일반논문-10-15-6-15

AT-DMB 전송 신호 정규화 방안

이 상 운^{a)†}, 김 영 수^{b)}, 송 윤 정^{b)}

Transmission Signal Normalization Scheme for Advanced Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting

SangWoon Lee^{a)†}, Kim Young su^{b)}, and Yun Jeong Song^{b)}

요 약

AT-DMB 는 지상파 DMB를 기반으로 하며, 기존의 지상파 DMB와 역호환성을 유지하면서 전송용량을 증대시키기 위해 개발이 되었다. AT-DMB 관련 전송방식 및 계층적비디오서비스 기술개발 및 표준 제정이 완료되었으며, 데이터 서비스를 포함한 응용서비스 기술들이 개발 중에 있다. 본 논문에서는 AT-DMB 시스템에서 성상비 변화에 따른 전송 신호들의 전력변화를 고찰하고 이를 감소시켜 전송 성능을 개선하기 위한 방법을 제시한다. 이 방법을 적용하여 AT-DMB의 B 모드 및 Q 모드 모두에서 계층 변조된 신호들의 전력을 균일하게 유지시킬 수 있음을 확인하였다.

Abstract

AT-DMB was developed to raise the transmission rate of existing T-DMB with backward compatability. The transmission and hierarchical video service technique were legislated as Korean TTA standards, and other application service techniques including data services are being developed for the commercial service. In this paper, we consider the power of transmission power level of signals in Advanced Terrestrial Digital Multimedia System according to the constellation ratio. And we propose a new scheme for normalization of transmission signal power level in AT-DMB system. Adopting this scheme, the signal power level of hierarchical modulated signal can be uniform in AT-DMB system both for B Mode and Q Mode.

Keyword : AT-DMB, T-DMB, signal, power level

1. 서 론

T-DMB 의 주파수 효율 및 전송용량을 증대시키기 위한 연구들이 수행되어 기존의 T-DMB 와 역호환성을 유지하면서 추가의 데이터를 전송할 수 있는 고전송율 모바일

터미디어 방송 기술(AT-DMB)이 개발되었고, 이를 적용하여 비디오 화질을 개선시키거나 채널 수를 증대시키기 위한 서비스 기술이 개발되어 표준으로 제정되었다^{[1][2]}. AT-DMB 는 부족한 T-DMB 채널을 증대시켜 보다 다양한 모바일 방송서비스를 제공하기 위한 전송방식으로 평가받고 있으며, 이를 적용한 응용서비스 기술의 개발 및 상용서비스를 위한 방송장비들의 개발도 진행되고 있다^{[3][4]}.

AT-DMB 는 기존 T-DMB 의 심벌(기본계층)들에 새로운 심벌(향상계층)들을 추가하여 함께 전송하며, 기존 심벌들과 추가된 심벌들의 배치는 전송환경에 따라 성상비

a) 남서울대학교 멀티미디어학과

Dept. of Multimedia Namseoul Univ.

b) 한국전자통신연구원 방송시스템연구부

Broadcasting System Research Lab. ETRI

† 교신저자 : 이상운 (Quattro@nsu.ac.kr)

· 접수일(2010년10월27일), 수정일(2010년11월15일), 게재확정일(2010년11월18일)

(Constellation Ratio)를 조절할 수 있게 설계되어있다^[5]. 또한 이동 및 고정 환경을 위하여 B 모드와 Q 모드를 지원하고 있다.

AT-DMB의 B 모드 및 Q 모드 모두에서 성상비를 변경할 경우 심벌신호 레벨들의 변동이 발생되며, 이는 기존 T-DMB에서 일정한 전력레벨을 유지하는 것과 대비된다^[6]. 본 연구에서는 AT-DMB의 B 모드 및 Q 모드에서 성상비가 변경될 경우 전송되는 심벌 신호들의 전력 변화를 감소시킬 수 있는 방안을 제시한다.

