

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제20권 제3호, 2015년 5월 (JBE Vol. 20, No. 3, May 2015)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2015.20.3.464>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

신속한 재난경보 방송을 위한 협력통신 기법

송미화^{a)}, 장석진^{a)*}, 이용태^{b)}

A Cooperative Communication Technology for Rapid Emergency Alert Broadcast

Mihwa Song^{a)}, Sekchin Chang^{a)*}, and Yongtae Lee^{b)}

요약

이동통신 시스템은 재난경보 방송을 위해 CBS 기능이 정의되어 있으며, 이 CBS 기능의 신뢰성을 향상시키기 위하여 협력통신 기법이 제안되었다. 그러나 협력통신에 필수적인 릴레이가 재난경보 수신에 실패할 경우 재난경보 전송에 심각한 지연이 초래될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위하여 T-DMB 기능이 추가된 릴레이를 이용하는 협력통신 기법을 제안한다. 이론적인 해석과 모의실험 결과는 제안된 협력통신 방식이 신속한 재난경보 방송에 적합함을 보여준다.

Abstract

The CBS functionality is defined for emergency alert service in cellular systems. Previously, a cooperative communication technique was proposed for more reliable CBS functionality. However, the relays for cooperative communications may fail in receiving emergency message, which may cause a critical latency. Therefore, we propose a novel cooperative communication technology in this letter, which includes additional T-DMB functionality in relays. Analytical and empirical evaluations confirm that the proposed method is very suitable for rapid emergency alert broadcast.

Keyword : Cooperative Communications, Emergency Alert Broadcast, CBS, T-DMB

a) 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부(School of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul)

b) 한국전자통신연구원(ETRI)

* Corresponding Author : 장석진(Sekchin Chang)

E-mail: schang213@uos.ac.kr

Tel: +82-2-6490-2342

ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-9289-3656>

※ 본 연구는 한국연구재단에서 지원한 기초연구사업과제 (2010-0024211)의 성과입니다.

· Manuscript received March 4, 2015; revised April 6, 2015; accepted April 6, 2015.

1. 서론

이동통신 시스템은 CBS(Cell Broadcast Service)^[1] 프로토콜을 이용하여 기지국 지역 내의 전 가입자에게 재난경보 방송을 할 수 있다. 이러한 CBS 서비스의 수신 성능을 향상시키기 위하여 협력통신 기법이 이용되었다^[2]. 협력통신은 단일 안테나로 Alamouti 등의 시공간(Space-Time) 부호 기법^[3]을 구현하여 다이버시티 이득을 얻는 방식이며,

이를 위해 다수의 릴레이(relay)를 이용 한다^[4]. 협력통신은 하나의 제공원(source)이 같은 메시지를 다수의 릴레이로 동시에 전송한다. 그러나 다이버시티 이득을 위해 협력통신에 참여하는 모든 릴레이들은 제공원 으로부터의 메시지 수신에 성공하여야 한다. 즉 제공원은 모든 릴레이가 메시지 수신에 성공할 때 까지 동일 메시지를 재전송해야 한다. 이는 긴급한 전송을 요구하는 재난상황에서 심각한 지연을 초래할 수 있다.

본 논문에서는 협력통신에서 이러한 지연을 감소하기 위하여 새로운 릴레이 구조를 제안한다. 제안된 릴레이는 제공원 메시지를 위한 수신부 이외에도 T-DMB(Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting)^[5] 수신부를 포함한다. 현재 국내에서 연구 개발되는 차세대 통합경보 시스템은 재난 발생 시 이동통신망의 CBS와 이동방송망인 T-DMB를 이용하여 동시에 재난메시지를 전송 한다^[6]. 이 경우 릴레이는 제공원 으로부터 메시지 수신 실패 시 제공원에 메시지 재전송을 요구하지 않고 T-DMB로부터 동일 재난 메시지를 수신하여 최종 수신원(destination)에 전송한다. 본 논문에서는 제안된 릴레이 구조를 이용하는 협력통신에 소요되는 지연 시간의 이론적인 해석을 하고 이 지연 시간이 기존 협력통신 기법의 지연 시간보다 현저히 낮음을 보인다.

