

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.3.333>

JCCT 2018-8-42

## IoT 환경에서 고품질 콘텐츠 제공을 위한 데이터 오류 보상 추정 기술

### Data Error Compensation Estimation Technology for Providing High Quality Contents in IoT Environment

김정수\*

Jeong Su Kim\*

**요약** 문화콘텐츠는 고속, 고품질의 데이터 통신이 가장 핵심적인 요소이다. 고품질 콘텐츠로 VR·AR 기술이 포함되고 다양한 고품질 콘텐츠는 스마트 폰을 통해 무선이동 중 스트리밍 서비스를 받을 수 있다. 또한, 사물이 무선인터넷에 연결을 하기위한 IoT(Internet of Things) 환경에서 네트워크 및 유무선 통신이 필연적으로 필요하다. IoT는 다양한 네트워크 기술로 4G, 5G 이동통신, WIFI 무선랜, 블루투스 등의 방식에 연결하여 사용되어 진다. 사물간의 연결을 언제 어디서나 이용할 수 있는 기술로 무선 이동통신 환경에서 이루어 질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 고속 이동 환경에서도 고품질의 콘텐츠를 서비스 받을 수 있도록 이동통신 채널 환경 분석을 토대로 데이터 오류를 줄일 수 있는 데이터 오류 보상 추정 방식에 대해 연구한다.

**주요어** : VR, AR, IoT, 5G, 오류 보상 추정

**Abstract** Cultural contents are the most important factor in high speed and high quality data communication. High-quality content includes VR and AR technology, and a variety of high-quality content can be streamed over wireless mobile phones via smartphones. In addition, network and wired/wireless communication are inevitably required in an Internet of Things (IoT) environment in which things are connected to a wireless Internet. IoT is used in various network technologies such as 4G, 5G mobile communication, WIFI wireless LAN, Bluetooth and so on. It is a technology that can use the connection between things anytime, anywhere, and can be achieved in a wireless mobile communication environment. Therefore, in this paper, we study data error compensation estimation method which can reduce data error based on mobile communication channel environment analysis so that high quality contents can be serviced even in high speed mobile environment.

**Key words** : VR, AR, IoT, 5G, Error Compensation Estimation

#### 1. 서론

현재의 문화콘텐츠는 고속 고품질의 데이터 통신이

가장 핵심적인 요소이다. 미래의 SF 영화의 콘텐츠의 소재로 가상현실(VR)·증강현실(AR)이 4차 산업혁명을 이끌 핵심 기술로 주목받고 있다[1,2,3,4]. 우선 가상현

\*정회원, 송실사이버대학교 ICT공학과 (주저자)  
접수일: 2019년 5월 7일, 수정완료일: 2019년 6월 8일  
게재확정일: 2019년 7월 3일

Received: May 07, 2019 / Revised: June 08, 2019

Accepted: July 03, 2019

\*Corresponding Author: kjs@mail.kcu.ac

Dept. of ICT Engineering, Korea Soongsil Cyber Univ,  
Korea

실 기술은 크게 몰입 가상화 기술, 실감 상호작용 기술, 영상을 합성하는 기술이 포함된다. 이러한 고품질 콘텐츠를 영화관 뿐만 아니라 스마트 폰 환경에서 무선이동 중에 스트리밍 서비스로 관람할 수 있는 시기가 도래했다. 또 다른 주목 받는 기술로 IoT(Internet of Things: 사물인터넷)이라 할 수 있는데 IoT에 필요한 기술로 네트워크 및 유무선 통신이 필연적으로 필요하다[5]. 사물이 무선인터넷에 연결하도록 다양한 네트워크 기술로 4G, 5G 이동통신, WIFI 무선랜, 블루투스, 지그비 등의 방식에 무선통신 모듈을 탑재되고 사용되어 진다. 이러한 기술은 각종 서비스 콘텐츠 분야의 형태에 맞게 가공하고 처리하는 융합하여 클라우드 기반의 플랫폼, 사물이 산출한 데이터를 정보로 자동화된 실시간 의사결정과 예측기반의 선제적 대응, 빅데이터 기술을 활용할 수 있도록 네트워크 통신의 근간을 이루고 있다. 사물간의 연결을 언제 어디서나 이용할 수 있는 기술 또한 무선통신 환경에서 이루어 질 수 있다. 즉, 고품질 콘텐츠를 어느 장소나 고속 이동 중에도 서비스를 이용할 수 있는 기술이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 고속 이동 환경에서도 고품질의 콘텐츠를 서비스 받을 수 있도록 이동통신 채널 환경 분석을 토대로 데이터 오류를 줄일 수 있는 데이터 오류 보상 추정 방식에 대해 연구한다. 이동 통신 전송로에서 다중 경로에 의한 페이딩은 수신파의 진폭이나 위상에 불규칙한 변동을 주어 통신 정보의 품질을 저하시키는 주된 원인이 된다. 고속 전송의 경우에는 신호가 점유하는 대역폭이 넓게 되어 페이딩을 겪게 되는데 이로 인해 신호의 왜곡이 더욱 심각하게 되어 오류가 급격히 증가하게 되고 이러한 환경에서는 산발오류 뿐만 아니라 연접 오류가 발생하게 되어 정보의 신뢰도가 급격히 떨어지게 된다[6]. 이를 극복하기 위해서는 본 논문에서는 페이딩 전송로에서 야기되는 신호 레벨 예측 및 위상 보상을 알아내는 방법과 채널 특성을 보상하는 방법을 연구한다.