이를 위해 성상비 변화에 따른 AT-DMB 심벌신호의 전력 레벨 변화를 B 모드와 Q 모드에 대해서 산정하여 확인하고, 이 차이를 감소시키기 위한 방안을 제시한다. 또한 제시된 방법을 적용하여 B 모드와 Q 모드에서 얼마나 전력 레벨의 변화가 감소되었는지를 확인하여 새롭게 제안된 방법의 성능을 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 서론에 이어 2장에서는 AT-DMB 시스템의 특징 및 심벌 신호가 매핑된 성상도 등을 살펴보고, 3장에서는 B 모드와 Q 모드 각각에 대하여

성상도의 변화에 따른 심벌 신호의 전력 레벨 변화를 고찰한다. 4장에서는 성상도의 변화에 따른 심벌 신호의 전력 레벨 차이를 감소시킬 수 있는 방법을 제시하고 개선 효과를 평가한다. 마지막으로 5장에서는 연구에 대한 정리 및 향후 연구과제 등을 포함한 결론을 요약한다.

II. AT-DMB 시스템 개요

AT-DMB 시스템은 지상파 디지털멀티미디어방송(DMB)에 계층변조를 적용하여 지상파 디지털멀티미디어방송(DMB)의 전송용량을 증대시킨 방식을 말하며 기본계층과 향상계층으로 구성되며, “AT-DMB”는 “고전송율 지상파 디지털멀티미디어방송(DMB)”을 지칭하는 용어로 사용될 수 있다. AT-DMB에는 계층변조가 적용되는데, 이는 지상파 디지털멀티미디어방송(DMB)의 전송용량을 증대시키기 위하여, 지상파 디지털멀티미디어방송(DMB)의 $\pi/4$ DQPSK 변조된 신호에 계층적으로 QPSK 또는

그림 1. AT-DMB 시스템의 주신호 발생기 개념도
Fig. 1. Signal Generation System of AT-DMB

BPSK 변조를 적용하는 변조방식이다. AT-DMB 기본계층은 지상과 디지털멀티미디어방송(DMB) 서비스를 지원하는 계층이며, AT-DMB 향상계층은 지상과 디지털멀티미디어방송(DMB)의 전송용량을 증대시키기 위하여 추가한 계층을 지칭한다^[1]. AT-DMB 관련하여 본 연구와 밀접한 관련이 있는 신호발생기를 포함한 시스템 구조는 [그림 1]과 같다.

AT-DMB 는 전송환경에 따라 선택적으로 적용 가능한 두 가지 모드를 지원하며, 이동 환경 및 열악한 전송환경에

적합한 B 모드와 고정 및 양호한 전송환경에 적합한 Q 모드로 구분된다. B 모드는 기본계층의 $\pi/4$ -DQPSK 심볼과 향상계층의 BPSK 심볼을 결합하여 구성되며, Q 모드는 기본계층의 $\pi/4$ -DQPSK 심볼과 향상계층의 QPSK 심볼을 결합하여 구성된다.

[그림 2]와 [그림 3]은 각각의 심벌이 발생될 확률이 동일하다고 가정하고, 도서를 용이하게 하기 위해 $\pi/4$ 위상차를 고려하지 않은 경우의 B 모드와 Q 모드 각각에 대해 계층 변조된 AT-DMB 신호 성상도를 보여준다.

그림 2. 계층변조 B 모드에서 계층변조된 AT-DMB 신호의 비트 매핑
Fig. 2. Odd and Even Order Symbols Mapping in B-Mode AT-DMB

그림 3. 계층변조 Q 모드에서 계층변조된 AT-DMB 신호의 비트 매핑
Fig. 3. Odd and Even Order Symbols Mapping in Q-Mode AT-DMB

III. AT-DMB 신호 전력 레벨 고찰

앞 절에서 제시된 AT-DMB 의 B 모드와 Q 모드 성상도는 전송환경에 따라 변화하는 것이 가능하다. 또한 기본 계층 신호의 레벨과 이 신호 주변에 추가되는 항상계층신호의 레벨을 변경할 수 있으며, 이들의 관계는 성상비(constellation ratio)에 반영된다. 성상비는 B 모드와 Q 모드에 대해 아래와 같이 정의되어 있으며^[1], 두 모드 각각에 대해 성상비 변화에 따른 전송 신호 전력 레벨을 고찰해 보도록 하겠다.