II. 신속한 재난경보 방송을 위한 협력통신 기법

그림 1은 재난경보 방송을 위한 일반적인 협력통신 기법을 보여준다. 협력통신 시스템은 1개의 제공원, 다수의 릴레이, 1개의 최종 수신원으로 구성된다. 일반적인 협력통신 기법은 시간국면 1(phase 1)과 시간국면 2(phase 2)로 구분된다. 시간국면 1에서는 제공원이 다수의 릴레이에게 동일 재난경보 메시지를 방송하며, 시간국면 2에서는 다수의 릴레이들이 시공간 부호 기법을 이용하여 최종 수신원에 재난경보 메시지를 전송한다. 이 시간국면 2에서 릴레이들은 최종 수신원 전송과 관련된 시간동기를 위해 주

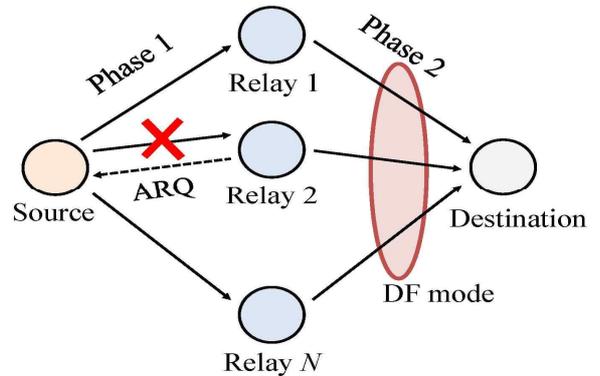


그림 1. 재난경보 방송을 위한 일반적인 협력통신 기법
Fig. 1. The general cooperative communication technique for emergency alert broadcast

로 DF(Decode-and-Forward) 모드를 이용한다^[2]. 따라서 성공적인 시공간 부호 기법을 위해 모든 릴레이들은 제공원 으로부터 재난정보 메시지를 성공적으로 수신하여야 한다. 메시지 수신에 실패한 릴레이들은 그림 1과 같이 제공원에게 ARQ(Automatic Repeat Request) 등의 기법을 이용하여 메시지 재전송을 요청한다. 제공원은 모든 릴레이가 메시지 수신에 성공할 때까지 메시지를 재방송(rebroadcast) 한다.

그림 1의 일반적인 협력통신 기법은 제공원의 재방송에 의해 시간지연이 불가피하다. 이를 극복하기 위해 그림 2와 같은 새로운 릴레이 구조를 제안한다. 그림 3은 제안된 릴레이의 재난경보 메시지 수신방식을 기술한다. 릴레이는 제공원 수신기를 이용하여 CBS 재난경보 메시지를 수신한다. 제공원과 릴레이 사이의 메시지 전송은 기존 릴레이 프로토콜을 이용한다^[2]. 재난경보 메시지 복호(decoding)에 성공하면 릴레이는 복호된 메시지를 시공간 부호기법과 릴레이 프로토콜을 이용하여 최종 수신원에 전송한다. 재난경보 메시지 복호에 실패할 경우 릴레이는 T-DMB를 활성화 시킨다. 제공원 으로부터 수신한 메시지 복호의 성공/실패를 결정하기 위해 메시지에 추가된 CRC(Cyclic Redundancy Check) 등을 이용한다. 릴레이는 활성화된 T-DMB

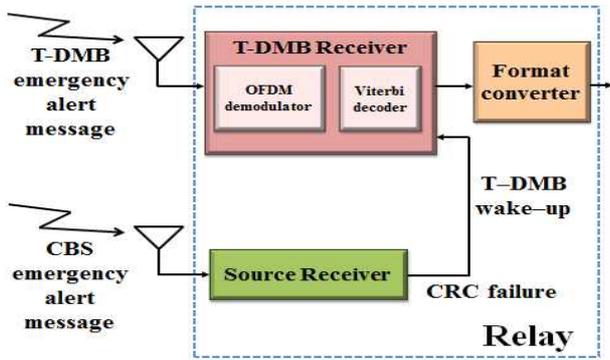


그림 2. 신속한 재난경보 방송을 위한 협력통신 기법에 사용되는 제안된 릴레이 구조

Fig. 2. The structure of relay for cooperative communication technology for rapid emergency alert broadcast

로부터 수신한 재난경보 메시지를 복호한 후 복호된 메시지를 시공간 부호기법과 릴레이 프로토콜을 이용하여 최종 수신원에 전송한다.

