

## 12. FAA との IP/SNDCF の接続実験について

通信・航法・監視領域 ※板野 賢

### 1. まえがき

現在では、B-787 など ATN（航空通信網）などのデータリンクに対応した航空機が導入されている。このため、地上管制施設などへのデータリンクの導入は急務となっている。しかし、ATNはネットワーク技術に OSI（開放型システム間相互接続）を用いているため、その導入にあたってはコスト面での不利がある。

一方、IPS（インターネット・プロトコル・スイート）はインターネットをはじめ広範囲に利用されているため、コスト的には有利であり技術革新も速い。このため、航空通信の基幹網として IPS 網を用い、その上で ATN を導入することが考えられ、ICAO（国際民間航空機関）でもその標準化に着手し始めた。

IPS 網上で ATN を動作させること、言い換えれば IPS 網を ATN のサブネットワークの一つとして利用するには、IP/SNDCF（インターネット・プロトコル用サブネットワーク依存収束機能）を開発する必要がある。当所では IP/SNDCF の開発を行い、互換性と相互運用性の検証のため FAA（米連邦航空局）とインターネットを介した接続実験を行った。本報告ではその概要と実験結果について述べる。

### 2. ネットワーク層の構造

OSI 第3層ネットワーク層は送信されたパケットを目的の相手までに届ける働きをする層である。OSI ではコネクション型とコネクションレス型のサブネットワークを取り扱うため、第3層は三つの副層に分けられている。

図1は第3層の構造を示す。第3層の副層は上から、

- ・サブネットワーク独立副層
- ・サブネットワーク依存副層
- ・サブネットワークアクセス副層

と呼ばれる。以後、それぞれ独立副層、依存副層、アクセス副層と呼ぶ。

独立副層はサブネットワークに依存しない副層で、ATN では、ここにはルーティングプロトコルの IDRP（インター・ドメイン・ルーティング・プロトコル）と ES-IS（エンドシステムー中間システム）および CLNP（コネクションレス・ネットワーク・プロトコル）が用いられる。

依存副層はサブネットワーク毎に異なる通信品質の差などを吸収するための副層である。サブネットワーク毎にそれぞれ SNDCF と呼ばれる収束機能が用いられるが、その機能は用途により異なる。例えば、ATN では地上パケット網（図1(a)）と空/地サブネットワーク（図1(c)）を用いる場合は、アクセス・プロトコルに ISO8208PLP（パケット層プロトコル）を共に用いるが、収束機能

ネットワーク層	サブネットワーク独立副層	IDRP CLNP,ES-IS			
	サブネットワーク依存副層	ISO8208 SNDCF	ISO8802-2 SNDCF	ISO8208 Mobile SNDCF	IP/SNDCF
	サブネットワークアクセス副層	ISO8208 PLP (X.25)	-----	ISO8208 PLP (X.25)	IP(v4, v6)
データリンク層	LAPB	LLC MAC	LAPB	----- MAC	
		(a)パケット網	(b)イーサネット	(c)空/地サブネットワーク	(d)イーサネット IPS網

図1 ネットワーク層の構造

は異なる。パケット網では ISO8208SNDCF を用いるが、空 / 地 サブ ネット ワーク では ISO8208Mobile SNDCF を用いる。ISO8208Mobile SNDCF は、通信速度が限られる空 / 地 リンクでの通信量を減らすため、CLNP ヘッダの圧縮・解凍の機能を有するが、ISO8208SNDCFにはそのような機能はない。

OSI でイーサネットを用いる場合は、CLNP がコネクションレスのプロトコルなのでアクセス・プロトコルは必要ない (図1(b))。しかし、IPS 網を用いる場合、アクセス・プロトコルとして IP (インターネット・プロトコル) を用い、IP/SNDCF が必要になる (図1(d))。IP/SNDCF の主な機能は、CLNP 以上の OSI パケットを IP 上にカプセル化したり、NSAP (ネットワーク・サービス・アクセス・ポイント) アドレスを当該する IP アドレスにマッピングすることなどである。

### 3. 当所での開発計画

IP/SNDCF の標準化は ICAO ACP (航空通信パネル) ワーキンググループ N (現在は I) により行われていて、当所でもその基準案に基づいて平成17年度を初年度とする3カ年計画で IP/SNDCF の開発を行った。