1. B 모드에서의 심벌 전력

B 모드에서의 성상비 a 는 다음과 같이 정의되며, a, b 는 그림 4에 도시되어 있다.

$$\alpha = \frac{a}{b}$$

a 는 {1.5, 2.0, 2.5, 3.0}의 4종류 값으로 설정될 수 있으며, 채널 환경에 따라 이 a 를 변경하여 기본계층과 항상계층의 오류율을 조정하고 수신 성능을 조정할 수 있다. B 모드에서의 계층변조는 식 (1)에 나타낸 바와 같이 항상계층의 BPSK 심볼의 크기를 조정한 후에 기본계층 심볼과

더하는 과정으로 이루어진다. 그림 4는 성상도에 따른 신호 전력의 레벨 산정을 위해 B 모드의 성상도와 계층 변조기의 구조를 보여준다.

$$S_{l,k}^{Hier} = [z_{l,k} + \frac{1}{1+\alpha} q_{l,n}^{LP} \cdot z_{l,k}], \quad (l=2,3, \dots, 76), \quad -\frac{K}{2} \leq k \leq \frac{K}{2}, k \neq 0 \quad (1) \quad (1)$$

$z_{l,k}$: $\pi/4$ -DQPSK 변조된 기본계층 심볼

$q_{l,n}^{LP}$: QPSK로 변조된 항상계층 심볼

K : 전송캐리어 개수

$z_{l,k}, q_{l,n}^{LP}$ 의 전력은 모두 1

B 모드에서 기본 계층의 신호에 추가된 항상계층 신호들의 평균전력(LP Power)은 2개의 신호로 구성된 성상군의 중심을 원점으로 계산하여 다음의 식과 같이 표현가능하다. 이 경우 각각의 심벌이 전송될 확률이 동일한 것으로 가정한다.

$$LP \text{ Power} = \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \frac{b^2}{4}$$

기본 계층 신호의 전력 (HP Power)은 다음과 같이 표현이 가능하다.

그림 4. 계층변조 B 모드의 성상도 및 계층 변조기

Fig. 4. Constellation and Modulator of B-Mode AT-DMB

$$\begin{aligned}
 HP\text{Power} &= L^2 \\
 &= \left(\frac{a}{2\sqrt{2}} + \frac{b}{2\sqrt{2}} \right)^2 + \left(\frac{a}{2\sqrt{2}} - \frac{b}{2\sqrt{2}} \right)^2 \\
 &= \frac{1}{4}(a+b)^2
 \end{aligned}$$

B-mode 신호의 평균전력은 다음과 같이 표현이 가능하다.

$$\begin{aligned}
 P_B &= \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{a}{2} \right)^2 + \left(\frac{a}{2} + b \right)^2 \right] \\
 &= \frac{1}{4}(a+b)^2 + \frac{b^2}{4} \\
 &= HP\text{Power} + LP\text{Power}
 \end{aligned}$$

B 모드에서의 신호 전력을 성상비 a 와 L 로 표현하면 다음 식 (2)와 같다.

$$P_B = \frac{b^2}{4} \cdot (a^2 + 2a + 2) = L^2 \left\{ 1 + \frac{1}{(a+1)^2} \right\} \quad (2)$$