그림 1에서 릴레이 개수를 2개로 가정하면 제공원과 릴레이들 사이의 정규 지연시간의 표현식을 간단히 구할 수 있다^[7]. 정규 지연시간 Q 는 다음과 같이 정의 된다:

$$Q = \frac{\tau}{l} \tag{1}$$

식 (1)에서 τ 와 l 은 각각 재전송 지연시간과 재전송 메시

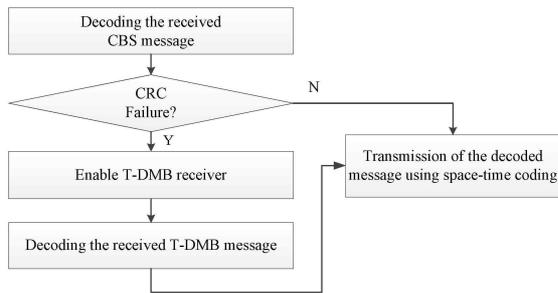


그림 3. 제안된 구조를 가진 릴레이의 재난경보 메시지 수신 방식
Fig. 3. The reception methodology for emergency alert messages in the relays with the proposed structure

지의 시간길이를 나타낸다. 즉 식 (1)은 재전송 메시지의 개수를 의미한다. 확률변수(random variable) X 를 제공원이 두 개의 릴레이로 성공적으로 방송한 메시지의 재전송 수로 정의하면 식 (2)를 구성할 수 있다^[7].

$$P(X \leq m) = P(X_1 \leq m)P(X_2 \leq m) \tag{2}$$

식 (2)에서 확률변수 X_i 는 제공원이 i 번째 릴레이로 성공적으로 방송한 메시지의 재전송 수를 의미한다. 식 (2)에서 $P(X_1 \leq m)$ 의 표현식은 식 (3)과 같이 정의된다.

$$P(X_i \leq m) = 1 - p_M^m \tag{3}$$

식 (3)에서 p_M 는 메시지 수신 실패율을 나타낸다. 식 (2)와 식 (3)을 이용하여 $P(X = m)$ 를 다음처럼 표현할 수 있다.

$$P(X = m) = (1 - p_M^m)^2 - (1 - p_M^{m-1})^2 \tag{4}$$

확률변수 X 의 정의로부터 식 (1)의 Q 는 $E[X]$ 로 정의 된다 [8]. 따라서 식 (1)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$Q = \sum_{m=0}^{\infty} mp(X = m) \tag{5}$$

식 (4)를 식 (5)에 대입하면 식 (6)의 표현식을 얻을 수 있다.

$$Q = \frac{2}{1 - p_M} - \frac{1}{1 - p_M^2} \tag{6}$$

식 (6)에서 보듯이 정규 지연시간은 p_M 에 의해 결정된다. 그림 2의 제안된 릴레이가 기존의 릴레이 보다 더 낮은 p_M 값을 가지기 때문에 제안된 릴레이를 이용하는 협력통신 기법은 식 (6)에 따라 지연시간이 현저히 감소된다.

III. 모의 실험

제안된 릴레이 구조를 이용하는 재난경보 방송용 협력통신 시스템의 성능 평가 및 비교를 위해 다음과 같은 실험 환경^[2]을 가정 한다.

- 제공된 수신기는 SC-FDE(Single-Carrier Frequency Domain Equalization) 기법^[8]을 기반
- 협력통신을 위한 채널은 JTC 인도어(indoor) 채널^[9]을 이용
- T-DMB를 위한 채널은 Brazil A 채널^[10]을 이용

그림 4는 제안된 릴레이 구조를 가진 재난경보 방송용 협력통신 시스템의 정규 시간지연 성능을 보여준다. 제안된 릴레이 구조를 가진 재난경보 방송용 협력통신 시스템은 기존 협력통신 시스템에 비해 정규 시간지연 1.5의 성능에서 약 4dB의 현저한 이득을 가진다.