平成17年度は IP/SNDCF の仕様決定とそのプログラム設計を行い、平成18年度に地対地 ATN ルータに IP/SNDCF 機能を付加し、その評価実験を行った。以降 IP/SNDCF 対応の ATN ルータを D-ATN ルータと呼ぶ。平成19年度は ES (エンド・システム) に IP/SNDCF 機能を付加して、その評価実験

を行った。また FAA (連邦航空局) との間で、互換性・相互運用性の検証を行うため、接続実験を行った。本報告では、FAA との接続実験の概要と、実験結果の一部について報告する。

### 4. FAA との接続実験の概要

IP/SNDCF は、インターネットプロトコル (IPv4 と IPv6) を、ISO OSI プロトコル基準に基づいて規定された ATN のコネクションレス・サブネットワークとして利用する為の機能である。本接続実験の目的は、ICAO の IP/SNDCF 技術基準案を確認することである。

また、IP はインターネットで用いられているので、本実験はインターネットを利用して以下のように行った。

ステージ1: ATN ルータ間で IPv4 サブネットワーク IP/ SNDCF の機能確認を実施した。

ステージ2: ATN ルータ間で IPv6 サブネットワーク IP/ SNDCF の機能確認を実施した。

ステージ3: ATN ルータ間を IPv4 又は IPv6 サブネットワークで接続し、CPDLC (管制官-パイロット間データリンク通信) を使用したエンド-エンドの通信確認を実施した。

#### 4.1 ステージ1の実験概要と結果

図2はステージ1での実験システム構成である。当該の D-ATN ルータは、それぞれグローバル IP アドレスをもち、IP ルータを経由してインターネットに接続した。IP ルータはファイアウォールとして使用した。通信用端末は連絡用に用い

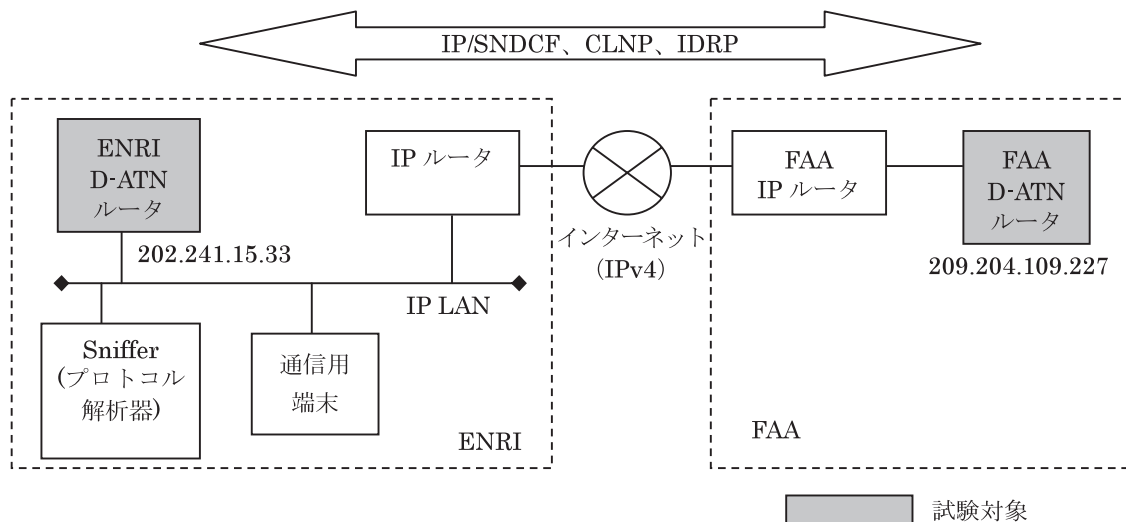


図2 ステージ1のシステム構成

た。

実験は図1の構成で、表1に示す試験項目の検証を行った。項番3の回線障害の実験では、ATNルータの回線を外し、BISが切断された後に回線を元に戻し、BISが再接続するのを確認した。4の装置障害では、ATNルータの電源を切り、BIS切断後、電源を投入して再接続するのを確認した。

実験ではいくつかの軽微な問題も発生したが、互換性に問題はなく全ての項目をクリアした。発生した問題は、殆どがIP/SNDCFとは無関係な既存機能に関する問題であり、1件はIPヘッダに設定するパラメータ値誤りであったが、接続性に影響はなかった。

#### 4.2 ステージ2の実験概要と結果

図3はステージ2での実験システム構成である。インターネットはIPv4を用いているので、そのままではIPv6は使用できない。IPv6 over IPv4を用いて、インターネット上ではIPv6パケットをIPv4にカプセルリングして転送する。ENRI側ではD-ATNルータとIPルータ間ではIPv6のままであるが、IPルータでIPv6 over IPv4を用いる。