식 (2)로부터 B 모드에서 계층변조된 심벌들의 전력은 성상비가 커감에 따라 심벌의 전력이 L^2 으로 수렴하나 성상비가 낮을수록 평균전력이 큰 것을 알 수 있다. $L=1$ 인 경우의 성상도에 따라 심벌들의 평균전력을 계산하면 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

그림 5. 계층변조 Q 모드의 성상도 및 계층 변조기

Fig. 5. Constellation and Modulator of B-Mode AT-DMB

표 1. 성상비에 따른 B 모드의 신호 전력

Table 1. Signal Power of B-Mode AT-DMB according to Constellation Ratio

α	1.5	2.0	2.5	3.0	inf
P_B	1.16	1.11	1.08	1.06	1.0

2. Q 모드에서의 심벌 전력

Q 모드에서의 성상비 a 는 다음과 같이 정의되며, a, b 는 그림 5에 도시되어 있다.

$$a = \frac{a}{b}$$

Q 모드에서의 성상비 a 는 B 모드에서와 마찬가지로 {1.5, 2.0, 2.5, 3.0}의 4종류 값으로 설정될 수 있으며, 채널 환경에 따라 이 a 를 변경하여 기본계층과 향상계층의 오류율을 조정하고 수신 성능을 조정할 수 있다. Q 모드에서의 계층변조는 식 (3)과 같이 표현될 수 있으며, 향상계층의 QPSK 심벌의 크기를 조정한 후에 기본계층 심벌과 더하는 과정으로 이루어진다. 그림 5는 성상도에 따른 신호 전력레벨 산정을 위해 Q 모드의 성상도와 계층 변조기의 구조를 보여준다.

$$S_{l,k}^{Her} = [z_{l,k} + \frac{1}{1+\alpha} q_{l,k}^{LP} \cdot z_{l,k} \cdot e^{-j\frac{\pi}{4}}], \quad (l=2, 3, \dots, 76), \quad -\frac{K}{2} \leq k \leq \frac{K}{2}, k \neq 0 \quad (3)$$

$z_{l,k}$: $\pi/4$ -DQPSK 변조된 기본계층 심볼

$q_{l,n}^{LP}$: QPSK로 변조된 향상계층 심볼

K : 전송캐리어 개수

$z_{l,k}$, $q_{l,n}^{LP}$ 의 전력은 모두 1

향상계층 심볼의 전력들은 4개로 구성된 정상군의 중심을 기준으로 다음식과 같이 표현될 수 있으며, 이 경우에도 각각의 심볼이 전송될 확률이 동일한 것으로 가정한다.

$$LP \text{ Power} = \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \frac{b^2}{4}$$

기본 계층 심볼의 전력은 다음의 식으로 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} HP \text{ Power} &= L^2 \\ &= \left(\frac{a}{2\sqrt{2}} + \frac{b}{2\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{a}{2\sqrt{2}} - \frac{b}{2\sqrt{2}}\right)^2 \\ &= \frac{1}{4}(a+b)^2 \end{aligned}$$

또한 Q-mode신호의 평균전력은 다음의 식으로 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} P_Q &= \frac{1}{4} \left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2} + b\right)^2 + 2 \left\{ \left(\frac{a}{2\sqrt{2}} + \frac{b}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{a}{2\sqrt{2}}\right)^2 \right\} \right] \\ &= \frac{1}{4}(a+b)^2 + \frac{b^2}{4} \\ &= HP \text{ Power} + LP \text{ Power} \end{aligned}$$

Q 모드에서 계층변조된 신호 전력을 성상비 a 와 L 로 표현하면 다음 식 (4)와 같다.

$$P_Q = \frac{b^2}{4} \cdot (a^2 + 2a + 2) = L^2 \left\{ 1 + \frac{1}{(a+1)^2} \right\} \quad (4)$$

Q 모드에서 계층변조된 신호 전력을 성상비와 L 값으로 표현한 결과는 B 모드인 경우와 동일하다. 따라서 Q 모드

에서도 계층변조된 심벌들의 평균전력은 성상비가 커감에 따라 심벌의 전력이 L^2 으로 수렴하나 성상비가 낮을수록 평균전력이 큰 것을 알 수 있다. $L=1$ 인 경우의 성상도에 따라 심벌들의 평균전력을 계산하면 표 2와 같이 나타낼 수 있다.

