

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제27권 제5호, 2022년 9월 (JBE Vol.27, No.5, September 2022)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2022.27.5.762>

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

스마트 시티 용 IoT 단말기를 위한 셀 방송 기반의 경보 전송기법

장 석 진^{a)‡}

An Emergency-Alert Delivery Approach Based on Cell Broadcast for Smart-City IoT Devices

Sekchin Chang^{a)‡}

요 약

이동통신 시스템 기반의 현 재난경보 방송¹⁾은 스마트폰 등 개인 휴대 단말기를 대상으로 한다. 그러나 스마트 시티는 스마트 홈, 스마트 오피스 등 IoT 기반의 서비스를 필수로 한다. 따라서 지진 등 심각한 재난이 발생하면 스마트 시티는 건물, 공장 등에 적절한 제어 및 대응을 신속히 수행할 필요가 있다. 이를 위해 스마트 시티 용 IoT 단말기를 위한 재난경보 방송 기법이 필요하다. 본 논문에서는 스마트 시티 용 IoT 단말기를 위한 4G/5G 이동통신 기반의 재난경보 전송기법을 제안한다. 제안된 기법은 셀 기반 방송 서비스인 CBS를 위한 이미지 표출방식을 효과적으로 활용하며 모의실험을 통해 제안된 기법의 우수성을 보여준다.

Abstract

Current disaster alert broadcasting based on mobile communication systems targets personal mobile terminals such as smartphones. However, smart cities require IoT-based services such as smart homes and offices. Therefore, when severe disasters such as earthquakes occur, smart cities must quickly perform appropriate control and respond to buildings and factories. For this, a disaster warning broadcasting technique for IoT terminals for smart cities is required. In this paper, we propose a disaster alert transmission method based on 4G/5G mobile communication for IoT terminals for smart cities. The proposed method effectively utilizes the image display method for CBS, a cell-based broadcasting service, and shows the superiority of the proposed approach through simulation.

Keyword : cell broadcast service, emergency-alert delivery, IoT, smart city

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

‡ Corresponding Author : 장석진(Sekchin Chang)

E-mail: schang213@uos.ac.kr

Tel: +82-2-6490-2342

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1546-3799>

※ 이 논문은 2022년도 서울시립대학교 연구년교수 연구비에 의하여 연구되었음.

※ This work was supported by the 2022 sabbatical year research grant of the University of Seoul.

· Manuscript June 24, 2022; Revised August 8, 2022; Accepted August 22, 2022.

Copyright © 2022 Korean Institute of Broadcast and Media Engineers. All rights reserved.

“This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and not altered.”

1) 본 논문에서는 이동통신 시스템 기반의 재난문자 방송을 의미한다.

1. 서론

이동통신 네트워크 기반의 재난문자 방송 시스템은 지진, 홍수 등 심각한 재난 상황을 해당 지역 주민들에게 신속히 전달할 수 있는 재난 예·경보 시스템이다. 특히 재난문자 서비스는 CBS(Cell Broadcast Service) 셀 방송 프로토콜인 일대다(one-to-many) 방송기법을 이용하여 일대일(one-to-one) 통신에서 나타나는 수신지연(latency)을 극복할 수 있다^[1]. 최근 스마트 시티에 대한 관심이 높아지고 있으며, ICT 기반의 재난 예·경보 시스템은 스마트 시티의 중요한 요소 중 하나이다^[2]. 스마트 시티는 스마트 홈, 스마트 오피스, 스마트 빌딩, 스마트 팩토리 등의 기능을 포함하고 있으며 이들 기능은 IoT(Internet-of-Things) 단말기들을 이용하여 자동으로 제어, 운영된다^[3].

그러나 현 CBS 재난문자서비스는 스마트폰 등 개인휴대전화 사용자만을 대상으로 재난 예·경보 정보를 제공한다. 따라서 현 CBS 재난문자서비스 방식으로는 지진 등 심각한 재난이 발생할 때 스마트 시티가 가정의 가스 밸브를 자동으로 잠그거나 건물 승강기 운영을 자동중지, 공장 자

동화 시스템의 신속한 운영 중지 등을 수행하기 어렵다. 특히 가정, 오피스, 건물, 공장 등의 자동화는 IoT를 기반으로 제어, 운영되기 때문에 IoT 단말기를 위한 CBS 기반 경보 전송방식이 필요하다.

이러한 필요성에 부합하기 위해 최근 국내외 표준이 진행되었다^{[4][5][6]}. 그러나 표준에서 제시한 내용은 실용적인 한계들을 포함하고 있어, IoT 단말을 위한 실질적인 경보 전송기법에 적합하지 않다. 본 논문에서는 이러한 한계를 지적하고 실용성 있는 CBS 경보 전송기법을 제시한다. 제안된 전송기법은 4G/5G 셀룰러 통신을 기반으로 하며, CBS 메시지의 이미지 표출을 위해 제시된 방식^[7]을 효과적으로 활용한다.

모의실험은 제안된 경보 전송기법이 표준에서 제시한 방식보다 우수한 수신지연 성능을 보여 보다 실용적임을 증명하였다.