ステージ2の試験項目は表1とほぼ同じであるが、項目3で回線復帰後にルート公開が正常に行えるかを追加確認した。このため、図3に示すように擬似のA/B(機上)ATNルータを別途2台使用した。実験結果は、いくつかの問題が発生したが、互換性に問題はなく全ての項目をクリアした。

表1 ステージ1の試験項目

項番	項目	概要
1	BIS 接続/BIS 切断	ATN ルータ間の接続、切断、切断後の再接続を確認
2	NPDU 中継	各 ATN ルータ間で ECHO 通信の確認 各 ATN ルータ間で未知の宛先 NSAP アドレスによる ER (エラー) -NPDU 通信の確認
3	回線障害	回線障害発生後、BIS を切断し、回線復旧後 BIS が自動的に再接続するのを確認
4	装置障害	ATN ルータ装置に障害を発生させ、BIS が切断され、障害復旧後 BIS が自動的に再接続するのを確認

#### 4.3 ステージ3の実験概要と結果

図4はステージ3での実験システム構成である。IPv4の実験はENRIが地上側でFAAが機上側で行い(図4(a))、IPv6の実験はENRIが機上側でFAAが地上側で行った(図4(b))。試験項目を表2に示す。

試験項目1は各装置間でエコー通信ができることを確認するものである。項目2はCPDLC-startによりエンド-エンドでダイアログの確立が行われるかを確認するものである。項目3,4はエンド-エンドでアップリンクおよびダウンリンクの通信が正常に行われるかを確認するものである。

