

論文98-35S-3-2

차세대 위성 B-ISDN/ATM 망에서 공동채널간섭에 대한 ATM 셀 전송 성능평가

(ATM Cell Transmission Performance Evaluation for Co-Channel Interference in the Next Generation Satellite B-ISDN/ATM Networks)

金炳均*, 金信才**, 崔炯辰***

(Byung Kyun Kim, Sin Jae Kim, and Hyung Jin Choi)

요 약

지상 초고속정보통신망과의 연동을 고려한 차세대 위성 B-ISDN/ATM 망을 구축하기 위하여 다수의 고속, 광대역 위성이 발사될 예정이고 효율적인 주파수 자원의 관리를 위하여 주파수 재사용 기술이 매우 적극적으로 활용될 전망이다. 이에 따라 차세대 위성 ATM 망에서는 주파수재사용에 의한 공동채널간섭(CCI : CO-Channel Interference)이 위성망 성능열화의 지배적인 요소가 될 것이다.

본 논문에서는 위성 ATM 전송망에서 공동채널간섭이 ATM 셀의 전송성능에 미치는 영향을 분석한다. 위성링크 환경은 상하향링크 열잡음, 공동채널간섭 및 비선형 위성중계기로 설정하였으며 연접에러에 ATM 셀의 성능열화를 보상하기 위하여 블록 인터리버 기법을 적용하였다.

위성링크의 각 요소를 개별적으로 해석하고 상하향링크 열잡음, 상하향링크 공동채널간섭에 대한 ATM 셀의 전송성능을 BER(Bit Error Ratio) 및 CLR(Cell Loss Ratio) 측면에서 평가하였다. 특히, 공동채널간섭에 따른 ATM 셀의 전송성능을 세부적으로 평가하였다.

Abstract

For construction of the next generation satellite B-ISDN/ATM networks considering integration with terrestrial information infrastructure networks, various high speed and wideband satellites will be launched and they will make use of frequency reuse techniques for efficient management of limited frequency resource. Therefore, CCI(Co-Channel Interference) inherent in frequency reuse will be a dominant factor in performance degradation of satellite networks

This paper analyzes the ATM cell transmission performance degradation caused by CCI. The satellite link, including up-link and down-link thermal noise, CCI, and nonlinear satellite transponder, is modeled and interleaving technique is used for compensating the ATM cell transmission performance degradation caused by burst error of satellite link. First, each satellite link subsystem is analyzed in detail and then end-to-end ATM cell transmission performance is evaluated with BER and CLR. Specifically, ATM cell transmission performance degradation caused by CCI is evaluated in detail.

* 正會員, 韓國通信프리텔(株)

(Korea Telecom Freetel)

** 正會員, 서울이동통신(株)

(Seoul Mobile Telecom)

*** 正會員, 成均館大學校 電子工學科

(Dept. of Electronics Engineering, Sung Kyun Kwan University)

接受日字: 1996年11月25日, 수정완료일: 1998年2月20日

I. 서 론

전 세계적으로 차세대 초고속정보통신망 구축을 위한 세부적인 사업계획이 수립되었으며 정부 주관 하에 체계적으로 진행되고 있다. 초고속정보통신망 구축의 초기단계에는 전적으로 지상 광케이블을 이용할 계획이었지만 지상망 단독에 의한 초고속정보통신망의 구축에는 한계성이 있음을 인식하고 점차적으로 위성망과의 연동을 고려한 지상/위성 혼합망이 제안되었다. 혼합망에서 위성은 주로 지상망의 보완 및 대체망으로서의 역할을 수행하게 될 것으로 전망되며 특히 장거리 국제 통신망의 구축 및 초고속정보통신망 구축의 초기단계에 광케이블 설치가 어려운 지역을 서비스하기 위해 위성망이 적극적으로 활용될 것이다.

초고속정보통신망이 지상/위성 혼합망을 지향함에 따라 차세대 위성 B-ISDN/ATM 망을 구축하기 위한 다양한 위성망 구축사업이 추진되고 있다^[1]. 지상망과의 연계서비스를 고려한 차세대 위성시스템은 지상망의 고속 및 광대역 신호를 원활하게 전송하기 위하여 다양한 위성통신기술이 개발되고 상용화하게 될 것이다. 특히, 한정된 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위한 주파수 재사용 기술이 다양한 형태로 이루어질 것이다. 차세대 위성망은 다수의 위성을 보유하게 되고 주파수 재사용이 증가함에 따라 공동채널간섭이 지배적인 간섭원으로 나타나게 된다^[2].

이와 같은 배경으로 본 논문에서는 위성망이 지상망에 대한 보완망의 역할을 수행한다는 가정 하에 지상 ATM 망 노드를 상하향 위성링크를 이용하여 상호 연결하는 위성망을 전체시스템의 모델로 설정하고 상하향링크의 잡음 및 공동채널간섭에 따른 ATM 셀 전송성능을 평가하였다.

성능평가를 위해 해석이 요구되는 구성요소로는 비선형 위성중계기(TWTA : Traveling Wave Tube Amplifier), 상하향링크 잡음 및 공동채널간섭, 채널코딩기법 및 인터리버(Interleaver) 구조이다. 비선형 위성중계기 모델은 수학적 해석 및 시뮬레이션 수행시간 측면에서 유리한 Bessel 함수 근사화 기법^[3]을 적용하였다. 차세대 위성망은 다수의 위성 및 다중국부빔에 의한 주파수재사용 기법이 매우 적극적으로 활용될 것이므로 각 시스템 및 중계기에 의한 공동채널간섭을 개별적인 XPI(Cross-Polarization Identification, 혹은 XPD : Cross-Polarization Discrimination)로

정의하고 전체 공동채널간섭을 XPI(XPD)의 합으로 모델하고 중계기 모델이 시간영역에서 이루어졌음을 고려하여 시간영역에서 해석을 수행하였다. 채널코딩은 콘볼루션 엔코더(Convolution Encoder)와 Viterbi 디코더(Viterbi Decoder)를 쌍으로 적용하였다. 표준적으로 사용되고 있는 구속장이 7, 코드율이 1/2, 그리고 다항방정식이 (133, 171)인 엔코더와 연판정 viterbi 디코더를 사용하였다^{[4] [5]}. 채널코딩을 사용함에 따라 발생하는 연접성어러(Burst error)에 의한 ATM 셀 전송 성능열화를 방지하기 위하여 인터리버를 적용하였으며 인터리버의 구조로는 ATM 셀을 기준으로 하여 블록인터리버 구조를 사용하였다. 성능평가는 무선채널에서 전송 성능평가를 위해 일반적으로 사용되는 BER과 ATM 셀 전송에서 가장 중요한 성능 파라메타인 CLR을 기준으로 평가하였다.

