（以後、単にユーザー）が通信回線経由でアクセスするといった、集中方式である。私的に運用されるBBS等も、この集中方式の一形態と見做すことができる。また、JUNET[3]等で代表されるUNIXネットワークは、集中したメール蓄積ホストを持たず、中継転送を繰り返すことにより目的地までメールを送り届けるパケツリレー方式を採用している。

標準通信	1.2円/packet
1ゾーン同報	0.5円/packet
全ゾーン同報	6.0円/packet
Note 1 : 1packetは32octetに固定	
Note 2 : 4000packet/月以上は料金逓減制あり	

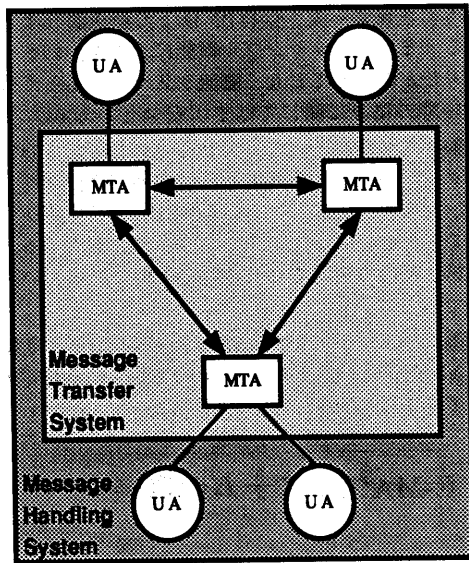


Fig.2 E-MAIL system based on OSI model

この他にもE-MAILシステムにはいろいろな中間形態が考えられるが、抽象化すれば、各種E-MAILシステムを、Fig.2のようなOSI提唱のモデル（例えば[4]）として統一的にとらえることができる。Fig.2の中のMTA（Mail Transfer Agent）は、メールの管理・配送を行う実体であり、UA（User Agent）は、ユーザーがメールの送信・受信を行うためのユーザーインターフェース実体である。

### 3.2 テレターミナルシステムの導入

我々のE-MAILシステムは、Internetで広く用いられているUNIX上のE-MAIL関連ソフトウェアを拡張する形で、インプリメントされている。

UNIX上のE-MAIL関連ソフトウェアでは、sendmail[5]等のメール配送モジュールがFig.2のMTAに相当し、ucb-mail・bin-mail・mh等のメーラーソフトウェアがUAに相当する。MTA相互・MTA-UA間は、通常LANやWAN等の通信手段によって接続されるのであるが、我々のE-MAILシステムでは何処にテレターミナルシステムによる無線回線を導入するかを、決めなければならない。

まず、MTA間の通信であるが、UNIXシステムの場合、MTA間の転送は即UNIXホスト間のデータ転送ということになり、3.1で述べたようにUNIXのE-MAILシステムでは中継転送が多いため、この部分のトラフィックは非常に大きくなる。そのため、Table 3のようにコ

ストの高いテレターミナルシステムを使用するのは、賢明ではない。また、MTAが搭載されたUNIXマシンは、ラップトップ機でもない限り移動はしないので、MTA間通信は有線のままとする。

次に、UA-MTA間の通信であるが、UNIXシステムの場合、UAと対話するユーザー（すなわち、メールの発・受信人）は、普通MTAが存在するそのUNIXマシンの前に座っており、UAはMTAと同じマシン上で稼働している。そのため、MTA-UA間通信は、通常は一つのUNIXマシン内でのプロセス間通信、またはファイル渡しの実現されている。

一方、我々のE-MAILシステムでは、E-MAILシステムのユーザーは携帯端末を使用することを前提としており、UAは原則的にはMTAと異なるコンピュータ上で動作することになる。そこで、UA-MTA間通信には、テレターミナルシステムを用いた無線伝送を採用するが、単に従来のUNIX上のUAソフトウェアを携帯端末側に移動させただけでは、問題がある。

## 4. 問題点と新しいシステム構造

### 4.1 無線回線で接続されたUAの問題

UAを稼働させるコンピュータとして、携帯可能な小型コンピュータを使用した場合、そのハードウェア的な制約から、次のような点に留意しなければならない。

- (1) 処理性能が低い
- (2) 記憶容量が小さい
- (3) 使用電源の制約により信頼性に限度がある
- (4) ユーザー認証が不確実である
- (5) 無線回線の料金体系が通信プロトコルに影響する

