# 1 FD Linux を用いたネットワーク学生実験について

## - その1 - ルーティング実験

## 南斉 清巳\*

## 井手尾 光臣\*\*

## \*小山工業高等専門学校 電子制御工学科

\*\*小山工業高等専門学校 技術室

概要 1枚のフロッピーディスクで動作する1FD Linuxを用いて、 TCP/IPパケット解析実験、ルーティング実験、パケットフィルタリング実験 などの各種ネットワーク実験が行える学生用実験システムの構築を試みた。 本報では1FD Linuxをルータとして使用した時の実験方法等について報告 する。

1.はじめに

CPU を は じ め、 PC の 急 速 な 性 能 向 上 と Windows 系の OS が必要とするハードウェア リソースの肥大化の相乗効果により、PC は数 年で見向きもされずに廃棄されるケースが多 くなってきている。これら一線を退いた PC の 有効利用を考えたとき、PC UNIX であればま だまだ十分活用が可能と考えた。そこでフロッ ピーベースで動作する Linux を用い、学生実験 用として、TCP/IPパケット解析実験、ルー ティング実験、パケットフィルタリング実験、 簡易ファイアーウォール実験、サーバ構築実験 などの各種ネットワーク実験システムとして 利用した。その結果、旧型の PC でもこれらの 実験には十分活用できる上、学生個人毎にフ ロッピーでシステムを管理できるため非常に効 果的に実験が行えることわかった。

2. PC-UNIX のディストリビューションの選定

まずフロッピーベースで動作し、ルータとし て利用できる PC-UNIX のディストリビュー ションを探すことから始めた。旧型のPC とは言え、今回使用した PC は CPU が Pentium 75MHz以上、メモリは24MB以上あるのでル ータとしての動作には問題が無い。486程度の CPUでも利用可能であるためほとんどの旧型 PC の再利用が可能である。一番問題となるの はネットワークカード(以下NICと呼ぶ)の 対応である。ジャンク品の NIC も利用できる よう、できるだけ幅広い NIC に対応したもの が望ましい。特に旧型 PC では拡張バスとして ISA バスが多いため NIC の設定(IRO および I/O ポートアドレス)が面倒である。 これらの 点を考慮して今回の目的にかなう PC-UNIX をインターネットで探した結果、次にあげるも

のが候補として挙がった。

- (1)LRP
- (2) IPnuts3.4 (1)
- (3)FloppyFW
- (4)GNAT Box Light(米国 GTA 社)

上記(1)~(3)は Linux 系、(4)は FreeBSD 系 である。

この中から、(2)の Ipnuts3.4を使用する ことにした。理由は、Ipnuts3.4の開発は国内 の「セサミ有限会社」(http://www.s-me.co.jp) が行っており日本語のマニュアルが整備され ていること、各種設定をWebベースで行える こと、対応するNICカードの種類が幅広いこ となどである。尚、Ipnuts3.4 自体はLRP 2.9.8 をベースにしている。Ipnuts3.4 には次のよう な特徴がある。

- LRP 2.9.8 (Linux Router Project http://www.linuxrouter.org/)をベース に開発されており、1枚のFDで動 作する
- Web ブラウザから各種設定ができる
- NAT ボックスとして使用でき、CATV や xDSL などの常時接続環境で IP シ ェリングを行い、1 つの IP アドレス で 複数の PC をインターネットに接 続できる
- 簡易ローカルルータとして使用できる
- DHCP クライアント機能がある
- LAN側に対してDHCPサーバ機能が あり、パソコンのネットワーク設定を 自動化できる
- ADSL で利用される PPPoE に対応 している
- ポートフォワードとフィルタリングの機能で簡易ファイアーウォールとして使用できる

- ポートフォワードでまたはNATで内 部サーバを公開することができる
- ネットワークカード3枚までサポー トしており、DMZ セグメントを作る ことができる
- シリアルコンソールがサポートされているので、パソコン本体にキーボードやディスプレイが無くても設定できる
- HDD は必要ない
- RAM ディスク上で動作するので、面 倒な shutdown 操作が必要ない
- FDなどはマウントしないので、起動 後抜き取っておける
- ブートディスクのフォーマットは DOS なので、パソコンからパッケー ジをコピーすることで簡単にアップ グレードが可能である