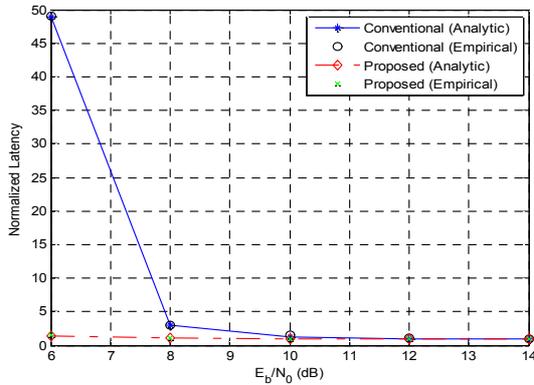


그림 4. 제안된 협력통신 기법에 대한 정규 지연시간의 비교
 Fig. 4. The comparison of normalized latency performance for the proposed cooperative-communication technology

IV. 결론

본 논문에서는 신속한 재난경보 방송을 가능하게 하는

협력통신 시스템에 사용되는 새로운 릴레이 구조를 제안한다. 제안된 기법은 두 개의 수신기를 이용함으로써 릴레이의 재난정보 수신 성능을 향상시킨다. 본 논문에서는 향상된 수신 성능이 협력통신 시스템의 지연 성능을 향상시킬 수 있음을 이론적으로 보인다. 또한 모의실험은 새로운 릴레이 구조를 포함한 재난정보 방송용 협력통신 시스템이 기존 재난정보 방송용 협력통신 시스템 보다 현저히 향상된 지연성능을 가짐을 보인다.

참고 문헌 (References)

- [1] S. Chang and S. J. Choi, "CBS emergency alert broadcasting service based on cellular networks," Proc. of 2011 Broadcast Engineering Summer Conf., July 2011.
- [2] S. Chang, "A synchronous cooperative communication for emergency alert broadcast based on cellular systems," Journal of Broadcast Engineering, vol. 19, no. 2, pp. 184-194, Mar. 2014.
- [3] S. M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," IEEE Jour. on Sel. Comm., vol. 16, no. 8, pp. 1451 - 1458, Oct. 1998.
- [4] A. Sendonaris, E. Erkip, and B. Aazhang, "User cooperation diversity: Part I and Part II," IEEE Trans. on Commun., vol. 51, no. 11, pp. 1927 - 1948, Nov. 2003.
- [5] G. Lee, S. Cho, K.-T. Yang, Y. K. Hahm, and S. I. Lee, "Development of terrestrial DMB transmission system based on Eureka-147 DAB," IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 51, no. 1, pp. 63 - 68, Feb. 2005.
- [6] M. Song, K. Jun, and S. Chang, "An efficient multiplexing method of T-DMB and cell broadcast service in emergency alert systems," IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 60, no. 4, pp. 549-557, Nov. 2014.
- [7] D. Nguyen, T. Tran, T. Nguyen, and B. Bose, "Wireless broadcast using network coding," IEEE Trans. Vehi. Techn., vol. 58, no. 2, pp. 914-925, Feb. 2009.
- [8] D. Falconer, S. L. Ariyavisitakul, A. Benyamin-Seeyar, and B. Eidson, "Frequency domain equalization for single-carrier broadband wireless systems," IEEE Comm. Letters, vol. 5, no. 7, pp. 304-306, July 2001.
- [9] Joint Technical Committee of Committee T1 R1P1.4 and TIA TR46.3.3/ TR45.4.4 on Wireless Access, Draft Final Report on RF Channel Characterization, Paper No. JTC(AIR)/94.0.1.17-238R4, Jan. 17, 1994.
- [10] S. I. Park, S. R. Park, H. Eum, J.-Y Lee, Y.-T. Lee, and H. M. Kim, "Equalization on-channel repeater for terrestrial digital multimedia broadcasting system," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 54, no. 4, pp. 752-760, Dec. 2008.