(1) にあるように、一般的に言って、携帯端末はMTAが稼働しているホストよりも処理性能が低く、本来UAの備えるべき機能であっても、可能な限りMTAが稼働しているコンピュータ側で援助することが望ましい。また、(2)で述べているように記憶容量が小さいため、着信メールの保存が携帯端末側では完全にできなかったり、電池動作(3)という関係から、記憶されている着信メールも安全に保存される保証はない。

(4)のユーザー認証の問題は、携帯端末は一般にシングルユーザー型のコンピュータであるため、携帯端末自体がユーザー名を認識しておらず、また完全

に独立して運用されている携帯端末を信頼することも危険であることから生じてくる。

最後の(5)にある料金体形と通信プロトコルの関係であるが、これは、テレターミナルシステムのような移動体通信では通信コストが高いため、重要な問題である。もし、使用する無線回線が接続時間に依存する料金体形を適用しており、通信データ量に対する従量料金よりも比重が高い場合、UA-MTA間通信を対話型とすると高価になってしまう。このような場合、パースト的なメール転送が望ましい。また、逆に通信データ量に対する従量料金の比重が高い場合は、UA-MTA間で対話を行い、極力ユーザーが必要とする情報にのみ通信内容を限定することが望ましい。さらに、このようにUA-MTA間の通信形態が変更されてくると、UAが提供するユーザーインターフェースも大きく影響を受け、(1)から(3)で述べたUA側でのメール蓄積をどの様にするかと言う問題にも大きく関わってくる。

## 4.2 スプリットUAモデル

4.1であげた問題点の一部分は、米国における幾つかのE-MAILネットワーク開発プロジェクトにおいても言及され[6-7]ている。これらのE-MAILネットワークは、ユーザー用の端末としてパーソナルコンピュータを使用しようとしているところに、我々のE-MAIL開発と共通する動機がある。

文献[6]においては、これらの解決策としてスプリットUAモデルが提案され、POP3というプロトコルが定義されている。このスプリットUAモデルというのは、4.1の(1)から(3)で述べたUAを実行するコンピュー

ターの能力不足を補うため、UAを2分割にし、Fig.3のように一部をMTAが稼働しているコンピュータに、残りの部分をユーザー保有のパーソナルコンピュータに持たせようというE-MAILシステムのモデルである。また、文献[7]においても、スプリットUAモデルという用語こそ使われていないが、DMSPというプロトコルが定義され、同様のモデルに基づいたPCMAILというE-MAILソフトウェアの開発が行われている。

ここで、以後の説明を行うために、スプリットUAモデルで、MTAと同じ側にあるUAモジュールをUAS (UA Server)、携帯端末などユーザー側にあるUAモジュールをUAC (UA Client)と呼ぶことにしよう (Fig.3参照)。

先のPOP3では、ユーザーインターフェースの機能はUASとUACに分割されているが、メールはすべてUASが蓄積している。しかし、この方法であると、ユーザーのメール読み出し請求の度にUASとUACの間でデータ転送が発生し、我々のようにコストの高い無線回線をUAS-UAC間に使用するシステムにはふさわしくない。

一方、DMSPのモデルでは、Fig.3と全く同じにUASとUACが共にメール蓄積のための記憶エリアを持っている。UASに蓄積されているメール内容がマスターであり、UACの持つ記憶エリアは、そのリードキャッシュとして機能する。DMSPでは、ユーザーがメールの読みだしを要求したとき、UACにその内容が存在すれば、UASには読みだし要求を出さない。また、UACの記憶エリアの内容が壊れているか古過ぎると判断された場合には、自動的にUASからUACへのインデックスの再送が行われる。

## 5. 試作E-MAILシステム

本章では、以上の考察に基づき試作されたE-MAILシステムの構成について述べる。

### 5.1 採用したモデル

スプリットUAモデルでは、メール蓄積用の記憶エリアの配置として、POP3・DMSPの配置以外にも、すべてのメール用記憶エリアをUACに持たせる配置が考えられる。しかし、4.1の問題(1)から(3)によって、現在この方式に魅力はない。近い将来、テレターミナルシステムにおいて回線交換サービスが開始されたとき、経済的なパースト転送方式が使用できるという点で長所があるが、現時点では、DMSPと同じくUAS・UACが共に記憶エリアを持つ方式が最も適している。