3.パケットアナライザ

ネットワーク実験を行う場合、TCP/IPパケ ットを目に見える形で表示してくれるプロト コルアナライザがあると非常に効果的である。 Linux 等で使用されている tcpdump の利用は 手軽であるが初心者にとっては表示形式が分 かりにくいものとなっている。ここではパケッ トを非常にわかりやすい形で表示してくれ、し かも広範囲なプラットフォームに対応してい  $\mathcal{F}$ [Ethereal](http://www.ethereal.com/)  $\mathcal{E}$   $\mathcal{V}$   $\mathcal{I}$ フリーソフトのプロトコルアナライザを 利用した。このソフトを利用するためには 「WinPcap」(http://winpcap.polito.it/)というフリ ーのパケットキャプチャドライバのイン ストールも必要となる。これらのソフトは Windows95 にも対応しているので、旧型のノー ト PC(Pentium120, メモリ40MB, Windows95)

にインストールしてプロトコルアナライザ 専用機として利用することにした。ただし、 Windows95で使用した場合、パケット取り込 み時間の表示が一部正しく表示されない。原因 は不明であるが、実験には大きな支障が無いの でそのまま使用している。

4. 機器およびソフトウェア構成

使用した PC、HUB 等はすべて一線を退い た旧型の機器ばかりである。PC は故障しても すぐに代用機に替え、フロッピーで立ち上げら れるので安心して実験が行える。

- PC(ルータ用2台、通信確認用2台)
- NIC(NE2000 互換、sis900 他)
- IPnuts 3.4 (1 FD Linux)
- ノート PC(Pentium120, メモリ40MB) パケットキャプチャー用
- パケットアナライザ(Ethereal)
- HUB(リピータハブ)3台

#### 5. lpnuts3.4 の基本設定

 Ipnuts3.4のIPアドレス、ネットマスク 等の設定を行う。Ipnuts3.4でWebadmin を使用することにより、ブラウザから簡 単に設定が行える。図1にWebadminの 基本設定画面を示す。



図1 Webadmin の基本設定画面

(2)ネットワーク設定の確認

現在の Ipnuts3.4 のネットワーク設定、ルー ティングテーブル、パケットフィルタ等の設定 状況は Webadmin によって確認することができ る。図2に Webadmin による現在のネットワー ク設定状況の表示例を示す。



図2 現在のネットワーク設定状況の表示

## 6. 実験内容

## 実験1 簡単な LAN の構成

目的

単純な LAN を構成することによって、TCP/IP における I P アドレスとネットマスクの意味と その設定方法を学習する。また、PC の設定内容 を確認するための ipconfig コマンドと通信確認 のための ping コマンドの使用方法について学習 する。



図3 簡単なLANの構成

- (1) 図1に従いPCとHUBを接続する
- PC1およびPC2にIPアドレスおよび ネットマスクを設定する。





(3) それぞれのPCの設定が終わったら
 ipconfig コマンドを用いて設定内容を
 確認する。

ys_t_t_t_t > t	- C ×
2:VDocuments and SettingsVnansai>ipconfig	-
Nindows IP Configuration	
themet adapter ローカル エリア接続 Welco:	
Media State Media disconnected	
thermet adapter ローカル エリア機械 C-Net:	
Connection-specific DNS Suffix : : 17 Address. : : 192.168.0.10 Subnet Mask : : : : : : : : : : : : : : : : : : :	-
C:YDocuments and SettingsVnansai>	

(4) PC1からPC2に対してpingコマンドを用いて通信確認を行う。

real month	- 0 ×
C:¥Documents and SettingsYnansai>ping 192.168.0.20	<u>_</u>
Pinging 192.168.0.20 with 32 bytes of data:	
Reply from 192.168.0.20: bytes:32 time<1ms THL=128 Reply from 192.168.0.20: bytes:32 time<1ms THL=128 Reply from 192.168.0.20: bytes:32 time<1ms THL=128 Reply from 192.168.0.20: bytes:32 time<1ms THL=128	
Pinus statistics for 192,168,0,20: Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0%, loss), Moproximate round trip times in eilli=seconds: Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms	
C:YDocuments and SettingsYnansai>	
	-

(5) 同様に PC 2 から PC 1 に対して通信確 認を行う。

## 発展課題

- (6) PC1のネットマスクとPC2のネット マスクが異なった場合、通信が行える かどうか試してみよ。
- (7) 正しく通信が行えるためにはIPアドレスとネットマスクはどのように設定したらよいのか考えてみよ。

#### 実験2 LAN 同士の接続

目的

ネットワークアドレスの異なるLAN 同士を 相互接続し、通信が行えるようにするためには パケットの経路選択を行うためのルータが必 要となる。ルータはTCP/IP ネットワークにお ける最も重要な役割を持つネットワーク機器 である。この実験ではルータの基本的は働きを 学習するとともに PC にデフォルトゲートウ ェイアドレスを設定する方法を学習する。