II. 4G/5G 셀룰러 통신 기반의 셀 방송

그림 1은 4G/5G 셀룰러 통신 기반 CBS의 구조를 보여준

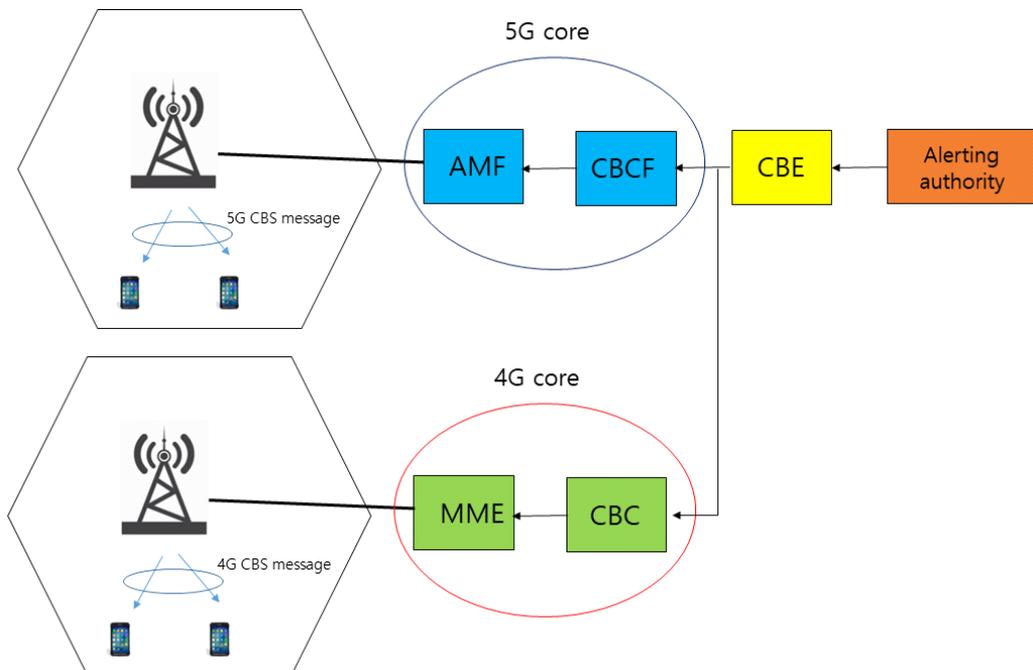


그림 1. 4G/5G 셀룰러 통신 기반 CBS를 위한 구조
 Fig. 1. The architecture for CBS based on 4G/5G cellular communications

다⁶⁾. 그림 1의 발령기관(alerting authority)은 재난 발생 시 재난 메시지와 재난지역 정보를 CBE(Cell Broadcast Entity)로 보낸다. CBE는 발령기관과 통신 사업자 사이의 인터페이스 역할을 하며 수신한 재난 메시지를 4G와 5G 시스템의 각 첫 관문인 CBC(Cell Broadcast Center)와 CBCF(CBC Function)로 보낸다. 4G의 CBC와 5G의 CBCF는 수신 메시지를 3GPP 국제표준이 정한 CBS 메시지 규격²⁾으로 변환 후 재난지역과 연계된 각 MME(Mobility Management Entity)와 AMF(Access and Mobility Function) 그리고 관련 기지국으로 전송한다. 각 기지국은 관련 셀 안의 모든 휴대 단말기들에게 3GPP 무선 프로토콜에 따라 수신된 CBS 메시지를 방송한다⁸⁾⁹⁾.

그림 2는 그림 1의 기지국에서 4G/5G CBS 메시지 방송을 위한 무선 프로토콜을 보여준다⁸⁾⁹⁾. 사용되는 4G/5G 무선 프로토콜은 3개의 계층으로 구성된다. 계층 3에 속하는 RRC(Radio Resource Control)는 수신한 4G CBS, 5G

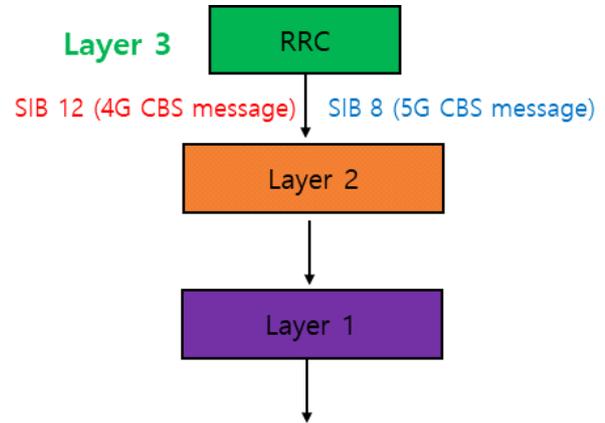


그림 2. 4G/5G CBS 메시지 방송을 위한 무선 프로토콜
Fig. 2. The radio protocol for the broadcast of 4G/5G CBS messages

CBS 메시지를 각각 SIB(System Information Block) 12와 SIB 8을 이용하여 아래 계층으로 전송한다. 그 SIB 12와 SIB 8은 계층 2, 계층 1을 거쳐 셀 안의 모든 수신 단말기에

```
SystemInformationBlockType12-r9 ::= SEQUENCE {
    messageIdentifier-r9
    serialNumber-r9
    warningMessageSegmentType-r9
    warningMessageSegmentNumber-r9
    warningMessageSegment-r9
    dataCodingScheme-r9
    lateNonCriticalExtension
    ...
}
```

```
BIT STRING (SIZE (16)),
BIT STRING (SIZE (16)),
ENUMERATED {notLastSegment, lastSegment},
INTEGER (0..63),
OCTET STRING,
OCTET STRING (SIZE (1)) OPTIONAL, -- Cond Segment1
OCTET STRING OPTIONAL,
```