我々のE-MAILシステムは、UACの記憶エリアをリー

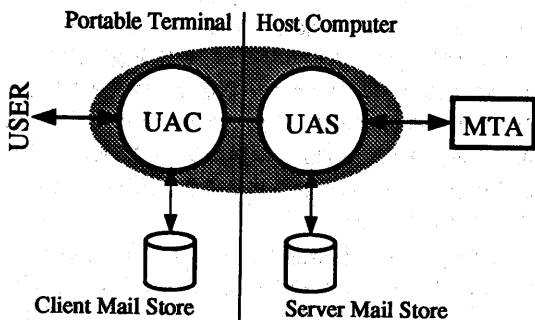


Fig.3 Split UA model and storage allocation

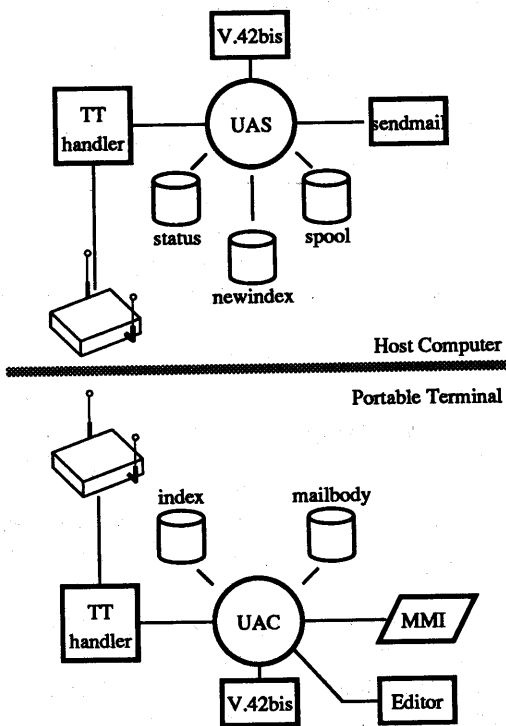


Fig.4 Block diagram of prototype system

ドキャッシュとして使用する点で、DMSPと同じである。だが、想定しているUAC端末がDMSPよりさらに小型である点、UAS-UAC間の冗長な通信とハンドシェイクを極力抑える必要という2点から、プロトコルは全く異なった独自のものである。

## 5.2 構成

我々のE-MAILシステムの構成をFig.4に示す。

UNIX上のMTAであるsendmailに着信したメールは、プロセス間通信を介してUASに渡され、ここでspoolファイルに格納される。同時に、この着信メールのヘッダ部のみが、newindexファイルに書き込まれ、後ほどUACからの着呼があったときUACに対して送信される。また、statusファイルは、現在のUACの状態を保持しているファイルである。

UASは、TThandlerプロセスを介して、UACが動作している端末と通信を行う。今回使用した無線終端装置(TCE)は、非同期通信であるがBSC手順に準拠し

た手順を用いて通信を行うため、このプロトコル処理を行うのが、TThandlerである。

UASは、また、送信するメールのヘッダおよびボディを、CCITT V.42bis手順[8]に準拠した圧縮手順により圧縮してから、UACに対して送信している。同様にUACから受信したメールも圧縮処理がなされており、V.42bisモジュールはこの伸張処理を行う。

本E-MAILシステムのUAC側は、メールヘッダと状態フラグを対にしたリストをindexファイルに格納しており、UAS側から送られてきたメールボディは、mailbodyファイルに格納される。また、UAS側と同様のV.42bisモジュールを備えており、圧縮伸張処理を行う。

UAC側から発信するメールは、現在のところ、外付けのエディターで作成・編集した後UASに対して送信し、UASとsendmailによって解釈し転送している。

## 5.3 プロトコル

本E-MAILシステムのUAS-UAC間のブロックフォーマットをFig.5に、送受信の例をFig.6に示す。

最初、UAC側から発呼し、着呼が確認された後、UAC側から認証情報とUAC側のバッファサイズが送られ(A)、その返信として認証確認と新着メールのヘッダ部が連続して送られる(B)。UAC側のユーザーがメールの内容を読みたいと指示した場合には、UAC側でそのメールのボディが既に受信されていないか調査し、受信されていない場合には、UASに対して要求を出す(C)。その結果、UASからメールボディが圧縮されて送られ(D)、UACのindexファイル中の該当エントリーに受信済のマークが付けられる。