## 図4 LAN同士の接続

## 実験方法

- 図4に従い、PC、ルータ1およびHUB を接続する。このときルータとして使 用するPCには3枚のインターフェー スカード(このうち2枚がアクティブ に設定されている)が装着されている ので間違えないように接続すること。
- (2) ルータ1のPCにIpnuts3.4フロッピー ディスクを挿入し起動する。
   各インターフェースカードのIPアドレス とネットマスクは次のように設定されている。

IP アド レス	192.168.0.1	192.168.1.1
***	255.255.255.255	255.255.255.255

(3) PC1およびPC2に対して次のネット ワーク設定を行う。

la <sup>r de</sup> setter set set setter set	PC I and	PC 2
P7ド レス	192. 168. 0. 10	192. 168. 1. 10
ネット マスク	255. 255. 255. 255	255. 255. 255. 255
デフキ ルト ゲート ウエイ	192. 168. 0. 1	192.168.1.1

8	
ットワークでこの相絶がサポートされて ます。 サポートされていない場合は、 キ ください。	いる場合は、IP 設定を自動的に取得することがで ネットワーク管理者に通いな IP 設定を問い合わせ
○ IP アドレスを自動的に取得する(	D)
③ 次の IP アドレスを使う(5)	
ም アドレスΦ	192 168 0 10
サブネット マスク(山):	256 255 255 0
デフォルト ゲートウェイ(ロ):	192 168 0 1
BRARLE TRUCT HERE	reneting and and a second s
() 大の DNS サーハーのアトレスを	<b>X</b> 7/ <b>E</b> /
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
代替 DNS サーバー(A)	ing any and any and any and

- (4) PC 1 からルータ 1 の eth 0 へ ping を打ち、通信可能なことを確認する。同様にPC 2 からルータ 2 の eth 1 へ ping を打ち、通信可能なことを確認する(もし、うまく通信できないときはルータのIP アドレスまたはネットマスクが正しく設定されていない可能性がある。このときは別のフロッピーから起動しなおすこと)
- (5) PC 1 上で「Internet Explorer」を起動し URLhttp://192.168.0.1/に接続すると ルータ1の設定画面が表示される。同様 に PC 2 上で「Internet Explorer」を起動し URLhttp://192.168.1.1/に接続すると ルータ2の設定画面が表示される。

	8	<u>?</u> [X
cei-bin		
ユーザー名(1)	🖸 webadmin	.*
パスワードの	2010	
1	マパスワードを記憶する(日)	
	ОК	キャンセル

<b>N</b>	New 2017	7 X
>++0 880 850 M	2000 9-40 AR70	*
0	/ 🖬 🕁 🛲 🗤 🕐 🖙 🖉 🗳 🖉 🛎 👘	
Cought +	10-24 BL-1	
Pouts	1245-688T)	
STREET, STREET	現在の筆筆は況	
New York Party Processing	DATE 2003/08/29 15:50	
(Alternative states)	キットワーク特徴はたな	
Section and the		
a statement of	weldOUT102.18811255.255.050	
	and Dad be	
Contraction of the	1 7 - 71 <b>00</b>	
Control Control of States	and a summer have	
	192 168 1 0 - 255 255 25 0 0 +++1 193 168 0 0 - 255 255 250 0 +++0	
	Descript - ri-REMAR	
and the second	destis	
	マスカレーナ 10月11九兄	

- (6) ルータの設定画面の左側メニュー上で 「動作確認」-「動作状況」をクリックし ルータの動作状況を確認する。
- (7) PC1のコンソール画面からpingコマンドを使用し、PC2と通信できることを確認する。同様に、PC2のコンソール画面からpingコマンドを使用し、PC1と通信できることを確認する。うまく通信できないときは自分の使用しているPCから近い方のインターフェースに対してpingを使用し通信確認を行っていくことによってどのインターフェースの設定が悪いのかを特定することができる。



(8) tracert コマンドを使用して、どのような
 経路でパケットが PC 1から PC 2まで届くかを表示させる。

1758-545	/ト		
C:¥Documents	and Settinµas¥nansai>tra	acert 192.168.1.10	-
Tracing route	to 192.168.1.10 over a	a maximum of 30 hops	
1 <1 ms 2 <1 ms	<1 ms. <1 ms. 192. <1 ms. <1 ms. 192.	168.0.1 168.1.10	
Trace complet	<b>e</b> .		-
U∶#Documents	and Settinµs¥nansai≥		
1			