그림 3. 4G CBS 메시지 용 SIB 12의 데이터 구조⁸⁾
Fig. 3. The data structure of SIB 12 for 4G CBS message⁸⁾

```
SystemInformationBlockType8 ::= SEQUENCE {
    messageIdentifier
    serialNumber
    warningMessageSegmentType
    warningMessageSegmentNumber
    warningMessageSegment
    dataCodingScheme
    warningAreaCoordinateSegment
    lateNonCriticalExtension
    ...
}
```

```
BIT STRING (SIZE (16)),
BIT STRING (SIZE (16)),
ENUMERATED {notLastSegment, lastSegment},
INTEGER (0..63),
OCTET STRING,
OCTET STRING (SIZE (1)) OPTIONAL,
OCTET STRING OPTIONAL,
OCTET STRING OPTIONAL,
```

그림 4. 5G CBS 메시지 용 SIB 8의 데이터 구조⁸⁾
Fig. 4. The data structure of SIB 8 for 5G CBS message⁸⁾

2) 4G와 5G는 동일한 CBS 메시지 규격을 사용한다⁶⁾.

방송된다. 그림 3과 그림 4는 각각 그림 2에서 사용된 SIB 12와 SIB 8의 데이터 구조를 보여준다⁸⁾⁹⁾. 그 데이터 구조에서 warningMessageSegment는 CBS 메시지의 텍스트 문자를 포함한다. 4G와 5G 기지국은 각각 SIB 12와 SIB 8을 이용하여 4G와 5G CBS 메시지를 셀 안의 모든 단말기에 방송한다.

과 ePWS(Enhancements of Public Warning System)의 개념을 정의하고 있다⁴⁾⁵⁾⁶⁾. ePWS 단말기는 IoT 단말기를 포함한다. 또한, 국내외 표준은 ePWS를 위한 시스템 구조 및 전송 프로토콜로 기존 CBS를 위한 시스템 구조 및 전송 프로토콜을 채택하고 있다 (그림 2, 그림 3, 그림 4 참조)⁴⁾⁶⁾. 그리고 국내외 표준은 IoT 단말기를 위하여 별개의 메시지 식별자(message identifier)를 추가로 정의하였다⁴⁾⁶⁾. 그림 5는 추가로 정의된 메시지 식별자 일부를 보여준다³⁾. 즉 국내외 표준은 다음을 가정하고 있다. 지진, 태풍 등 재난 발생 시 기지국은 그림 5의 메시지 식별자를 기존 CBS 전송 프로토콜(그림 2, 그림 3, 그림 4 참조)을 이용하

III. 국내외 표준의 한계

국내외 표준은 IoT용 CBS 메시지 전송을 위한 요구조건

Message identifiers

4402	1132	Non-ETWS CBS Message Identifier for warning message dedicated to UEs with no user interface and with ePWS functionality when an earthquake occurs. Not applicable for US WEA
4403	1133	Non-ETWS CBS Message Identifier for warning message dedicated to UEs with no user interface and with ePWS functionality when a volcanic eruption occurs. Not applicable for US WEA
4404	1134	Non-ETWS CBS Message Identifier for warning message dedicated to UEs with no user interface and with ePWS functionality when a disaster whose characteristic is water (e.g. flood, typhoon, hurricane or tsunami) occurs. Not applicable for US WEA
4413	113D	ETWS CBS Message Identifier for warning message dedicated to UEs with no user interface and with ePWS functionality when an earthquake occurs. Not applicable for Japan ETWS
4414	113E	ETWS CBS Message Identifier for warning message dedicated to UEs with no user interface and with ePWS functionality when a volcanic eruption occurs. Not applicable for Japan ETWS
4415	113F	ETWS CBS Message Identifier for warning message dedicated to UEs with no user interface and with ePWS functionality when a disaster whose characteristic is water (e.g. flood, typhoon, hurricane or tsunami) occurs. Not applicable for Japan ETWS

그림 5. IoT 단말기를 위한 별개의 메시지 식별자 일부
 Fig. 5. Some parts of message identifiers for IoT devices

3) [6]의 ‘9.4.1.2.2 Message Identifier’에서 발췌

여 방송하고 이를 인식한 IoT 단말기들이 적절한 대응(가스 밸브 잠금, 승강기 운행 중지 등)을 수행한다. 그러나 이 가정은 다음 한계들을 가진다.

그림 5의 메시지 식별자는 ePWS 단말기인 IoT 단말기의 사용을 위해 정의되어 있다. 따라서 현 이동 단말기인 PWS 단말기⁴⁾는 그림 5의 메시지 식별자를 인식하지 못한다⁵⁾. 따라서 발령기관은 PWS 단말기를 위한 (PWS 단말기용 메시지 식별자를 가진) 메시지와 ePWS 단말기용 메시지를 따로 전송해야 한다. 현 CBS 프로토콜은 메시지 식별자가 다른 개별 메시지를 동시 전송할 수 없다(그림 2, 그림 3, 그림 4 참조). 일반적으로 지진재난 등 신속한 경보가 필요할 경우 사람에게 먼저 전송해야 한다. 따라서 현 프로토콜상 스마트 시티 용 IoT 단말기는 신속한 대응이 어렵다.

