

第2回新PP衛星データ伝送実験報告

-spoofing 機能搭載ルータによる小金井における衛星折り返しデータ伝送実験-

通信総合研究所鹿島宇宙通信研究センター宇宙電波応用G 市川隆一

平成16年1月6日

1 目的

疑似 Ack 送出により、局間遅延の影響を軽減可能な spoofing 機能搭載のルータを用いて、実際に衛星折り返しで ftp データ伝送を行い、データ伝送速度の評価を行う。

2 概要

- 場所：小金井本所3号館1階PP実験室
- 日時：2003年12月19日13:00-17:00 (衛星使用予定時間14:00-16:00)
- 天候：快晴
- 実験参加者：
 - NEC/ARIB 飯田光元氏 (m-iida@bq.jp.nec.com/03-3798-8751)
 - 国際通信企画(株) 砂走正樹氏 (masaki-sunahase@igrp.co.jp/045-470-1331)
 - 白山工業(株) 松下直史氏 (matsushita@datamark.co.jp/042-333-0080)
 - シモレックス(株) 村上かおり氏 (murakami@scimolex.co.jp/055-275-4301)
 - 本所カオス暗号チップP 長谷川晃朗氏 (ahase@crl.go.jp/0423-27-6550)
 - 宇宙電波応用G 市川隆一 (richi@crl.go.jp/0299-84-7142)
- 実験に使用した機材：

新PP用IDU、小金井KSP局設置のK5システム(vssp11/FreeBSD)、鹿島より持ち込んだK5システム(vssp4l/linux)、10BaseTケーブル数本(含むクロスケーブル¹)、spoofingルータ2台、ルータ設定用ノートPC

3 実験内容

まず、実験構成図を図1に示す。図に示すように、2台のPC(小金井K5システム[vlbi11]、鹿島局K5システム[vssp4l])を新ルーターに接続した。vssp11にはFreeBSD、vssp4lにはLinuxがインストールさ

¹ルータとK5/PCを繋ぐ際に必要。ただし、今回はハブを使用した。

れてており、ftp クライアント & サーバーとして機能する。前回同様に 2 台の PC 間は Superbird C 衛星を介して IP 接続され、その間での ftp によるデータ伝送実験を実施した。ここで、衛星系は双方向の通信ができるように 2 つのチャンネルを使用した。周波数設定は、表 1 の通りである。また、IP アドレスや各ルーター、PC の IP 設定は図 1 を参照されたい。

この系を構築するにあたって、IP 伝送のためにサーバ側、クライアント側の双方に spoofing 機能搭載の新ルータ (図 2) を接続して実験した。この新ルータには spoofing と呼ばれる、疑似 Ack を送受信側に返すことによって長距離の通信でも遅延の影響を軽減できる機能が搭載されている。ルータにはコンパクトフラッシュメモリが搭載され、そこに専用の linuxOS がインストールされている。ルータの設定は 10baseT ケーブルを PC との間で繋いで WEB ブラウザ上で行う。設定画面は非常にシンプルでわかりやすい。なお、spoofing 機能のオンとオフの切り替えのみは、フラッシュメモリ上の OS に telnet 接続して初期設定ファイルを vi などのエディタで書き換えて行う。ルータの設定は今までに使用したものとは格段に簡単であり、ごく短時間で衛星回線経由での TCP/IP 接続が確立できた。

表 1: 新 PP 衛星折り返し実験 ch の周波数設定

経路	CH1	CH2
uplink	14213.500MHz	14216.500MHz
downlink	12486.500MHz	12483.500MHz

ftp データ伝送実験は、今まで同様に手操作によりバイナリデータの get を複数回行い、伝送速度の平均を取ってスループットを計測した。この操作は、FreeBSD マシン [vlbi11] から Linux マシン [vssp4l] に向けて行った。なお、vlbi11 より vssp4l へに向けての ping 送出により確認した往復時間は約 535msec (3 回の平均) であった。ファイル伝送の実験結果は表 2~6 に示す通りである。

前回の地上系設備を用いた実験では、2 局間の往復遅延時間 (RTT: Round Trip Time) の影響により、公称スペックの 1/10 以下の性能しか出ていない結果が得られている。これは先にも報告したように、TCP/IP 通信でのスループットと $RWIN$ (TCP 受信窓サイズ “Receive Window Size”⁷) の関係

$$\text{スループット [byte/sec]} = \text{RWIN 値 [KB]} / \text{往復遅延時間 [s]} \quad (1)$$

で示される限界である。例えば Windows98 マシンでの標準的な値である $RWIN$ 値 8KB、衛星での往復遅延時間 540msec を入れるとデータスループットは約 14.8KB/sec (118.5kpbs) となり、設定値の 1536KBPS のわずか 8% の速度でしか伝送できない。