본 논문에서는 페이딩 전송로에서 야기되는 진폭 및 위상 왜곡을 예측하여 보상하는 기존의 시스템의 지연파의 영향을 받는 경우 발생하는 문제점 등을 개선하기 위하여 채널 환경 추정의 신뢰도를 높일 수 있는 다중 보상 추정 기법을 제안한다. 기존의 방식과 비교해 보면, 한 심벌 주기 이내의 지연파의 간섭이 있는 환경에서는 급격하게 오류가 증가하지만 본 논문에서 제안하는 다중 보상 추정 시스템은 지연파의 지연정도와 비중

에 크게 영향을 받지 않고 안정된 성능을 보임을 확인할 수 있다.

2장에서 Slow 페이딩 채널과 Fast 페이딩 채널 환경을 알아보고 3장에서는 다중 보상 추정 시스템을 제시하고 성능평가 및 결과를 4장에서 분석하였다.

## II. Slow 페이딩 채널과 Fast 페이딩

### 채널 환경

도플러 확산에서 페이딩 효과는 채널의 변화율에 대해서 전송된 기저대역신호가 얼마나 빠르게 변하는가에 의존하여 slow 페이딩 fast 페이딩을 결정되어질 수 있다. 그러므로 이동체의 속도는 신호의 slow 페이딩 fast 페이딩을 결정할 수 있다[7].

#### 1. Slow 페이딩 채널

Slow 페이딩 채널에서 채널 임펄스 응답은 전송된 기저대역신호 보다 더 느리게 변한다. 이 경우, 주파수 영역에서 채널의 도플러 확산은 기저대역신호의 대역폭보다 더 작다. 도플러 확산( $f_d$ )에 대한 비트율은 다음범위를 갖는다.

$$f_d T \leq 10^{-4} \quad (1)$$

한 비트 내의 위상천이는 무시할 수 있기 때문에 slow 레일레이 페이딩 또는 “의사(quasi) 레일레이 페이딩”을 갖는다.

#### 2. Fast 페이딩채널

Fast 페이딩 채널에서, 채널 임펄스 응답은 심벌간격 내에서 빠르게 변화한다. 즉, 채널의 동기시간은 전송된 신호의 심벌주기보다 더 적다. 이것은 도플러확산의 원인이 되고, 신호의 왜곡을 유발시키며 fast 레일레이 페이딩 채널을 갖는다.

$$f_d T \geq 10^{-2} \quad (2)$$

이런 경우에 빠른 도플러 천이의 원인에 의해 BER(Bit Error Rate) 저하를 초래한다.

### III. 다중 보상 추정 시스템

#### 1. 다중 보상 추정 기술

다중 파일럿 심벌들( $a_0, a_1, a_2$ )은 preamble과 postamble에 위치한다. 한 심벌 지연을 고려하면, 2파 레일레이 모델에 의해 preamble과 postamble의 채널 충격 응답은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$c_{pre}(t) = c_{pre,0}\delta(t) + c_{pre,1}\delta(t - T_s) \quad (3)$$

preamble에서  $a_1, a_2$ 에 대한 수신된 신호 ( $y_{pre,1}, y_{pre,2}$ )는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} y_{pre,1} \\ y_{pre,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_0 \\ a_2 & a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{pre,0} \\ c_{pre,1} \end{bmatrix} \quad (4)$$

그러므로 preamble에서의  $c_{pre,0}, c_{pre,1}$ 은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} c_{pre,0} \\ c_{pre,1} \end{bmatrix} = \frac{1}{a_1^2 - a_0a_2} \begin{bmatrix} a_1 & -a_0 \\ -a_2 & a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{pre,1} \\ y_{pre,2} \end{bmatrix} \quad (5)$$