표 2. 성상비에 따른 Q 모드의 신호 전력

Table 2. Signal Power of Q-Mode AT-DMB according to Constellation Ratio

α	1.5	2.0	2.5	3.0	inf
P_Q	1.16	1.11	1.08	1.06	1.0

IV. 정규화 및 효과 분석

앞의 절에서 AT-DMB B 모드와 Q 모드 모두에서 성상비의 변화에 따라 심벌 신호들의 전력이 변하는 것을 알 수 있었다. 심벌 신호들의 전력 변화는 송신기 출력의 더 큰 변화를 초래하게 되고, 이에 따라 방송 서비스 커버리지의 변동이 발생하는 등 바람직하지 않은 현상이 나타난다. 전력 변화를 감소하기 위한 방법으로 정규화 (Normalization) 기법을 적용한 개선방안을 제안한다. 위의 절에서 유도한 식 (2), 식 (4)의 결과 값들이 1보다 크며, 성상비에 따라 변화하므로, 1로 정규화 할 경우 안정적인 출력레벨을 유지할 수 있게 해준다. 이를 위해 B 모드와 Q 모드의 전력을 정규화 하기 위해 식 (1)과 식 (3)의 B 모드와 Q 모드의 전송신호들을 각각에 대한 개선방안으로써 아래 식 (5), 식 (6)과 같은 신호 발생 방식을 제시한다.

$$S_{l,k}^{Her} = \frac{1}{\sqrt{P_B}} \left[z_{l,k} + \frac{1}{1+a} q_{l,k}^{LP} \cdot z_{l,k} \right], \quad (5)$$

$$(l=2, 3, \dots, 76), \quad -\frac{k}{2} \leq k \leq \frac{k}{2}, k \neq 0$$

$$S_{l,k}^{Her} = \frac{1}{\sqrt{P_Q}} \left[z_{l,k} + \frac{1}{1+a} q_{l,k}^{LP} \cdot z_{l,k} \cdot e^{-j\frac{\pi}{4}} \right], \quad (6)$$

$$(l=2, 3, \dots, 76), \quad -\frac{k}{2} \leq k \leq \frac{k}{2}, k \neq 0$$

위와 같이 제안된 정규화 기법을 적용하여 B 모드와 Q 모드 각각에 대하여 성상비를 변화시켜가며 전송 신호의 정규화 상수를 계산하면 표 3, 표 4와 같다.

표 3. B 모드에 대한 전송신호 정규화 상수

Table 3. Normalization Coefficient for Signal Power in B-Mode

α	1.5	2.0	2.5	3.0	inf
$1/\sqrt{P_B}$	0.93	0.95	0.96	0.97	1.0

표 4. Q 모드에 대한 전송신호 정규화 상수

Table 4. Normalization Coefficient for Signal Power in Q-Mode

α	1.5	2.0	2.5	3.0	inf
$1/\sqrt{P_Q}$	0.93	0.95	0.96	0.97	1.0

제안된 방법의 효과를 확인하기 위하여 표 3, 표 4에서 계산된 정규화 상수들을 4가지 성상비에 대하여 시뮬레이션을 통하여 계산하였다. 이 시뮬레이션에는 B 모드, Q 모드 각각의 경우에 20 Frame 씩을 전송하여 각 신호전력 및 그 평균을 구하였다. 따라서 본 계산에 포함된 각 모드 별 심볼 수는 $76 \times 20 \times 1536$ 개 씩 이다. 제안된 정규화방법을 적용하여 B, Q 각각의 모드에 대하여 계산된 신호전력들을 적용 전의 신호전력들과 대비하였으며, 표 5와 표 6에 나타내었다.