3GPP 국제표준이 그림 5의 메시지 식별자를 정의하고 있으나 미국 재난문자서비스인 WEA(Wireless Emergency Alerts)와 일본 재난문자서비스인 ETWS(Earthquake and Tsunami Warning System)는 IoT 단말기를 위해 정의된 메시지 식별자를 채택하지 않는다고 규정한다(그림 5에서 'Not Applicable for US WEA'와 'Not Applicable for Japan ETWS'). 이는 다음과 같은 문제를 초래할 수 있다. 현재 재난문자서비스를 지원하는 국가 대부분은 미국 WEA 방식을 채택하고 있다. 따라서 WEA 방식이 그림 5

의 메시지 식별자 번호를 기존 PWS 단말기를 위한 다른 용도로 사용할 경우 메시지 식별자 충돌이 발생할 수 있다. 즉 그림 5의 메시지 식별자를 실제 국내 시스템에 도입할 경우 WEA 방식만을 고수하는 외국산 단말기와의 문제가 초래될 가능성이 있다. 실제로 국내 PWS 단말기를 위한 '안전안내' 메시지 식별자 번호가 미국 WEA에서 규정한 'Public Safety' 메시지 식별자 번호와 달라 외국산 단말기를 사용한 국내 사용자들이 한동안 고생한 경험⁶⁾이 있다⁶⁾¹²⁾.

미국 WEA와 일본 ETWS는 ePWS 서비스 요구사항들을 수용하지 않겠다고 3GPP 국제표준에 규정하고 있다 (그림 6)⁷⁾에서 'Requirements specified in the clause 9 do not apply for US WEA and Japan ETWS'⁵⁾. 즉 WEA와 ETWS는 그림 5의 개별 메시지 식별자뿐만 아니라 IoT를 위한 재난 문자서비스인 ePWS의 모든 요구사항을 수용하지 않는다. 현 국내표준 [4]는 ePWS와 관련된 3GPP 국제표준들인 [5]와 [6]을 수용하고 있다. 따라서 이 국내표준을 상용 IoT 시스템에 적용할 경우 외국 시스템들과 호환 불일치 등 다양한 문제들을 초래할 수 있다.

위에서 언급한 국내외 표준들의 한계로 인해 IoT 단말기를 위한 새로운 경보전달 모델이 필수적이다.

9 Enhancements of Public Warning System (ePWS)

9.1 Service description

Requirements specified in the clause 9 do not apply for US WEA and Japan ETWS.

Enhancements of Public Warning System (ePWS) define behaviours for UEs with no user interface or with a user interface that is incapable of displaying text-based Warning Notifications when receiving a Warning Notification.

In addition, enhancements of Public Warning System (ePWS) is intended to improve the comprehension of a Warning Notification to the following categories of users:

그림 6. ePWS와 WEA, ETWS와의 관계
Fig. 6 WEA and ETWS for ePWS

4) CBS 재난문자 메시지를 수신할 수 있는 기존 휴대 단말기는 PWS(Public Warning System) 단말기로 정의된다⁵⁾.
 5) 국내 PWS 단말기를 위한 메시지 식별자는 '위급재난', '긴급재난', '안전안내'로 규정되어 있다¹⁰⁾.
 6) 현재 애플은 국내 사용자들의 민원을 받아들여 긴급재난과 안전안내를 구분하여 수신할 수 있도록 아이폰의 설정을 바꾸었다¹¹⁾.
 7) [5]의 '9 Enhancements of Public Warning System (ePWS)'에서 발췌

IV. 스마트 시티 용 IoT 단말기를 위한 새로운 경보전달 기법

III 절에서 언급한 한계들을 극복하기 위하여 CBS 기반의 새로운 경보전달 기법을 제시한다. 이 경보전달 기법은 CBS 메시지의 이미지 표출을 위하여 제안되었던 방식^[7]을 효과적으로 활용한다. 이 방식에서는 이미지 표출을 위하여 메시지 텍스트 마지막에 텍스트 형태의 재난유형 식별자 및 정보를 삽입하였다(그림 7 참조). 4G 와 5G CBS는 페이지(page) 기반의 메시지 구조를 이용한다^[6]. 국내 CBS는 메시지 텍스트의 최대 글자수를 157자로 규정한다^[10]. 이 경우 페이지 기반의 구조로 14byte의 여분을 가지게 된다^[13]. 그림 7의 삽입된 식별자 및 정보는 14byte 여분을 이용하므로 최대 글자 수 157자를 유지할 수 있다^[7].

그림 8은 스마트 시티 용 IoT 단말기를 위하여 제안된 경보전달 방식을 보여준다. IoT 단말기는 기지국의 4G/5G

CBS 메시지를 수신한다. 수신한 CBS 텍스트 메시지에서 그림 7의 재난 유형 정보를 인지한다. 인지된 재난 유형과 관련된 재난대응 명령어(예: 가스 밸브 잠금, 승강기 운행 중지 등)를 제어/운영을 담당하는 스마트 홈/오피스/팩토리 단말기에 보낸다.

그림 9는 스마트 시티 용 IoT 단말기의 수행절차를 보여준다. 이 그림에서 CBS 텍스트 메시지 수신은 그림 8의 셀룰러 프로토콜을 이용하며 PUSH 기법을 이용하여 관련 명령어를 전송하는 것은 그림 8의 스마트 홈/오피스/팩토리 프로토콜을 이용한다. 즉 그림 8의 IoT 단말기에는 그림 9의 재난 유형 식별과 정보 해독을 위한 소프트웨어 기법만이 추가될 뿐이다.