이와 마찬가지로 postamble에서의 채널 충격응답은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$c_{post}(t) = c_{post,0}\delta(t) + c_{post,1}\delta(t - T_s) \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} c_{post,0} \\ c_{post,1} \end{bmatrix} = \frac{1}{a_1^2 - a_0a_2} \begin{bmatrix} a_1 & -a_0 \\ -a_2 & a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{post,1} \\ y_{post,2} \end{bmatrix} \quad (7)$$

여기에서 ( $y_{post,1}, y_{post,2}$ )는 데이터  $a_1$ 과  $a_2$ 에 대한 수신된 신호이다.  $c_{pre} = [c_{pre,0}, c_{pre,1}]^T$ 와  $c_{post} = [c_{post,0}, c_{post,1}]^T$ 는 preamble과 postamble 끝에서 충격응답계수벡터이고  $c_k$ 는 k번째 정보 심벌에 대한 충격응답계수이다. 보간법을 사용하여 k번째 정보심벌에 대한 충격응답계수벡터는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$c_k = \frac{N-k+0.5}{N+3}c_{pre} + \frac{k+2.5}{N+3}c_{post} \quad (8)$$

여기에서 N은 정보심벌의 수이다.

$$c_{k,0} = \frac{N-k+0.5}{N+3}c_{pre,0} + \frac{k+2.5}{N+3}c_{post,0} \quad (9)$$

$$c_{k,1} = \frac{N-k+0.5}{N+3}c_{pre,1} + \frac{k+2.5}{N+3}c_{post,1} \quad (10)$$

직접파의 전력이 지연파보다 더 강한 최소 위상 조건과 지연파의 전력이 직접파보다 더 강한 비최소 위상 조건을 고려하여 순방향 보상과 역방향 보상을 행한다. 효과적으로 이러한 과정을 수행하기 위해서는 최소 위상 조건에서 순방향 보상과 비최소 위상조건에서 역방향 보상을 행하는 양방향 보상기술을 이용한다. 수신된 신호들은 수신된 순으로 먼저 순방향 등화 된다. 다음에 신호들은 수신된 역순으로 다시 역방향 등화 된다. 순방향 등화에서 비최소 위상 조건들이 역방향 등화에서 최소 위상 조건들로 바뀌어 BER 성능향상을 기대할 수 있다. 순방향 equalizing 동안 preamble과 postamble의 끝에서 최적 탭 이득을  $c_{pre}^F, c_{post}^F$ 라고 가정한다. 순방향 equalizing 동안 k번째 데이터에 대한 탭 이득 벡터는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$c^F(k) = \frac{k}{M}c_{pre}^F + \frac{M-k}{M}c_{post}^F \quad (11)$$

여기에서  $M = N_d + N_{pre}$ ,  $N_d$ 은 정보 심벌의 수,  $N_{pre}$ 은 preamble 심벌의 수이다. 역방향 equalizing 경우는 다음과 같다.

$$c^B(k) = \frac{k}{M}c_{pre}^B + \frac{M-k}{M}c_{post}^B \quad (12)$$

여기에서  $c_{post}^B$ 와  $c_{pre}^B$ 는 역방향 등화 동안 preamble과 postamble 끝에서의 최적 탭 이득들이다.

#### 2. 순방향 보상

k번째 정보심벌에 대해 수신된 신호는 다음과 같다.

$$y_F(k) = c_{k,0}a_F(k) + c_{k,1}a_F(k-1) \quad (13)$$

여기에서  $a_F(k)$ 와  $y_F(k)$ 는 전송된 심벌과 그에 상응하는 수신된 신호이다.

$$a_F(k) = a(kT_s), y_F(k) = y(kT_s)$$

직접과는  $c_{k,1}$ 에 의해 가중된 결정된 심벌  $\hat{a}_F(k-1)$ 을 뺀으로써 얻을 수 있다. 따라서, 전송된 기저대역 신호는 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$z_F(k) = \frac{1}{c_{k,0}}(y_F(k) - c_{k,1}\hat{a}_F(k-1)) \quad (14)$$

전송된 심벌  $\hat{a}_F(k)$ 는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\hat{a}_F(k) = \text{sign}(z_F(k)) \quad (15)$$

여기서  $\text{sign}(\cdot)$ 은 다음과 같다.