본 논문의 전체적인 구성은 I장의 서론을 비롯하여 II 장에서는 성능평가를 위한 구성요소 모델을 제시하였으며, III 장에서는 시뮬레이션을 통한 성능평가를 수행하였다.

II. 시스템 구성요소 모델

본 장에서는 위성 B-ISDN/ATM 망의 전체적인 구조도를 제시하고 공동채널간섭에 의한 ATM 셀의 전송성능을 평가하기 위해 요구되는 위성중계기, 인터리버 및 공동채널간섭을 개별적으로 모델링한다.

1. 전체 시스템 모델

초고속정보통신망의 구축이 기상/위성 혼합망 구조를 지향함에 따라 위성 ATM 전송 기술개발은 필수적이다. 그리고 위성망은 주로 지상망에 대한 보완망 혹은 대체망의 역할을 수행하게 될 것이라는 측면을 고려하여 본 논문에서 설정한 전체 위성망 구조는 다음과 같다.

위 그림에서 위성망은 지상 ATM 망 노드를 상호 연결하는 구조로서 지상 B-ISDN/ATM 망의 NNI(Network-Node Interface) 역할을 수행하게 된다. 송수신 위성지구국은 지상 ATM 노드와 연계되어 있고 망 선택 장치(network selector)에서 지상망 혹은 위성망을 선택하게 된다. ATM 인터페이스 장치의 주된 역할은 ATM/SDH 전송프로토콜을 위성전송 프로토콜로 변환하게 된다. 차세대 위성시스템이 다중국

부법을 이용하고 고속전송을 지원하기 위해서는 TDMA 접속방식을 이용하게 될 것이므로 지상 ATM/SDH 전송표준을 위성 TDMA 전송표준에 적합한 형태로 변화시켜 주게 된다. 위성망이 개인가입자(혹은 기업가입자(예를 들어 위성 ATM-VSAT 망))를 수용하는 지상망의 UNI(User Network Interface) 역할을 수행하는 경우, 위성시스템은 부분 TDMA(Partial TDMA 혹은 FDMA/TDMA) 방식을 이용하게 되고 ATM 인터페이스 장치는 중저속의 위성 TDMA 접속방식에 적합한 구조로 ATM/SDH를 변환시키는 역할을 수행하게 된다. 그러나 위성전송 측면에 있어 UNI 및 NNI 모두 ATM 셀단위로 전송이 이루어진다. 그러므로 ATM 셀전송이라는 측면에서는 UNI나 NNI를 동일하게 방법으로 해석할 수 있기 때문에 본 논문에서는 그림 1의 위성망이 NNI 구조인 경우만을 해석한다.

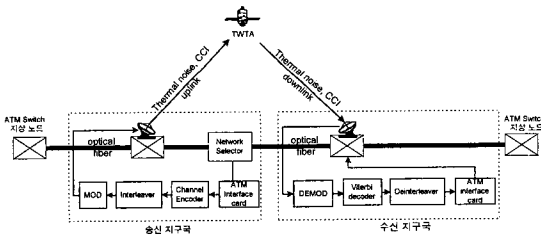


그림 1. 위성 B-ISDN/ATM 망 구조도
Fig. 1. Satellite B-ISDN/ATM network architecture.

2. 위성 중계기

위성중계기의 비선형 특성을 근사화 하기 위한 다양한 수학적 방법론이 해석의 목적에 따라 제시되고 있다. 본 논문에서는 수리적인 계산 및 시뮬레이션 시간 측면에서 매우 유리한 Bessel 함수를 이용한 근사화 방식을 사용하였다^[3]. Bessel 함수로 근사화된 중계기의 비선형 진폭 및 위상은 다음과 같다.

$$G(\rho) \text{Exp}[jF(\rho)] = \sum_{s=1}^{\infty} b_s J_1(as\rho) \quad (1)$$

여기서, $G(\cdot)$ 와 $F(\cdot)$ 는 비선형 증폭기의 진폭특성(AM/AM)과 위상특성(AM/PM), ρ 는 입력반송파 진폭, $J_1(\cdot)$ 는 1차 Bessel 함수를 의미한다. b_s 는 복소 Bessel 계수로서 TWTA 실측치를 이용하여 얻을 수 있다^[3]. 위성중계기의 입출력 신호를 수학적으로 정의하고 식(1)의 Bessel 함수를 적용한 출력반송파의

정의는 다음과 같이 유도할 수 있다. 중계기에 입력되는 반송파는 식(2)와 같이 정의할 수 있다.

$$S_i(t) = \text{Re}\{A(t) \exp[j\omega_c t + j\theta(t)]\} \quad (2)$$

여기서, $A(t)$ 입력반송파의 진폭, ω_c 는 반송파의 중심주파수, $\theta(t)$ 는 위상을 의미한다. 식(1)의 좌변식을 적용하여 중계기의 출력신호를 정의하면 다음과 같다.

$$S_o(t) = \text{Re}\{G(A(t)) \exp[j\omega_c t + j\theta(t) + jF(A(t))]\} \quad (3)$$

식(1) 우변식인 Bessel 함수를 적용한 출력신호는 최종적으로 다음과 같이 정의된다.

$$S_o(t) = \text{Re}\{M(k_1) \text{Exp}(j\omega_c t + j\theta(t))\} \quad (4)$$

$$M(k_1) = \sum_{s=1}^{\infty} b_s J_1(asA(t)) \quad (5)$$

식(4), (5)를 이용하기 위해 요구되는 중계기 근사화 데이터인 a 는 0.6을 사용하였으며 b_s 는 다음 표과 같다.