그림 8과 그림 9의 제안된 기법을 이용하면 기존 PWS 단말기를 위한 CBS 방식을 그대로 사용하면서 스마트 시티 용 IoT 단말기에 재난경보 메시지를 동시에 전달할 수 있다. 그림 10은 이 기법을 이용하여 (기존 스마트폰을 포

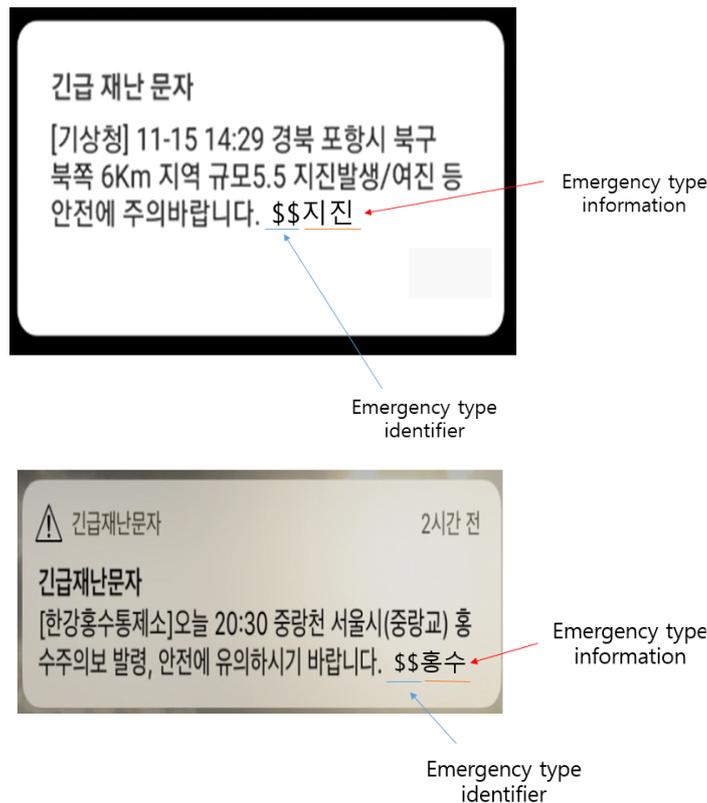


그림 7. 이미지 표출을 위한 재난 유형 식별자 및 정보^[7]
 Fig. 7. The emergency-type identifier and information for image display^[7]

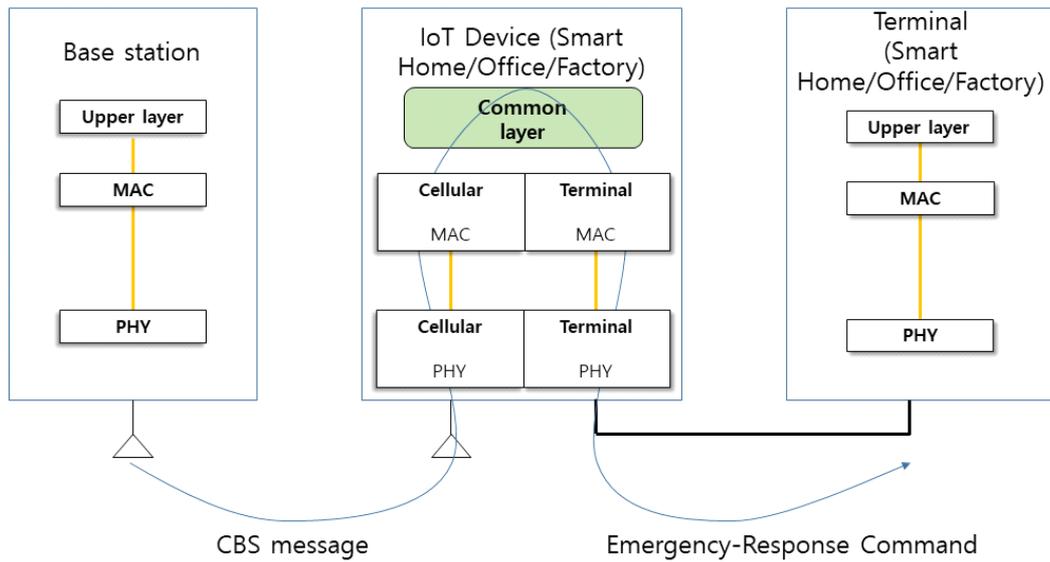


그림 8. 스마트 시티 용 IoT 단말기를 위한 경보전달 방식
 Fig. 8. The emergency-alert delivery technique for smart-city IoT devices