今回使用したルータは、送信側、および受信側の双方で TCP/IP 伝送の際に必要な確認応答のための Ack を擬似的に生成して PC に返すことで遅延時間の影響を避けることの可能な spoofing 機能を搭載している。また、疑似 Ack とは別に本来のパケットも送出して確認応答も行っており、この応答で問題あれば従来通りエラー補正を行う仕組みである。しかしながら、伝送に問題がない限りは疑似 Ack 処理のみであるため、実質的な速度低下はほとんど生じない。なお、衛星伝送においては、疑似 Ack 処理のみで対応できない場合というのは、伝送のリンクそのものが確立していない状況 (悪天候など) がほとんどのことであった。

この spoofing 機能を ON にした結果を示す表 2~4 から明らかなように、公称スペック上のファイル伝送速度 1536kbps (192 KB/sec) に対して 90% 以上の伝送速度が出ており、spoofing 機能の効果は顕著である。一方、spoofing 機能を OFF にした結果 (表 5、6) に示すように、スペックの 30% 以下の伝送速度しか達成できていない。今回のこの結果は、Linux、あるいは FreeBSD マシンを使用することで、Windows マシ

⁷伝送系路上で 確認応答なしに一度に送信可能な最大のパケットサイズ

第2回新PP衛星系予備実験ネットワーク構成 (2003.12.19)

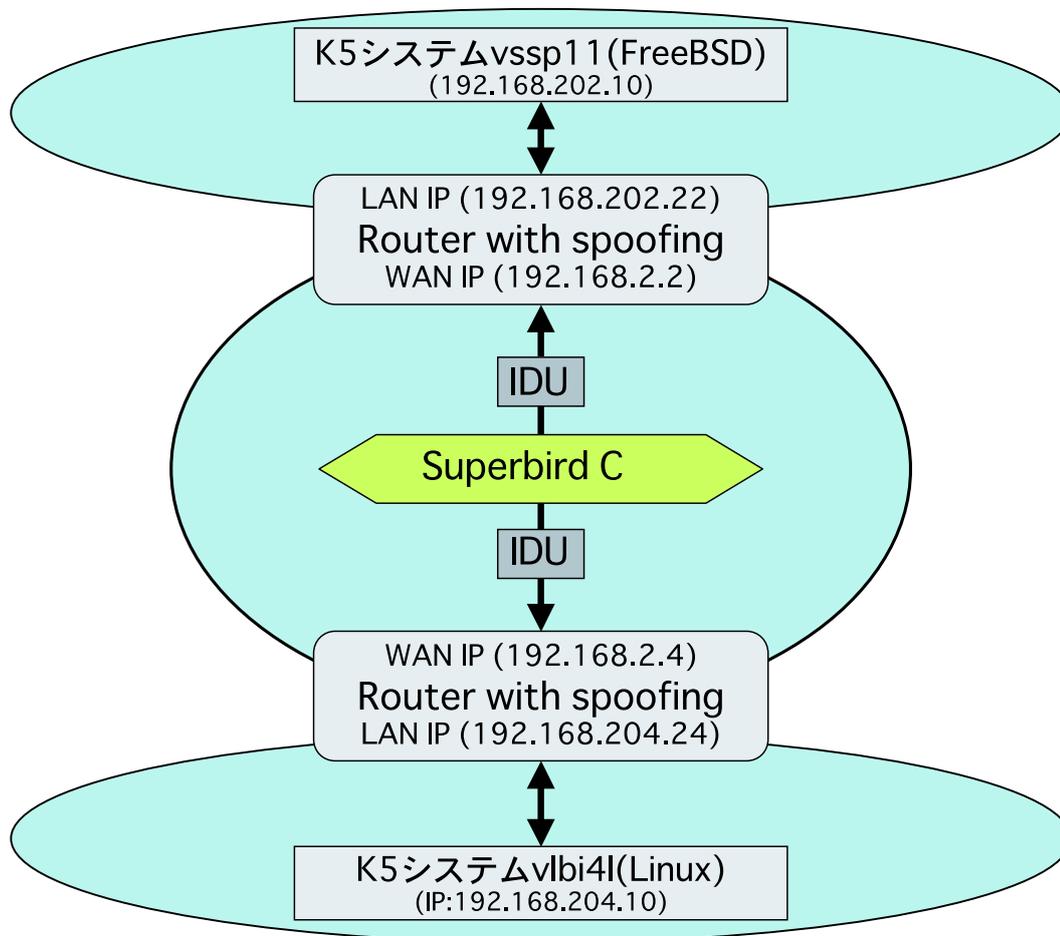


図 1: ネットワーク構成図

ンを使用した前回の実験と比べて、RWIN 値がより最適化され速度向上が見られたものの、spoofing 機能を持たない従来のルータでの伝送速度の限界を示すと考えられる。今回の実験の結果を受けて、Fiji における本実験の際には spoofing 機能搭載のルータを用いる予定である。