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} \alpha + 1 & x \geq \alpha \\ \alpha - 1 & 0 < x \leq \alpha \\ -(\alpha - 1) & 0 > x \geq -\alpha \\ -(\alpha + 1) & -\alpha > x \end{cases} \quad (16)$$

순방향 보상의 평균오류  $e_F$ 는 다음과 같다.

$$e_F = \sum_{k=1}^N (z_F(k) - \hat{a}_F(k))^2 \quad (17)$$

그림 1은 순방향 보상에 대한 구성도를 보여주고 있다.

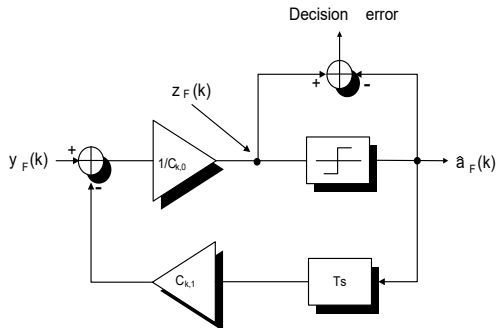


그림 1. 순방향 보상  
Figure 1. Forward Compensation

### 3. 역방향 보상

$k$ 번째 정보심벌에 대해 수신된 신호는 다음과 같다.

$$y_B(k) = c_{k,0}a_B(k) + c_{k,1}a_B(k-1) \quad (18)$$

여기에서  $a_B(k), y_B(k)$ 는 전송된 심벌과 그에 상응하는 수신신호를 의미한다. 지연된 파는 순방향 보상에 서와 같은 방법으로 구할 수 있다. 전송된 기저대역 신호는 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$z_B(k) = \frac{1}{c_{k,1}}(y_B(k) - c_{k,0}\hat{a}_B(k-1)) \quad (19)$$

이에 상응하는 평균 추정오류는 다음과 같다.

$$e_B = \sum_{k=1}^N (z_B(k) - \hat{a}_B(k))^2 \quad (20)$$

그림 2는 역방향 보상에 대한 구성도를 보여주고 있다.

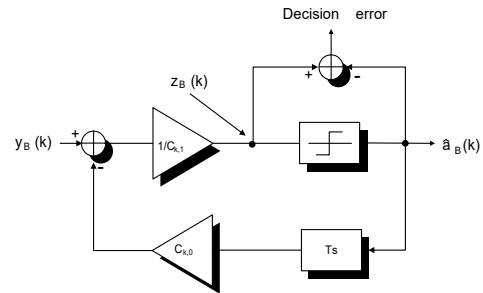


그림 2. 역방향 보상  
Figure 2. Reverse compensation

순방향과 역방향 보상이 끝난 후에, 최종적인 심벌 결정이 수행된다. 결합된 출력은 평균추정 오류에 반비례한 요소들과  $z_F(t), z_B(t)$ 를 가중함으로써 구할 수 있다.

$$\hat{a}(k) = \left\{ \frac{z_F(k)}{e_F} + \frac{z_B(N+1-k)}{e_B} \right\} / \left( \frac{1}{e_F^2} + \frac{1}{e_B^2} \right) \quad (21)$$

등화기방식에 이용되는 preamble과 postamble에 각

각 다중 파일릿을 삽입하여 순방향보상과 역방향 보상을 행하며 최대 한 심벌까지의 지연을 고려하고 있다.

#### IV. 성능평가 및 결과

그림 3에서는 SNR(Signal to Noise Ratio)이 60dB, 프레임 길이 25, 직접파와 지연파의 전력을 같게 주었을 때,  $f_d T$ 를 각각 0.01, 0.0025, 0.0005로 하여 지연파의 지연 정도에 따른 제안된 시스템의 BER 특성을 보여주고 있다. 기존 방식에서는  $f_d T$ 가 0.01, 0.0025, 0.0005인 경우 모두 BER이  $10^{-3}$ 이하의 성능을 보임을 알 수 있고 지연 정도가 0.5이상의 경우  $f_d T$ 가 0.01, 0.0025, 0.0005 각각에 대하여 BER이 약  $10^{-1}$  정도로 성능이 저하됨을 알 수 있다. 제안된 방식에서는  $f_d T$ 가 0.01인 경우 지연파의 지연이 0.2이상일 때 BER이  $10^{-3}$  이하의 성능을 보인다.  $f_d T$ 가 0.0005인 경우 지연파의 지연 정도가 0.9이하인 경우  $10^{-4}$ 이하의 성능향상을 보임을 알 수 있다. 전반적으로 기존 방식과 제안된 방식은 지연파의 지연 정도에 따라 성능이 저하됨을 알 수 있고  $f_d T$ 가 작을수록 성능이 향상됨을 알 수 있다. 그러나 기존방식은 지연파의 지연 정도가 0.5이상의 경우  $f_d T$ 와 관계없이 비슷한 성능 저하를 보인다[8,9]. 제안된 방식에서는  $f_d T$  조건에 따라 성능이 개선됨을 알 수 있다.