本E-MAILシステムでは、この他、UAC側のindexとmailbodyファイルをクリアした後、UASに要求(E)を出すことによって指定期間内に届いたメールのヘッダリストをUACから再送(F)させindexファイルを初期化する、というリカバー機能を設けている。本E-MAILシステムのリカバー機能は、DMSPより劣るが、小型の携帯端末ではこれで十分であろうという配慮である。また、DMSPとは異なり、UAC側のメール蓄積状態をUAS側に反映させるような機能は、今のところ持たせていない。

本プロトコルで特徴的であるのは、極力UAS-UAC間のハンドシェイクを抑えた点である。これは、短いブロックの交互送信は非常にスループットと経済性を犠牲にするという、テレターミナルシステムの特性を考慮したものである。従来のPOP3・DMSPなど多くのメール関連プロトコルは、SMTP[9]を参考にして定義されているため、細かくハンドシェイクを実行しなが

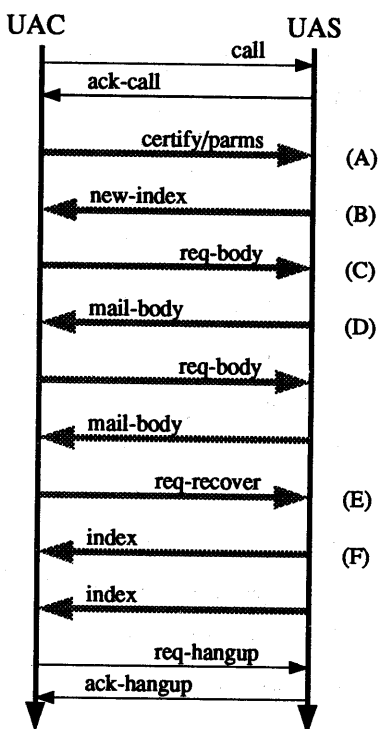


Fig.5 Sample session between UAC and UAS

ら、通信処理を遂行する。しかし、このような方式は、テレターミナルシステムには馴染まないものである。

## 6. 評価

テレターミナルシステムによる通信コストを抑制するため、本システムにはV.42bisアルゴリズムに基づいた圧縮伸張モジュールを内蔵させた。このモジュールは、V.42bis規格からE-MAIL伝送に必要な部分だけを抜き出したサブセットとなっている。

本システムのように短いメールを送信する場合、圧縮が有効に行なわれるか否かが問題となるため、本システムにおいてデータを収集した。結果を、Fig.6に示す。図からわかるように、メールの長さが2KBを越えると、約30%以上の圧縮効果が得られているが、それ以下の場合、10%から20%とあまり高い値は得られていない。この改善策としては、メール用にトレーニングされた辞書を初期状態として用いるなどの方策が考えられる。

また、本システムは開発されたばかりで、送受信スピード・伝搬遅延等のフィールドデータは得られていない。実験室での使用経験では、データ伝送のスループットは十分であるが、接続時および切断時などの遅延が少し大きく、使用感に影響を与えている。

## 7. おわりに

以上、テレターミナルシステムを分割されたUA間の通信に利用したE-MAILシステムについて述べた。

本システムのようなソフトウェア開発の成否は、ユーザーインターフェースがいかに巧みに作られ、有用性があるかにかかっている。今後、先のデータ圧縮の問題も含めて、システムの改良を行なってゆきたいと考える。

## 謝辞

本システムのV.42bisモジュール作製に協力いただいた東京大学教養学部 伊藤雅俊氏に、感謝いたします。

## 参考文献

- [1] "陸上移動無線データ通信を行う無線局の無線設備", 財団法人電波システム開発センター, 1990
- [2] "テレターミナルシステムユーザーセンタ(UAC-W)インターフェースマニュアル", 日本電気, 1989
- [3] T.L. LaQuey, "The user's directory of computer networks", Digital Press, 1990
- [4] U. Black, "OSI: A model for computer communication standards", Prentice Hall, 1991
- [5] E. Allman, "SENDMAIL -- An Internetwork mail router", Software Documents, Britton-Lee, Inc. 1989
- [6] M. Rose, "Post office protocol - Version 3", RFC 1081, DARPA, 1988
- [7] M. Lambert, "PCMAIL: A distributed mail system for personal computers", RFC 1056, DARPA, 1988
- [8] "Data compression procedures for data circuit terminating equipment (DCE) using error correction procedures", Blue Book V.42bis, CCITT, 1990
- [9] J.B. Postel, "Simple mail transfer protocol", RFC 821, DARPA, 1982

Fig.6 Efficiency of V.42bis module