표 1. 복소 Bessel 계수
Table 1. Complex Bessel coefficients.

실수 부분 (b_{sr})				
1.6870	-0.1677	0.7344	0.9473	-0.9243
0.5540	0.6071	-1.1450	0.9518	-0.3567
허수 부분 (b_{si})				
2.6020	-0.9133	1.0270	-0.3274	0.1890
-0.5994	0.5256	-0.5307	0.2240	-0.1344

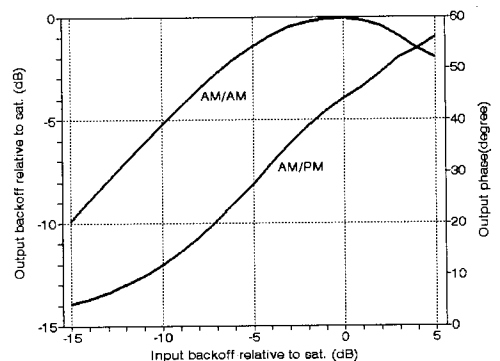


그림 2. 위성중계기(TWTA)의 전달특성
Fig. 2. Transfer characteristics of satellite transponder (TWTA).

표 1을 적용한 중계기의 비선형 진폭특성 및 위상

특성은 다음과 같다.

3. 공동채널간섭(CCI : Co-Channel Interference)

고전적인 위성통신 방식에서는 넓은 지역을 하나의 빔을 이용하여 서비스하는 전역빔이 주로 이용되었지만 오늘날은 제한적인 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위해서 하나의 위성에서 다수의 국부빔을 이용하는 방식이 선호되고 있다. 다중국부빔에서의 주파수 효율은 주파수 재사용 기법에 의해 실현가능하게 크게 지역분리 및 편파의 분리에 의한 방식이 복합적으로 사용된다. 지역분리에 의한 방법은 서로 다른 지역에 사용되는 국부빔의 사용주파수를 재사용함으로써 주파수 효율을 극대화할 수 있으며, 편파분리에 의한 방식은 동일지역을 커버하는 국부빔에 서로 다른 성질을 가지는 편파를 사용하여 주파수 효율을 증대하는 방식으로서 국내 무궁화 위성의 경우 주위성과 보조위성간에 수직 및 수평편파를 사용하여 주파수 재사용을 수행하고 있다. 이와같은 다중국부빔에 의한 주파수 재사용방식은 차세대 위성으로 갈수록 매우 적극적으로 활용될 전망이다. 일례로 미국의 차세대 위성망인 Spaceway의 경우 48 배의 주파수 재사용을 계획하고 있다.

이와같은 다중국부빔에서의 주파수 재사용은 주파수의 효율적 이용에는 매우 유리하나 동일주파수를 사용하는 빔간의 충분한 거리 및 동일빔내에서 사용되는 서로다른 편파간의 상호독립성이 완전하게 보장되지 않기 때문에 주파수 재사용에 따른 공동채널간섭이 유발된다. 즉, 충분한 거리가 확보되지 않는 경우 안테나 부엽에 의한 전력이 간섭을 일으키게 되며, 편파의 독립성이 완전하지 못하면 동일주파수에서 사용되는 다른 편파에 간섭을 일으키게 된다.

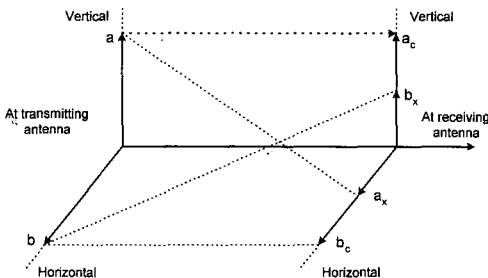


그림 3. 공동채널간섭 평가를 위한 XPD 및 XPI의 정의
Fig. 3. The definition of XPD and XPI for evaluation of Co-channel Interference.

일반적으로 주파수 재사용에 의한 공동채널간섭의 해석은 XPI(혹은 XPD)를 입력변수로 설정하여 해석할 수 있다. 서로다른 편파를 사용하는 시스템의 경우에 XPI(혹은 XPD)의 정의는 그림 3을 이용하여 설명할 수 있다.

송신단에서 수직편파를 이용하여 a 를 전송하고 수평편파를 이용하여 b 라는 신호를 전송하는 경우 수신단 수직 및 수평편파안테나에서 a_c 및 b_c 가 수신되고 부가적으로 b_x , a_x 와 같은 원하지 않는 편파성분이 수신된다. 이와 같은 상황에서 XPI 및 XPD는 식(6), (7)과 같이 정의된다.

$$XPI_V = a_c/b_x, \quad XPI_H = b_c/a_x \quad (6)$$

$$XPD_V = a_c/a_x, \quad XPD_H = b_c/b_x \quad (7)$$

위성시스템의 전송규격 설정에 있어 식(6), (7)의 XPI, XPD는 동일한 의미로 사용되고 있으며 공동채널간섭을 식(6)을 이용하여 정의하면 다음과 같다.

$$P_{CCI} = \frac{1}{XPD} \int_{\omega_s - BW/2}^{\omega_s + BW/2} P_A(f) df \quad (8)$$

여기서 $P_A(f)$ 는 간섭을 일으키는 중계기의 전력스펙트럼밀도(power spectral density), ω_s 및 BW 각각 원하는 중계기에서 반송파의 중심주파수 및 대역폭을 의미한다. 식(8)에서 적분구간은 원하는 중계기의 대역폭으로 설정되었고, XPD가 자기신호 및 간섭을 일으키는 신호의 비이므로 자기신호를 단위크기로 정규화하게되면 역수형태로 진폭에 곱해지게 된다.