표 5. 제안된 방법의 적용 전후의 신호 전력 - B 모드

Table 5. Signal Power Comparison before and after Proposed Processing in B-Mode

성상비	1.5	2.0	2.5	3.0
정규화 이전	1.1600	1.1111	1.0817	1.0625
정규화 이후	1.0	1.0	1.0	1.0

표 6. 제안된 방법의 적용 전후의 신호 전력 - Q 모드

Table 5. Signal Power Comparison before and after Proposed Processing in Q-Mode

성상비	1.5	2.0	2.5	3.0
정규화 이전	1.1605	1.1115	1.0820	1.0628
정규화 이후	1.0004	1.0004	1.0003	1.0003

표 5, 표 6의 결과들은 본 연구에서 제안된 방법이 효과적으로 작용하여 B 모드, Q 모드 모두에서 성상비의 변화에도 1에 가까운 균일한 전력 레벨이 유지됨을 확인하였다.

V. 결 론

본 연구에서는 AT-DMB 시스템에서의 성상비 변화에 따른 심볼 전력의 변화를 고찰하고 이를 균일하게 유지하기 위한 개선 방안을 제시하였다. 이 과정에서 성상비의 변경에 따라 AT-DMB 전송신호 전력의 차이가 B 모드와 Q 모드에 대해 얼마나 발생하는지를 산정하였으며, 성상비가 낮을수록 발생하는 전력의 차이가 커짐을 알 수 있었다. 본 연구에서 제시한 정규화기법을 적용한 개선방안을 적용하여 B 모드와 Q 모드 모두에서 전송 신호 전력이 균일하게 유지될 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 고전송률 지상파 디지털멀티미디어방송(AT-DMB) 송수신 정합, TTAK.KO-07.0070, 2009, 6, 18
- [2] 고전송률 지상파 디지털멀티미디어방송(AT-DMB) 계층부호화 비디오 서비스, TTAK.KO-07.0071, 2009, 12, 22
- [3] 이상진, 이상운, 양규태, 임종수, "AT-DMB 시스템을 위한 계층변조 방식의 성능분석", 방송공학회 논문지, 2009년 제 14권 제 4호
- [4] 이상운, 배병준, 송윤정, "고전송률 지상파 디지털 멀티미디어방송 (At-DMB)을 이용한 서비스 연구", 2010. 7, 방송공학회 하계학술대회
- [5] JaeHong Lee, Jong-Soo Lim, SangWoon Lee, "Development of Advanced Terrestrial DMB System", IEEE Trans. Broadcasting, vol. 56, no. 1, pp. 28-35, Mar. 2010.
- [6] Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers, ETSI EN 300 401 V1.3.3, 2001

저 자 소 개

이 상 운

- 1987년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)
- 1989년 2월 : 연세대학교 전기공학과 석사(공학석사)
- 2005년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 박사(공학박사)
- 1991년 5월 ~ 2005년 5월 : MBC 기술연구소 / 팀장
- 2005년 6월 ~ 2009년 2월 : 연세대학교 / 차세대방송연구센터 / 연구교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 / 멀티미디어학과 / 교수
- 주관심분야 : 이동모바일방송, 디지털라디오, 멀티미디어방송, ITS

김 영 수

- 1984년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1999년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1988년 5월 ~ 현재: ETRI 방송시스템연구부 차세대모바일방송기술연구팀 책임연구원
- 주관심분야 : 모바일 방송 시스템, 디지털 변복조, 배열신호처리

송 윤 정

- 1987년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1990년 8월 : 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2004년 2월 : 충남대학교 전자공학과(공학박사)
- 1990년 7월 ~ 현재: ETRI 방송시스템연구부 차세대모바일방송기술연구팀장
- 주관심분야 : 모바일 방송 시스템, 디지털 변복조, 디지털 신호처리