## 発展課題

 PC上のデフォルトゲートウェイが設 定されていなかったら(または間違っ ていたら)どうなるか試してみよ。

# **実験3** より複雑なネットワークの構成 目的

この実験ではルータ2台を使用して、3つの 異なるネットワークを相互に接続し、通信でき るようにする。またルータの経路情報を静的 (手動)に設定する方法と、RIPプロトコルで 動的に設定する方法について実験を行い、その 動作を確認するとともに、ルーティングの働き をより深く学習する。

実験方法

- 図3に従い、PC、ルータおよび HUB を接 続する。このときルータとして使用する PCには3枚のインターフェースカード (このうち2枚がアクティブに設定され ている)が装着されているので間違えな いように接続すること。
- (2) ルータ1およびルータ2のPCに Ipnuts3.4フロッピーディスクを挿入し起 動する。このとき、ルータ1用のフロッ ピーとルータ2用のフロッピーを間違え ないこと。

132

各インターフェースカードの IP アドレス

とネットマスクは次のように設定されて いる。

al of the second	Can be added and the	Lingdata (P. P. P	LICTOR PROPERTY AND ADDRESS	To WY
uqqiyal Altif P		21	1	<b>9</b> 2
ABA 作用中目201	A STATE AND A DESCRIPTION OF THE OWNER.	ALC: NO. OF THE R. P. LEWIS CO., LANSING MICH.	AND REPORT OF THE OWNER.	No. 19 To State of Long Street, St Street, Street, Str
adard Frence	and in the state of the state o	in the Planning Last	and a state of the second s	
	en v		en u	
Constant a defe		CONTRACTOR NOT	A COMPANY OF A CARD OF A CARD	AND THE PLAN AND A DECEMBER OF
CEPTION SPECIAL				
SHALLAND H				
<b>H</b>				
THE REPORT	192.168.	192.168.	192.168.	192.168.
	0.1	1.1	1.2	2.1
Sector 1971	0		1.2	
en di je di Pi				
en popi por c				
AXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX				
1. 1991年1月1日				
		255 255	255 255 L	
test Barrier	200.200.	200.200.	200.200.	200.200.
1 <b>3</b> 4				055 0
aran arta	255.0	255.0	255.0	255.0
n Namparite				
LINE CONTRACT				
A REAL PROPERTY.				

(3) PC1およびPC2に対して次のネット ワーク設定を行う。

en der stadig (d. 1999) Er het stadig (d. 1999) Besterne besterne bes	entrin PC 1	PC 2
<b>B</b> アド レス	192.168.0.10	192. 168. 2. 10
キック	255.255.255.0	255.255.255.0
アフォントングン	192. 168. 0. 1	192.168.2.1

- (4) PC1からルータ1のeth0へpingを打ち、通信可能なことを確認する。同様にPC2からルータ2のeth1へpingを打ち、通信可能なことを確認する(もし、うまく通信できないときはルータのIPアドレスまたはネットマスクが正しく設定されていない可能性がある。このときは別のフロッピーから起動しなおすこと)
- (5) PC1上で「Internet Explorer」を起動し
  URLhttp://192.168.0.1/に接続すると
  ルータ1の設定画面が表示される。
  同様にPC2上で「Internet Explorer」を起
  - 動 し URLhttp://192.168.1.1/に 接 続 す



図5 より複雑なネットワークの構成

るとルータ2の設定画面が表示される。

(6) ルータの設定画面の左側メニュー上で 「動作確認」ー「動作状況」をクリックし ルータの動作状況を確認する。

[静的ルーティング]

(7) ルータ設定画面の左側メニュー上で 「ネットワーク」-「詳細設定」を選択し、 さらに上部メニューから「Routing」を選 訳する。IP Routing 設定画面で次のよう に設定する。

192.168.2.0	192.168.1.2	255.255.255.0	0	eth1
192.168.1.0	×	255.255.255.0	0	eth1
192.168.0.0	×	255.255.255.0	0	eth0

- (8) ルータ設定画面の左側メニュー上で
  「ネットワーク」ー「詳細設定」を選択し、
  さらに上部メニューから「Routing」を
  選択する。IP Routing 設定画面で「□ rip
  enable」にチェックを入れる。
- (9) OKボタンを押してから画面左側メ ニュー上の「ネットワーク」ー「設定変 更の実行」をクリックする。この操作 を行わないと設定内容が反映されない ので注意すること。
- (10) PC 1 の コ ン ソ ー ル 画 面 から ping コマンドを使用し、PC 2 と通信でき ることを確認する。同様に、PC 2 のコ ン ソ ー ル 画 面 から ping コマンドを 使用し、PC 1 と通信できることを確 認する。うまく通信できないときは自 分の使用している PC から近い方のイ ンターフェースに対して pingを使用 し通信確認を行っていくことによって どのインターフェースの設定が悪いの かを特定することができる。