위성 ATM 전송이 차세대 고속 전송 기술임을 고려해 볼 때, 매우 높은 주파수 재사용이 요구될 것이므로 식(8)과 같은 개별적인 간섭원이 무수히 많아질 것으로 예상된다. 그러므로 공동채널간섭원을 개별적으로 해석하는 것보다는 개별적인 간섭원을 합산한 전체 간섭원을 가정하여 해석할 수 있다. 공동채널간섭의 정의를 XPD를 이용한다면 전체간섭원은 식(9)에 보이는 바와 같이 XPD의 합으로 구성될 수 있다.

$$XPD_i = (XPD_1^{-1} + XPD_2^{-1} + XPD_3^{-1} + \dots)^{-1} \quad (9)$$

식(9)에서 XPD_i 는 전체시스템의 XPD를 의미하고 XPD_j 는 각각의 간섭원에 대한 XPD를 의미한다^[61]. 본 논문에서는 전체시스템 XPD_i 를 이용하였다. 상향링크별로 시간영역에서 간섭원을 정의하는 과정은

다음과 같다.

상향링크에서 원하는 입력신호는 식(10)과 같다.

$$S_{d-up}(t) = \text{Re}\{A_{d-up}(t) \exp[j\omega_{d-up}t + j\theta_{d-up}(t)]\} \quad (10)$$

$A_{d-up}(t)$, ω_{d-up} , θ_{d-up} 은 원하는 신호의 진폭, 중심주파수 및 위상을 나타낸다. 유사한 형태로 상향링크에서 공동채널간섭을 일으키는 신호는 식(11)과 같이 정의된다.

$$S_{i-up}(t) = (1/XPD_{i-up})\text{Re}\{A_{i-up}(t) \exp[j\omega_{i-up}t + j\theta_{i-up}(t)]\} \quad (11)$$

$A_{i-up}(t)$, ω_{i-up} , θ_{i-up} 는 공동채널간섭을 일으키는 신호의 진폭, 중심주파수 및 위상을 나타내고, XPD_{i-up} 은 상향링크의 전체 XPI를 의미한다. 그러므로 위성중계기 입력신호는 식(12)와 같이 원하는 신호와 간섭신호의 합으로 구성된다.

$$S_{d-up}(t) + S_{i-up}(t) \quad (12)$$

하향링크의 경우에도 상향링크의 해석에서와 동일하게 하향링크에서 간섭원으로 작용하는 개별적인 XPD의 합을 계산하여 식(11)과 같이 간섭신호를 정의하고 중계기 출력신호에 합산하는 형태로 모델하였다. 하향링크에서의 간섭신호는 다음과 같이 정의할 수 있다.

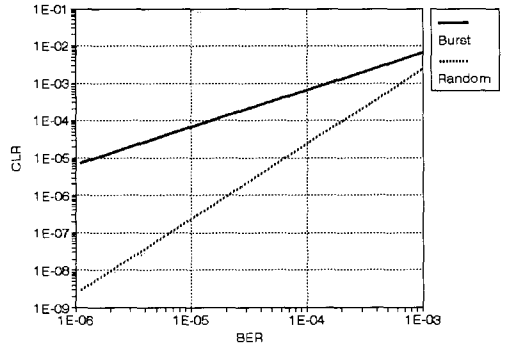
$$S_{i-dn}(t) = (1/XPD_{i-dn})\text{Re}\{A_{i-dn}(t) \exp[j\omega_{i-dn}t + j\theta_{i-dn}(t)]\} \quad (13)$$

중계기 출력신호는 식(4)에서 제시한 것을 직접적으로 이용할 수 있다.

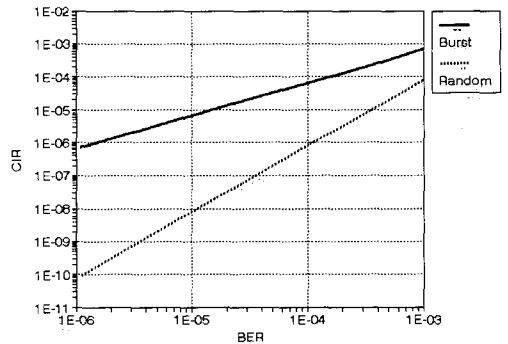
4. 인터리버 구조

위성링크에서는 장거리 전송에 따른 채널열화를 보상하기 위한 효율적인 채널코딩 기법의 적용은 필수적이다. 채널코딩을 사용함에 따라 상당한 위성링크의 BER 성능개선을 얻을 수 있지만 지상망과 연계된 위성 B-ISDN/ATM 망에서는 채널코딩에 따른 ATM 셀 전송성능 열화를 고려해 주어야 한다. ATM 전송 프로토콜은 신뢰성이 높은 지상 광케이블을 기반으로 개발되었기 때문에 단일비트에러정정 및 다수비트에러 검출만이 가능하므로 연접성에러가 ATM 셀 헤더에서 발생하는 경우, 검출이 가능하다면 ATM 셀 전체를 폐기하여야 하고 검출되지 않는다면 셀 전체가 전

송에러로 나타나게 된다. 이와 같이 채널코딩 때문에 발생하는 연접성에러가 ATM 셀에 미치는 성능열화를 개선하기 위하여 연접성에러를 단일비트에러 변환할 수 있는 셀단위 인터리버의 사용이 불가피하다. 단일비트에러 및 연접비트에러가 ATM 셀 QoS (Quality of Service)에 미치는 영향을 근사화된 수학적 해석을 이용하여 살펴보면 그림 4와 같다.^{[7] [8]}



(a) CLR

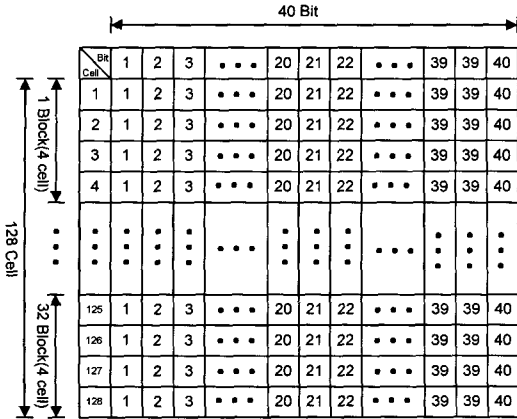


(b) CIR

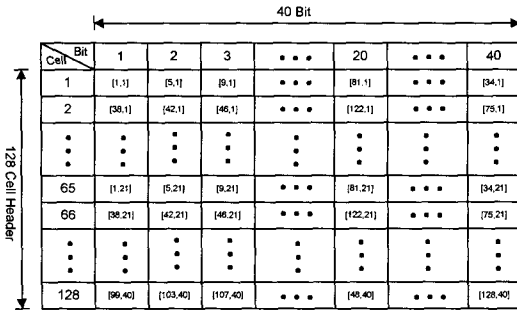
그림 4. 단일비트에러 및 연접비트에러 환경에서의 CLR 및 CIR

Fig. 4. CLR and CIR in the random single bit error and burst bit error environment.