4 謝辞

衛星回線使用について、無線従事者立ち会いで通信総合研究所小金井本所企画部研究連携室研究開発ネットワーク推進Gの田中健二氏にお世話になりました。どうもありがとうございました。



図 2: 新ルーターの写真

表 2: 新 PP 衛星折り返し実験 -ftp スループット結果 その 1 spoofing ON- (12/19 14:00 - 14:30JST)

		spoofing ON		
送信したファイルと容量		R155_test1.dat	4,000,008 byte	
		(4MHz,2bit,4ch での 1 秒分の K5VLBI データ)		
経路		$K5(vssp4l/Linux) \leftarrow (get) \leftarrow K5(vlbi11/FreeBSD)$		
IDU Max speed		1536 kbps		
	伝送時間 (sec)	伝送速度 (KB/sec)	伝送効率 ² (%)	ファイル破損の有無
	22	181.8	94.7	無
	22	181.8	94.7	無
	22	181.8	94.7	無
	22	181.8	94.7	無
	22	181.8	94.7	無
	22	181.8	94.7	無
	22	181.8	94.7	無
	22	181.8	94.7	無
	22	181.8	94.7	無
平均	22	181.8	94.7	

表 3: 新 PP 衛星折り返し実験 -ftp スループット結果 その 2 spoofing ON- (12/19 14:30 - 15:00JST)

		spoofing ON		
送信したファイルと容量		R155_test2.dat	20,000,040 byte	
		(4MHz,2bit,4ch での 5 秒分の K5VLBI データ)		
経路		$K5(vssp4l/Linux) \leftarrow (get) \leftarrow K5(vlbi11/FreeBSD)$		
IDU Max speed		1536 kbps		
	伝送時間 (sec)	伝送速度 (KB/sec)	伝送効率 ³ (%)	ファイル破損の有無
	110	181.8	94.7	無
	110	181.8	94.7	無
	110	181.8	94.7	無
	110	181.8	94.7	無
	110	181.8	94.7	無
	111	180.2	93.8	無
	110	181.8	94.7	無
	110	181.8	94.7	無
	110	181.8	94.7	無
	110	181.8	94.7	無
平均	110.1	181.7	94.6	

表 4: 新 PP 衛星折り返し実験 -ftp スループット結果 その 3 spoofing ON- (12/19 15:00 - 15:20JST)

spoofing ON				
送信したファイルと容量	R155_test2.dat	80,000,160 byte (4MHz,2bit,4ch での 20 秒分の K5VLBI データ)		
経路	$K5(vssp4l/Linux) \Leftarrow (get) \Leftarrow K5(vlbi11/FreeBSD)$			
IDU Max speed	1536 kbps			
	伝送時間 (sec)	伝送速度 (KB/sec)	伝送効率 ⁴ (%)	ファイル破損の有無
一回のみ測定	439	182.2	94.9	無

表 5: 新 PP 衛星折り返し実験 -ftp スループット結果 その 4 spoofing OFF- (12/19 15:20 - 15:40JST)

spoofing OFF				
送信したファイルと容量	R155_test2.dat	4,000,008 byte (4MHz,2bit,4ch での 1 秒分の K5VLBI データ)		
経路	$K5(vssp4l/Linux) \Leftarrow (get) \Leftarrow K5(vlbi11/FreeBSD)$			
IDU Max speed	1536 kbps			
	伝送時間 (sec)	伝送速度 (KB/sec)	伝送効率 ⁵ (%)	ファイル破損の有無
	76.5	52.3	27.2	無
	76.6	52.2	27.2	無
	76.6	52.2	27.2	無
	76.6	52.2	27.2	無
	76.6	52.2	27.2	無
平均	76.6	52.3	27.2	

表 6: 新 PP 衛星折り返し実験 -ftp スループット結果 その 5 spoofing OFF- (12/19 15:40 - 16:00JST)

spoofing OFF				
送信したファイルと容量	R155_test2.dat	20,000,040 byte (4MHz,2bit,4ch での 5 秒分の K5VLBI データ)		
経路	$K5(vssp4l/Linux) \Leftarrow (get) \Leftarrow K5(vlbi11/FreeBSD)$			
IDU Max speed	1536 kbps			
	伝送時間 (sec)	伝送速度 (KB/sec)	伝送効率 ⁶ (%)	ファイル破損の有無
	349	57.3	29.8	無
	351	57.0	29.7	無
平均	350.0	57.2	29.8	