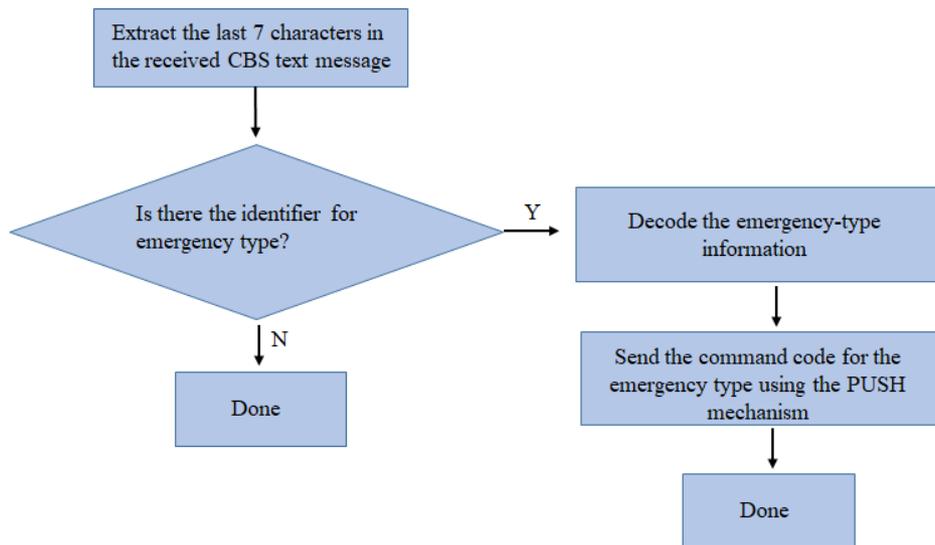


그림 9. 스마트 시티 용 IoT 단말기의 수행절차
 Fig. 9. The operation procedure of smart-city IoT devices

함한) PWS 단말기와 IoT 단말기에 CBS 메시지를 동시 전송하는 과정을 보여준다. 그림 7의 재난 유형 식별자와 정보는 단순히 텍스트이므로 일반 PWS 단말기는 식별자와 정보를 텍스트 형태로 표출한다. 즉 기존 스마트폰을 포함한 일반 PWS 단말기 사용자는 표출된 식별자와 정보를 재

난 유형을 강조하는 단순한 텍스트 문구로 인식한다. 그러나 IoT 단말기는 이 재난 유형 정보와 관련된 대응 명령어를 스마트 홈/오피스/팩토리에 PUSH 기법으로 신속히 전송할 수 있다. 그림 10의 경우 CBS 메시지는 기존 PWS 단말기를 위한 메시지 식별자 (국내의 경우 위급재난, 긴급

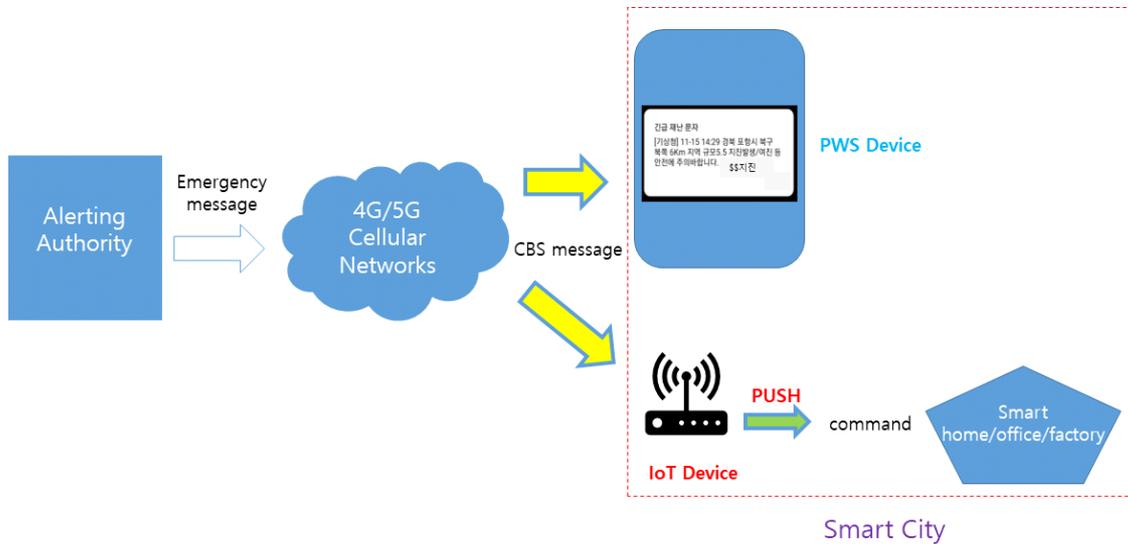


그림 10. PWS 단말기와 IoT 단말기에 제안된 경보전달 기법을 이용한 CBS 메시지 동시 전송
 Fig. 10. The simultaneous delivery of CBS messages to PWS and IoT devices using the proposed emergency-alert approach

재난, 안전안내)를 사용하므로 4G/5G 셀룰러 기지국은 PWS 단말기와 IoT 단말기에 동일 메시지를 동시 전송할 수 있다. 즉 미국 WEA와 일본 ETWS 방식을 준수하는 일반 단말기와 스마트 시티 용 IoT 단말기에 동시 전송이 가능하므로 스마트 홈/오피스/팩토리 시설을 지원하는 스마트 시티는 지진 등 심각한 재난에 신속히 대응할 수 있다. 그러나 국내의 표준에서 기술한 그림 5의 개별 메시지 식별자가 IoT 단말기에 사용될 경우 그림 10의 발령기관은 PWS 단말기를 위한 CBS 메시지와 IoT 단말기를 위한 CBS 메시지를 개별적으로 전송해야 한다. 이 경우 스마트 시티는 지진 등 심각한 재난에 신속히 대응하기 어렵다.