위 그림을 분석해 볼 때, 인터리버 사용의 필요성은 충분히 인식할 수 있다. ATM 셀 성능개선을 위한 인터리버의 구조는 셀단위와 블록단위로 구분할 수 있는데 본 논문에서는 고속전송에 유리한 블록단위 인터리버(구체적으로 인터리버-32구조)를 적용하였다^[9]. 본 논문에서 사용된 블록 인터리버의 입출력 구조는 그림 5와 같다.



(a) 블록 인터리버 입력



[m,n] : Interleaver Input Row(m) & Column(n)

(b) 블록 인터리버 출력

그림 5. ATM 셀 블록 인터리버 구조(인터리버-32 구조)

Fig. 5. ATM cell Block interleaver structure (Interleaver-32 structure).

ATM 셀 헤드에 포함된 HEC 이중모드 알고리즘을 고려하여 2^n 개의 ATM 셀 헤더를 세부적으로 몇 개의 블록으로 나누어서 ATM 셀간의 거리를 두기 하고 이를 인터리버-N 구조로 정의한다. 위의 제시 구조는 블록 인터리버중에서 2^7 개의 ATM 셀 헤더를 이용한 인터리버-32 구조를 나타낸다. 인터리버-N 구조에서 송신측에서의 전송 순서는 다음과 같이 순차적인 정의할 수 있다.

$$I(2^n/N) \times i + j, k \leftarrow \begin{cases} i=0, 1, \dots, N-1 \\ j=1, 2, \dots, 2^n/N \\ k=1, 2, \dots, 40 \end{cases} \quad (14)$$

- ① $i = 0, j=1, k=1$ 로 초기 셋팅
- ② $i = 1 \sim N-1$ 증가시킴
- ③ $i = N-1$ 이 되면 $i = 0$ 으로 셋팅하고 j 를 1

만큼 증가시킴

- ④ $j = 1 \sim 2^n/N$ 이 될 때까지 ①~③ 과정 반복
- ⑤ $j = 2^n/N$ 이 되면 $j=1$ 로 셋팅하고 k 를 1만큼 증가시킴
- ⑥ $k = 1 \sim 40$ 이 될 때까지 ①~⑤ 과정 반복

위 수식에서 $I[m,n]$ 은 인터리버에서 m 번째 열, n 번째 행을 의미하고 N 은 전체 인터리버구조를 N 개의 블록으로 나눈 것을 뜻한다. 이러한 방식으로 출력된 인터리버 출력 비트는 바로 인접비트와는 N 만큼 떨어져 있으며 인접 ATM 셀간은 $2^n/N$ 개의 셀만큼 거리가 생겨 두 가지 인터리버 구성조건을 만족시킬 수 있게 된다.

제시한 블록인터리버의 구조는 ATM 헤드 부분만을 인터리브하는 방식이다. 유료부하 공간에 대한 인터리버는 서비스 유형 즉, 적용된 AAL(ATM Adaptation Layer)의 유형에 따라 서로 다른 인터리버 방식을 적용하는 것이 일반적이다. 예를 들면 AAL 유형 1의 경우에는 유료부하공간의 첫 번째 1바이트만을 인터리버를 수행하고 AAL 3/4의 경우에는 비트 단위가 아닌 바이트 단위 인터리버를 수행하게 된다. 결론적으로 ATM 셀의 인터리버는 헤드와 유료부하부분을 독립적으로 수행하게 된다. 본 논문에서의 성능평가 파라메타는 ATM QoS 평가에 있어 가장 주요한 지표로 이용되고 있는 CLR이므로 셀헤드에 의한 어려만을 고려하면 되므로 ATM 셀헤드간의 인터리버만을 고려하였다. 유료부하공간에 대한 인터리버 수행결과는 문헌 [9]를 참조할 수 있다.

5. 채널 엔코드 및 Viterbi 디코드

본 논문에서의 채널 엔코더로서 콘볼루션 코딩을 이용하여 수행하였으며, 이 코딩된 정보를 수신기에서는 연관정 Viterbi 디코더를 적용하여 복호한다^{[4] [5]}. 본 논문에서 모의수행을 위해 쓰여진 엔코더는 구속장이 7, 코드율이 1/2이며 적용된 다항방정식은 식(15)와 같다.

$$\begin{aligned} Up(x) &= 1 + x + x^3 + x^4 + x^6, \\ Down(x) &= 1 + x^3 + x^4 + x^5 + x^6 \end{aligned} \quad (15)$$

위 식에서 $Up(x)$ 와 $Down(x)$ 는 각각 1개의 정보비트 입력에 대한 윗 브랜치와 밑 브랜치로 출력되는 코

딩값을 나타낸다. 수신기에서의 연판정 Viterbi 디코더의 성능은 연판정 레벨수에 따라서 약간의 차이가 있으나, AWGN 환경하에서는 16레벨 이상에서는 디코더 출력 BER값이 거의 같다. 따라서 본 논문에서의 모의수행시에는 32 레벨로서 연판정을 하였다.

수신기에서 발생하는 에러 특성은 연판정 Viterbi 디코더의 영향으로 연접에러가 발생하게 되며, 평균 연접에러 길이는 약 6 비트 정도가 되며 연접에러의 분포는 30 비트 이상이 생길 수 있다^{[9] [10] [11]}.

III. 성능평가

본 논문에서는 무선채널환경에서 전송성능평가의 기준으로 이용되는 BER과 ATM 셀 전송에 있어 가장 주요한 QoS 파라메타인 CLR 측면에서 성능평가를 수행한다. 성능평가를 위한 시뮬레이션 모델도는 그림 6과 같다.