実験結果は、1件の問題が発生したが互換性などの問題はなく全ての項目をクリアした。発生し

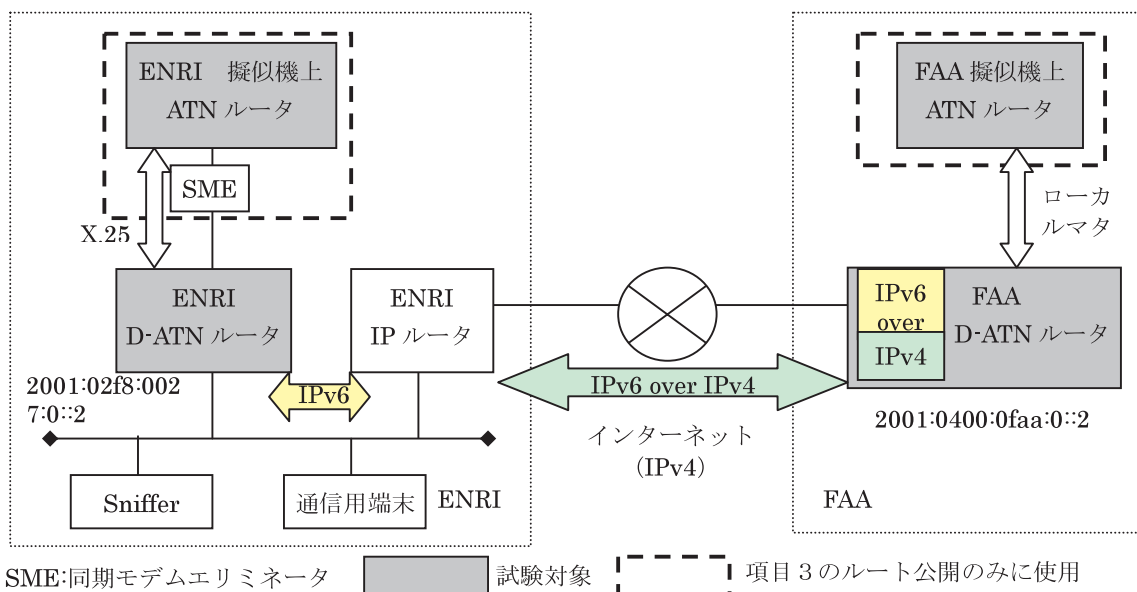


図3 ステージ2のシステム構成

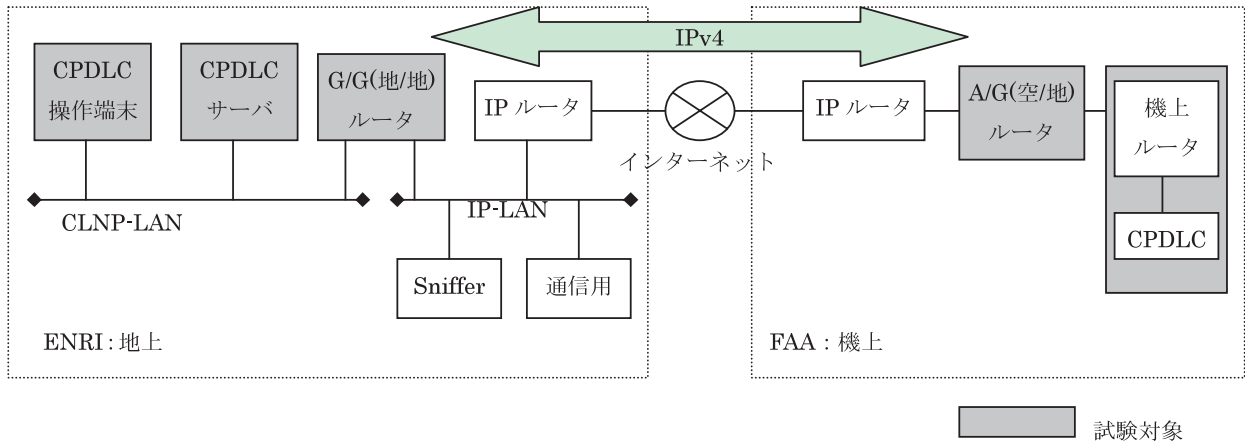


図4(a) ステージ3の実験システムの構成(IPv4)

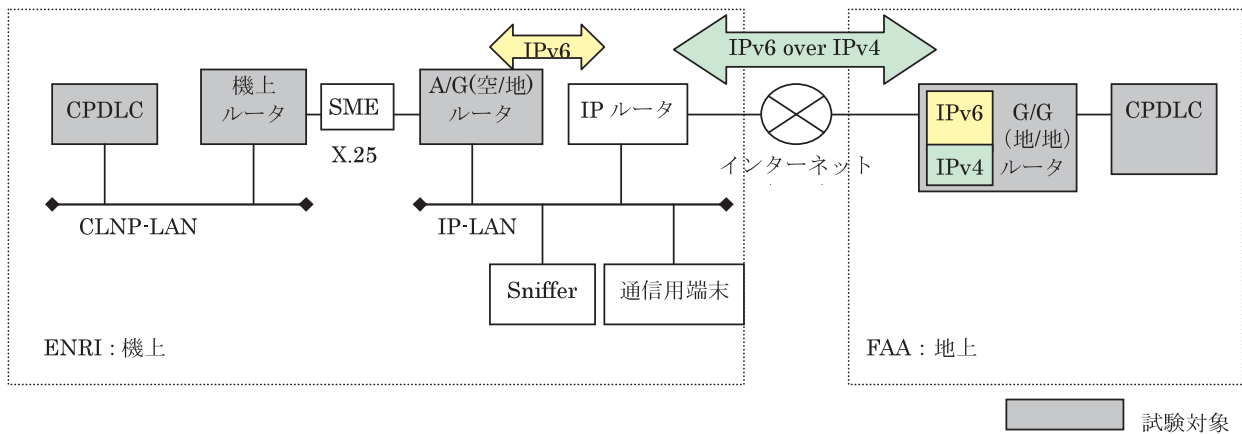


図4(b) ステージ3の実験システムの構成(IPv6)

た問題は、ENRIのCPDLCシステムに起こったバグで、IP/SNDCFとは無関係である。

### 5. まとめ

ATNルータにIP/SNDCF機能を付加し、互換性と相互運用性の検証のためFAAとの間で接続実験を行った。実験では、IP/SNDCFに起因する問題も2件発生したが、パラメタ値の誤りなどの軽微なもので、全ての試験項目をクリアし、互換性には問題なかった。

但し、今回開発したIP/SNDCF機能はTCP等は使用していない。このため、D-ATNルータから送信されるIPパケットにはポート番号などは存在しない。しかし、インターネットではセキュリティ上の理由で、ポート番号によってファイアウォールに制限をかける場合が多い。このため、本IP/SNDCF機能をインターネット上で使用するの

表2 ステージ3の試験項目

項番	項目	概要
1	ECHO	各装置間のECHO通信の確認
2	CPDLC-start	CPDLC-startによるダイアログ確立
3	CPDLC-message	Uplink Message 送受信
4	CPDLC-message	Downlink Message 送受信
5	マネージメントへの通知	ICMP受信によるTrap送信

は好ましいとは思えない。