V. 모의실험

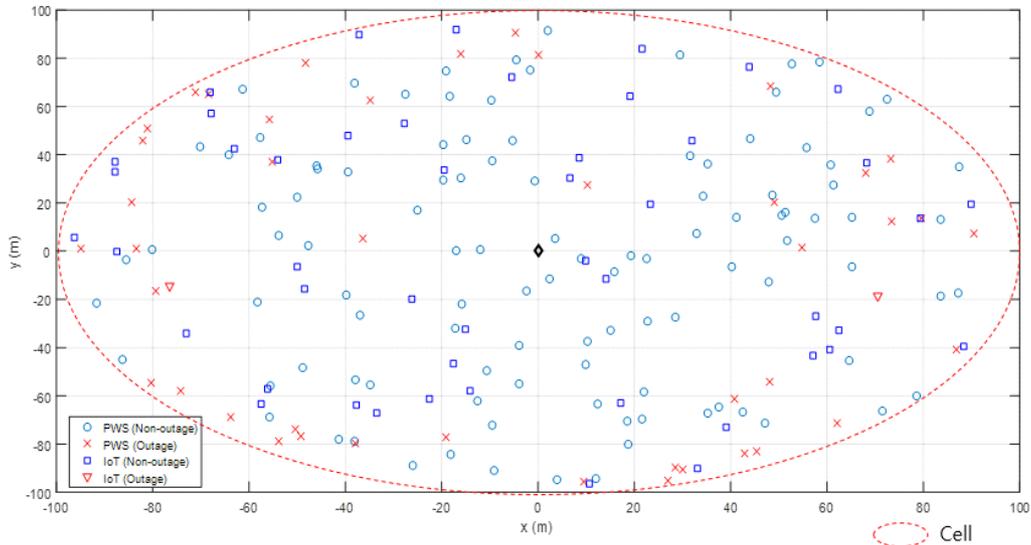
표 1은 모의실험을 위한 파라미터들을 보여준다^[16]. 3.5 GHz의 캐리어 주파수를 사용하는 5G 셀룰러 시스템을 가정한다. 이 경우 사용되는 채널 모델은 자카르타(Jakarta) 모델이다^[14]. 이 자카르타 모델의 각 채널 경로(path)는 레일리(Rayleigh) 분포를 따른다^[15]. 5G 시스템의 셀 반경은 1 Km로 가정하며 각 셀 당 150명의 PWS 단말기 사용자와 50개의 IoT 단말기가 균일하게 분포한다. 이 모의실험에서

표 1. 모의실험을 위한 파라미터
 Table 1. The simulation parameters

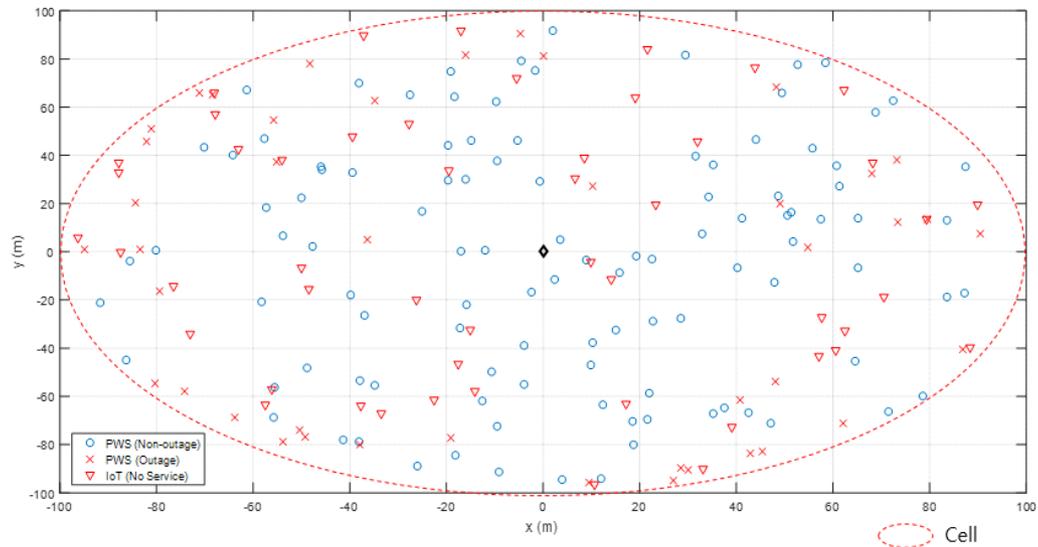
Parameters	Value/Property
Carrier frequency	3.5 GHz
Transmit power of base station	1 W
Fading channel	Jakarta
Cell radius	1 Km
Number of PWS devices in a cell	150
Number of IoT devices in a cell	50
Distribution of devices in a cell	Uniform
Path-loss model	Simplified

기지국의 전송 전력은 1W로 가정한다^[16]. 또한 경로손실 모델로 단순(simplified) 경로손실 모델을 가정한다^{[15][16]}.