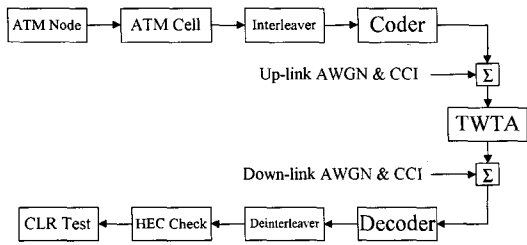
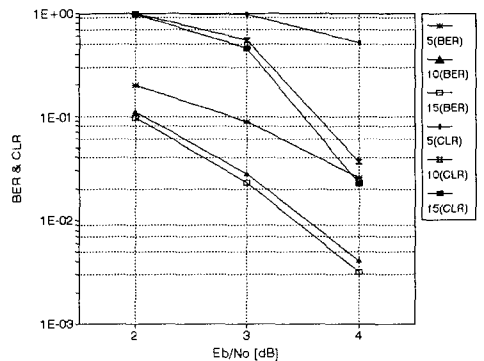


그림 6. 성능평가를 위한 시뮬레이션 모델도
Fig. 6. Simulation model for performance evaluation.

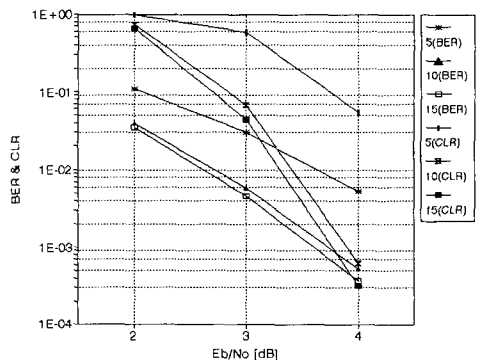
지상 ATM 노드에서 전송된 프레임으로부터 ATM 셀을 추출하였다는 가정하에 ATM 셀을 입력으로 시뮬레이션은 시작된다. ATM 셀은 인터리버를 통하여 블록단위 인터리빙을 수행하게 된다. 인터리버의 수행을 위해 인터리버의 프레임 크기에 해당되는 버퍼가 요구된다. 수행된 인터리빙은 III-4에서 제시한 방식으로 프레임 크기는 128 셀이며 블록(N)은 32를 가지는 인터리버를 적용하였다. 그러므로 인접비트간은 128 비트의 거리가 유지되며 인접셀간은 4 셀이 유지된다. 채널부호기 및 복호기는 III-5에 제시한 코딩률 1/2, 구속장이 7인 콘볼루션 코드와 32-레벨 연판정 Viterbi 디코드를 적용하였다. 위성중계기는 Bessel 함수를 이용하여 비선형특성을 근사화하는 방법으로 식(4) 및 식(5)를 직접적으로 이용하였다. 잡음원 및 간섭원은 상하향링크에서 독립적으로 설정하였으며 잡

음원은 AWGN으로 모델링하였고 간섭원은 공동채널 간섭을 모델하여 적용하였다. 차세대 위성망에서의 주파수재사용도가 매우 높아지기 때문에 개별적인 간섭원을 전체 간섭원으로 대치하여 공동채널간섭을 해석하였다. 즉 식(9)를 이용하여 개별적인 간섭원을 합을 정의하고 시뮬레이션에서는 전체간섭원의 합에 해당하는 상향링크 전체 XPD 및 하향링크 전체 XPD를 입력받아서 식(11) 및 식(13)과 같이 공동채널간섭을 적용하였다. CLR에 대한 평가는 디인터리버 출력신호를 HEC 이중모드 에러정정/검출 기능을 수행한 후에 수행하였다^[12]. 상하향링크 잡음 및 공동채널간섭의 변화에 따른 결과를 그림 7에 총괄적으로 제시하였다.

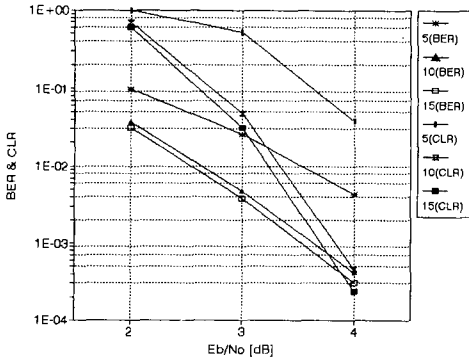
각 차트의 수평축은 하향링크 E_b/N_o 를 의미하고 범례에서 숫자는 하향링크 전체 XPD를 의미하며, (BER) 및 (CLR)은 각각 BER 및 CLR에 해당되는 결과임을 나타낸다. 그리고 각 차트에서는 고정된 상향링크 E_b/N_o 및 XPD_{up} 를 기준으로 하향링크 E_b/N_o 에 대한 BER 및 CLR을 하향링크 XPD_{dn} 별로 제시하였다.



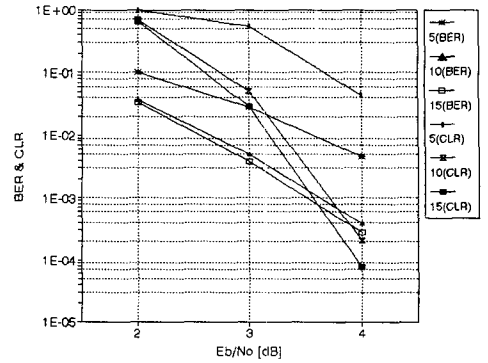
(a) up-link $E_b/N_o = 10$ dB, up-link XPD = 5 dB



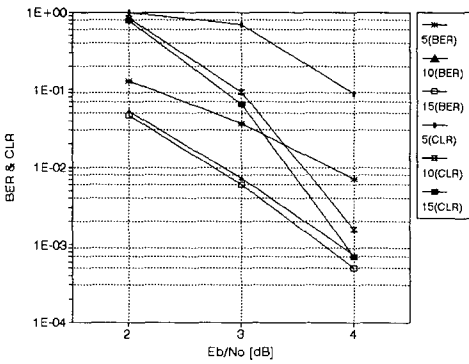
(b) up-link $E_b/N_o = 10$ dB, up-link XPD = 10 dB