- (11) tracert コマンドを使用して、どのような
  経路でパケットが PC 1 から PC 2 まで
  届くかを表示させる。
- [動的ルーティング RIP]
- (12) ルータ設定画面の左側メニュー上で「ネットワーク」ー「詳細設定」を 選択し、さらに上部メニューから 「Routing」を選択する。IP Routing設定 画面で「□ rip enable」にチェックを入れ る。
- (13) OKボタンを押してから画面左側メ ニュー上の「ネットワーク」-「設定変 更の実行」をクリックする。この操作を 行わないと設定内容が反映されないので 注意すること。
- (14) ルータの動作状況を表示させルー ティングテーブルの状態を確認する こと。RIPでは経路情報は30秒毎に 更新されるので、最初は正しいルー ティングテーブルが表示されないこ とがあるので注意すること。
- (15) PC 1 の コ ン ソ ー ル 画 面 から ping コマンドを使用し、PC 2 と通信でき ることを確認する。同様に、PC 2 の コンソール画面から ping コマンドを 使用し、PC 1 と通信できることを確 認する。うまく通信できないときは自 分の使用している PC から近い方のイ ンターフェースに対して pingを使用 し通信確認を行っていくことによって どのインターフェースの設定が悪いの かを特定することができる。
- (16) tracert コマンドを使用して、どのような経路でパケットがPC1からPC
  2まで届くかを表示させる。

#### 発展課題

- 動的ルーティングの実験の際にHUB 2
  にパケットキャプチャー用 PC を接続
  してルータ1-ルータ2間に流れるパケットをキャプチャしてみる
- (2) RIPパケットが定期的に流れるがその時間間隔を調べてみよ。

実験4 パケットフィルタリング

目的

ルータにはパケットを中継する際にIPアド レスやポート番号を基にパケットをフィルタ リングする機能がある。ネットワークのセキュ リティを向上させるためには欠かせない機能 である。この実験では telnet のアクセスを制 限するようなフィルタリングルールを設定し 動作を確認するとともにフィルタリングの考 え方を学習する。

実験方法

- ネットワーク構成は実験3で使用した
  ものをそのまま使用する。
- (2) ルータ1の設定画面で画面左側メ ニュー上で「ネットワーク」ー「詳細設 定」を選択する。さらに画面上部のメ

ニューから「IP Filter」を選択する。

「Packet Filter:」の設定画面で次のように設定する。

フィルタリング条件

PC 1 から 192. 168. 2. 0/24 の ネットワ ークに対して telnet 接続を禁止する。 尚 telnet の使用するポート番号は 23 番で ある。

	Î		A LANDER T.	1980 (1997) - 1980 (1998) 1997 - 1997 (1997)	191 (25)
ACCEPT .	ACCE	PT 👻 👔	ACCEPT N	diseble	
ALL REAL PROPERTY AND A RE	100000000000000000000000000000000000000	1. ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) (	National States of States	1 101	
acket F	iter: •		AND A PROPERTY AND A	P. States P. Barris	Carles Partie
		200	aaden sade	الفيني العادا	applie - state
	ar an	1.16	in the second	ett. "et	
1 4 4 1	. Indisable	none 🗸	device	• at 👻	
(Diserie)	- dimetion	mand 14			
	erc addr		Brotoc		
	dest addr		dest o	nt.	112220
	E minute	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · ·	. itaria	
	CTORADIO	none •	Devic	• []•• []•	
⊡loggin	direction	nput w	protoc	ol all w	
	src addr	·	arc po	nt: ·	
	dest addr	, ,	dest p	ort	
3 🗙 🛎 🕷	disable	none ¥	device	e: all se	
Di-	41	L			
1 10700	direction	mput 🕈	protoc	() an 🕶	



図6 パケットフィルタリング

(4) PC 1 から PC 2 に対して telnet 接続す
 る。このときフィルターがかかている
 ため接続に失敗する。



#### 7.まとめ

旧型のPCとフロッピーベースで動作する 1FD Linux を用い、各種ネットワーク実験が行 える実験システムの構築を試みた。今回はルー ティング実験を中心に実験方法と結果につい て述べた。旧型のPCでも十分学生実験に利用 可能な上、学生個人毎にフロッピーでシステム を管理できるため、非常に効果的に実験が行え る。今後はネットワークアドレス変換やファイ アーウォール実験も行なっていきたい。

## 参考文献

「IPnuts 3.4.x マニュアル」セサミ有限会社 オーム社「TCP/IPセキュリティ実験」寺田 真敏・萱島 信

「受理年月日 2003年 9月30日」