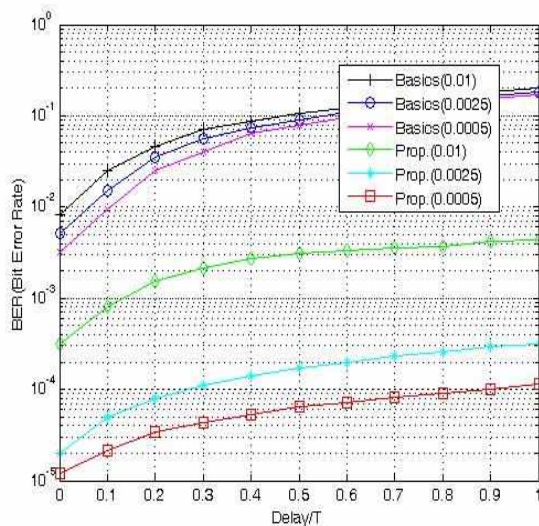


그림 3.  $f_d T$ 와 지연파의 지연 정도에 따른 성능  
 Figure 3. Performance according to  $f_d T$  and delay of delay wave

#### V. 결론

사물인터넷 환경에서 고품질의 문화콘텐츠 서비스를 무선 이동 중에 제공하기 위해서는 고속 데이터를 오류 없이 전송하는 통신기술이 필요하다.

고품질 콘텐츠로 VR·AR 등이 있고 이러한 콘텐츠는 사물인터넷을 4G, 5G 이동통신, WIFI 무선랜 등의 무선 통신망에 연결하여 언제 어디서나 서비스를 제공할 수 있게 한다. 따라서 본 논문에서는 고속 이동 환경에서도 고품질의 콘텐츠를 서비스 받을 수 있도록 이동통신 채널 환경 분석을 토대로 데이터 오류를 줄일 수 있는 데이터 오류 보상 추정 방식에 대해 연구한다.

기존의 방식은 지연파의 간섭이 있는 환경에서는  $f_d T$ 와 관계없이 급격하게 오류가 증가되지만 제안된 방식에서는 이동통신 환경의  $f_d T$  조건에 따라 성능이 개선됨을 알 수 있다. 전반적으로 짧은 지연시간에서는 전파 경로 특성이 Slow 레일레이 페이딩에 가까워지기 때문에 BER 성능이 향상된다. 반대로, 보다 긴 지연시간에서는 직접파와 지연파가 독립적으로 페이딩을 겪기 때문에 제안된 추정 보상 기술은 경로 다이버시티 효과에 의해 성능이 향상될 수 있다.

#### References

- [1] Emspak, J. What is Virtual Reality? Available online: <https://www.livescience.com/54116-virtual-reality.htm> (accessed on 11 January 2018).
- [2] Hughes, S.; Warren-Norton, K.; Spadafora, P.; Tsotsos, L. Supporting optimal aging through the innovative use of virtual reality technology. *Multimodal Technol. Interact.* 2017, 1, 23.
- [3] Bekele, M.K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E.S., Gain, J.: A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *J. Comput. Cult. Herit.* 11 (2), 7:1 - 7:36 (2018). <https://doi.org/10.1145/3145534>
- [4] Kasapakis, V., Gavalas, D.: Occlusion handling in outdoors augmented reality games. *Multimed. Tools Appl.* 76 (7), 9829 - 9854 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3581-1>
- [5] Pedersen, T.; Fleury, B.H. Whitepaper on New Localization Methods for 5G Wireless Systems and the Internet-of-Things; COST Action CA15104; Danish National Research Database:

- Aalborg, Denmark, 2018.
- [6] Sumitra N. Motade, Anju V. Kulkarni; Channel Estimation and Data Detection Using Machine Learning for MIMO 5G Communication Systems in Fading Channel, India, 6 August 2018.
- [7] Theodore S. Rappaport, Cellular Radio & Personal Communications, 1996.
- [8] Park, S.; Choi, J.W.; Seol, J.Y.; Shim, B. Expectation-Maximization-Based Channel Estimation for Multiuser MIMO Systems. IEEE Trans. Commun. 2017, 65, 2397 - -2410.
- [9] Suikkanen, E.; Juntti, M. Study of Adaptive Detection and Channel estimation for MIMO-OFDM Systems. Wirel. Pers. Commun. Intern. J. 2017, 93, 811 - -831.