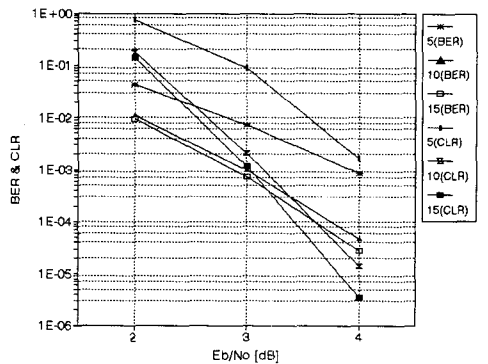
(c) up-link $E_b/N_o = 10$ dB, up-link XPD = 15 dB



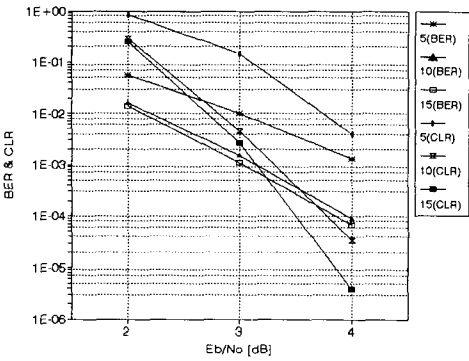
(g) up-link $E_b/N_o = 20$ dB, up-link XPD = 5 dB



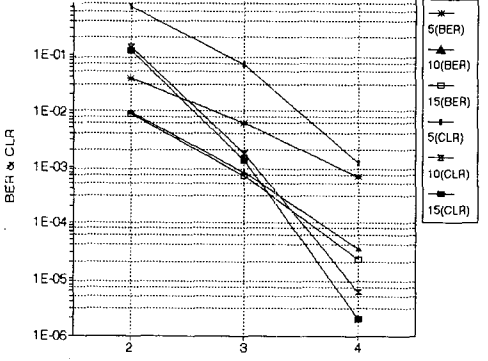
(d) up-link $E_b/N_o = 15$ dB, up-link XPD = 5 dB



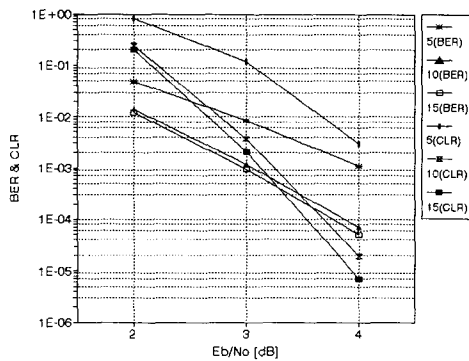
(h) up-link $E_b/N_o = 20$ dB, up-link XPD = 10 dB



(e) up-link $E_b/N_o = 15$ dB, up-link XPD = 10 dB



(i) up-link $E_b/N_o = 20$ dB, up-link XPD = 15 dB



(f) up-link $E_b/N_o = 15$ dB, up-link XPD = 15 dB

그림 7. 위성링크에 따른 ATM 셀 전송성능
Fig. 7. ATM cell transmission performance in the various satellite link environment.

그러므로 고정된 상향 E_b/N_o 및 XPI_{ts} 에서 하향링크 E_b/N_o 및 XPI_{ts} 변화에 따른 BER 및 CLR 성능은 각각의 차트에서 얻을 수 있으며, 상향링크 잡음의 변화에 따른 성능변화는 그림 7의 {(a), (d), (g)}, {(b), (e), (h)} 및 {(c), (f), (i)}를 비교함으로써 도출할 수 있으며 상향링크 공동채널간섭의 변화에 따른 성능 변화는 그림 7의 {(a), (b), (c)}, {(d), (e), (f)} 및

{(g), (h), (i))를 비교함으로써 결과를 얻을 수 있다.

각 차트에서 하향링크 잡음성능이 개선됨에 따라(하향링크 E_b/N_0 의 증가) BER 특성곡선의 하강기울기 보다는 CLR 특성곡선의 하강기울기의 매우 크게 증가되고, 또한 하향링크 XPI_{t-dn} 가 증가함에 따라 CLR 특성곡선의 하강기울기가 증가한다. 이러한 결과의 원인은 ATM 셀의 HEC 에러제어 특성 때문이다. 즉, ATM 셀 헤드내에 1 비트 에러가 발생하는 경우 HEC에 의해 정정될 수 있기 때문에 링크성능이 개선됨에 따라 에러 정정비율은 BER 개선 정도보다는 항상 크게 나타나게 된다. (a)의 경우 위성링크환경이 매우 열악하여 CLR이 BER 보다 낮지만, 링크환경이 상대적으로 우수한 (i)의 경우 하향링크 E_b/N_0 가 2 dB, 하향링크 XPI_{t-dn} 이 5 dB인 경우를 제외한 영역에서는 CLR이 BER 보다 우수한 성능을 가짐을 볼 수 있다. 그러므로 링크환경이 개선될 수록 CLR 특성의 개선은 BER 특성의 개선보다는 매우 큰 폭으로 진행됨을 알 수 있다. 부가적으로 위성링크의 성능이 열악할수록 인터리버를 이용한 ATM 셀 전송성능의 개선이 저하됨을 알 수 있다. 이러한 결과는 인터리버가 모든 링크환경에서 연립비트에러를 단일비트에러로 변환하여 주지만 링크환경이 열악할수록 ATM 셀내에 2 개 이상의 단일비트에러가 발생할 확률이 증가하기 때문이다. 즉, ATM 셀내에 2 개 이상의 단일비트에러가 발생하는 경우 HEC에 의한 에러정정이 불가능하기 때문이다.

본 논문에서 적용한 위성링크 요소로는 중계기, AWGN 및 CCI 이므로 CCI 에 의한 성능열화는 XPD 관점에서 해석할 수 있다. 즉, 전체적으로 XPD의 증가에 따라 CCI 가 증가되고 링크성능이 열화되는 것을 알 수 있다. 일 예로 그림7-(i)에서 CLR이 $5.8e^{-6}$ 인 기점을 기준으로 볼 때(상향링크 E_b/N_0 가 20 dB, 상향링크 XPD가 15 dB이고, 하향링크 XPD가 10 dB이고 하향링크 E_b/N_0 가 4 dB인 지점), 하향링크 XPD가 10 dB에서 15 dB 로 증가함에 따라 약 0.15 dB의 성능개선이 있으며, CLR이 $1.15e^{-3}$ 인 기점을 기준으로 볼 때(상향링크 E_b/N_0 가 20 dB, 상향링크 XPD가 15 dB이고, 하향링크 XPD가 5 dB이고, 하향링크 E_b/N_0 가 4 dB), 하향링크 XPD가 5 dB에서 10 dB 로 증가함에 따라 약 1 dB의 성능개선이 있음을 알 수 있다. 그러므로 각 차트에서 하향링크

XPD의 변화에 따른 수치적인 성능변화를 이해할 수 있을 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 차세대 위성 B-ISDN/ATM 망에서 지배적인 간섭원으로 예상되는 공동채널간섭에 의한 위성 ATM 전송성능평가를 수행하였다. 지상/위성 혼합망에서 위성망의 역할을 지상망에 대한 보완망 혹은 대체망으로 정의하였고 전체 위성망의 구조를 지상 ATM 노드를 상호 연결하는 NNI 구조로 정의하였다. 차세대 위성시스템이 제한적인 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위하여 다중국부빔에 의한 주파수 재사용 기법을 적극적으로 활용할 것임을 고려하여 공동채널간섭을 지배적인 간섭원으로 설정하였다. 세부적인 시스템 요소설계 측면에서는 위성링크의 연립에러에 의한 ATM 셀 전송 성능열화를 방지하기 위하여 현재 다각적인 연구가 진행되고 있는 인터리버를 적용하였다.

공동채널간섭이 증가함에 따른 ATM 셀의 BER 및 CLR 특성을 비교해 볼 때, BER 성능열화 보다는 CLR 성능열화가 매우 심각함을 알 수 있었다. ATM 전송방식은 셀 단위 패킷전송방식이므로 CLR의 성능열화는 매우 심각한 전송성능저하를 의미한다. 즉 공동채널간섭에 의한 링크환경의 열화로 인하여 ATM 셀 헤드에 의한 HEC 에러제어가 불가능해지며, 인터리버에 의해 연립비트에러가 단일비트에러로 변환된다 할지라도 셀헤드에 2 개이상의 단일비트에러가 발생할 확률이 증가함에 따라 인터리버에 의한 ATM 셀 전송성능 개선이 이루어질 수 없음을 고찰할 수 있었다.

현재, 선진외국을 중심으로 위성 ATM 전송실험이 수행되고 있고 다양한 기술개발이 이루어지고 있지만 위성 간섭원에 대한 고려는 미비한 것으로 사료된다. 차세대 초고속정보통신망에서 신뢰성있는 위성 ATM 전송을 위해서는 차세대 위성시스템 환경이나 특성을 고려한 위성 ATM 전송기술의 개발이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 최종연구보고서, 초고속정보통신망에서의 위성 통신의 역할에 관한 연구, 한국전자통신연구소, 1995. 12.

- [2] S. Joseph Campanella, John V. Evans, Takuro Muratani, Pierre Bartholome, "Satellite Communications System and Technology, Circa 2000," Proc. of IEEE, vol. 78, no. 7, July 1990.
- [3] J.C. Fuenzalida, O. Shimbo, and W.L. Cook, "Time-Domain Analysis of Intermodulation Effects by Nonlinear Amplifier," COMSAT Technical Review, vol. 3, no. 1, Spring 1973.
- [4] Stephen B. Wicker, *Error Control Systems for Digital Communication and Storage*, Prentice Hall, 1995.
- [5] G. D. Forney, "The Viterbi Algorithm," IEEE Proceedings, vol. 61, no. 3, pp. 268-278, March 1973.
- [6] Takeshi Mizuike, and Yasuhiko Ito, "Optimization of Frequency Assignment," IEEE Trans. on Comm., vol. 37, no. 10, October 1989.
- [7] S. Ramseier, and T. Kaltenschnee, "ATM over Satellite: Analysis of ATM QoS Parameters," Proc. of ICC'95, Vol. 3, pp. 1562-1566, 1995.
- [8] D. M. Chitre, D. S. Gokhale, T. Henderson, J. L. Lunsford, and N. Mnthevs, "Asynchronous Transfer Mode(ATM) Operation via Satellite: Issues, Challenges and Resolutions," Int. Journal of Satellite Comm., vol. 12, pp. 211-222, May-June 1994.
- [9] 최형진, 김병균, 김신재, 김동규, "초고속 위성망을 위한 ATM 전송기술의 동향," 한국통신학회지, vol. 13, no. 8, 1996년 8월.
- [10] D. J. Kennedy, M. B. Nakhla, "Burst Error Characterizations of FEC Coded Digital Channels," ICDCS-10, pp. 243-250, 1995.
- [11] A. Franchi, R. A. Harris, "On the Error Burst Properties of Viterbi Decoding," Proc. of ICC'93, pp. 1086-1091, June 1993.
- [12] D. E. McDyasan, and D. L. Spohn, *ATM : Theory and Application*, McGraw-Hill, 1994.

 저자 소개

金炳均(正會員)

1992년 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사). 1994년 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1994년 ~ 1997년 8월 성균관대학교 대학원 박사과정 졸업(박사). 1997년 9월 ~ 현재 한국통신 프리텔 연구원. 주관심분야는 위성통신, 이동통신, 위성이동통신, 디지털 통신 기술 등임

金信才(正會員)

1995년 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사). 1995년 ~ 1997년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1997년 3월 ~ 현재 서울이동통신 중앙연구소 연구원. 주관심분야는 위성통신, 이동통신, 디지털 통신 기술 등임



崔炯辰(正會員)

1974년 서울대학교 전자공학과 졸업. 1976년 한국과학기술원 전기전자공학과 졸업. 1976년 ~ 1979년 주식회사 금성사 중앙연구소 1979년 ~ 1982년 University of Southern California 전기공학과 박사(Ph.D).

1982년 ~ 1989년 LinCom Corp. 연구원. 1989년 ~ 성균관대학교 전자공학과(부교수). 주관심분야는 디지털 통신, 무선통신, 이동통신, 위성통신 및 동기화 기술을 포함한 Modem 기술 등임