그림 11은 5G CBS 메시지의 1차 방송 후 셀 안에서 PWS 단말기와 IoT 단말기의 수신 성공(non-ouage)과 수신 실패(ouage) 분포를 보여준다. 기존 PWS의 경우 수신 성공은 긴 길이의 메시지 텍스트 해독이 전부 성공할 경우로 정의된다. IoT의 경우 수신 성공은 짧은 길이를 가진 재난 유형/식별자의 해독이 성공할 경우로 정의된다. 그림 11(a)는 제안된 방식을 이용한 경우의 수신분포를 보여주며 그림 11(b)는 기존 표준(그림 5)을 이용한 경우의 수신분



(a)



(b)

그림 11. PWS 단말기와 IoT 단말기의 수신 성공과 수신 실패 분포
 Fig. 11. The distribution of non-outages and outages for PWS and IoT devices

포를 보여준다. 제안된 방식은 기존 PWS 메시지 식별자(우급/긴급/안전안내)를 가진 메시지만을 이용하기 때문에 PWS 단말기와 IoT 단말기는 동일 메시지를 동시에 수신한다. 그림 11(a)는 1차 방송 후 IoT 단말기가 96%의 수신 성공률을 가짐을 보여준다. 이에 반해 기존 표준은 PWS 단말기와 IoT 단말기가 각각 다른 메시지 식별자를 가진 메시

지를 수신한다(그림 5 참조). 따라서 기존 휴대 단말기인 PWS 단말기를 위한 메시지 전송이 완료된 후 IoT 단말기를 위한 메시지 전송이 시작된다. 그림 11(b)는 CBS 메시지의 1차 방송 후 IoT 단말기가 메시지를 전혀 수신할 수 없음을 보여준다(기존 PWS 단말기만이 71%의 수신 성공률을 보였다). 즉 지진 등 심각한 재난 발생 시 기존 표준방

식을 이용하는 IoT 단말기는 즉각적인 대응을 수행하기 어렵다. PWS 단말기만의 메시지 수신율은 그림 11(a)와 그림 11(b) 모두 71% 이다. 1차 방송 후 IoT 단말기의 수신 성공률(96%)이 PWS 단말기의 수신 성공률(71%) 보다 높은 이유는 IoT 단말기가 해독해야 하는 재난 유형/식별자 길이가 PWS 단말기가 해독해야 하는 메시지 텍스트 길이보다 훨씬 짧기 때문이다.

표 2. IoT 단말기의 수신지연 비교
 Table 2. The Comparison of latency for IoT devices

Method	Latency
Proposed	1.6
Conventional	9.4

표 2는 IoT 단말기의 제안된 방식과 기존 표준방식의 수신지연(latency) 비교를 보여준다. 수신지연은 셀 안의 IoT 단말기가 100%의 수신 성공률을 보이기 위해 셀 기지국이 CBS 메시지를 전송/재전송하는 횟수를 나타낸다. 3GPP 표준은 셀 안의 단말기들 대부분이 메시지 수신에 성공할 수 있도록 메시지 재전송을 규정한다⁶⁾. IoT 단말기는 짧은 길이를 가진 재난 유형/메시지 식별자 데이터를 수신하므로 2회 이내의 재전송을 보였다. 일반 PWS 단말기는 긴 길이의 텍스트 데이터를 수신하므로 8회 이상의 재전송이 필요하였다. 따라서 제안된 방식(proposed)은 평균 1.6(IoT 단말기만을 위한 수신지연)의 수신지연을 보였고 기존 방식(conventional)은 평균 9.4(일반 PWS 단말기를 위한 수신지연 + IoT 단말기만을 위한 수신지연)의 수신지연을 보였다. 즉 제안된 방식은 2회 이내로 모든 IoT 단말기가 재난에 대응할 수 있다. 그러나 기존 표준방식은 10회 정도가 되어야 모든 IoT 단말기가 재난에 대응한다. 이는 제안된 방식이 지진 등 심각한 재난에 대응해야 하는 스마트 시티 용 IoT 단말기에 더 적합함을 보여준다.

그림 11과 표 2에서 기존 표준방식은 미국 WEA와 일본 ETWS가 IoT 단말기를 위한 메시지 식별자를 수용해야 실질적인 사용이 가능하다. 현재는 WEA와 ETWS가 수용을 불허하고 있다 (그림 5와 그림 6 참조). 제안된 방식은 WEA와 ETWS의 수용과 관계없이 IoT 단말기 적용이 가능하다. 비록 WEA와 ETWS가 수용을 허용해도 제안된 방

식이 더욱 뛰어난 성능을 보인다(그림 11과 표 2 참조). 실제 환경에서는 셀 기지국의 실제 전송 전력, 셀 안 단말기들의 실제 분포 상태, 실제 경로손실 상태 등에 따라 모의 실험 결과와는 다소 다른 결과를 얻을 수 있다. 그러나 제안된 방식은 단지 ‘IoT 단말기만을 위한 수신지연’이 요구되고 기존 방식은 ‘일반 PWS 단말기를 위한 수신지연 + IoT 단말기만을 위한 수신지연’이 요구된다. 따라서 실제 환경에서도 제안된 방식이 기존 방식보다 우수한 수신지연 성능을 보일 것으로 판단된다.

VI. 결론

현 CBS 재난문자서비스는 스마트폰 등 개인 휴대전화인 PWS 단말기 사용자만을 대상으로 재난 예·경보 정보를 제공한다. 따라서 현 CBS 재난문자서비스 방식으로는 지진 등 심각한 재난이 발생하면 스마트 시티가 IoT 단말기를 이용하여 신속하게 가정의 가스 밸브를 자동으로 잠그거나 건물 승강기 운행을 자동중지, 공장 자동화 시스템의 운영중지 등을 수행하기 어렵다. 본 논문에서는 이러한 IoT 단말기를 위해 제시된 기존 표준방식의 한계들을 구체적으로 지적하였다. 그리고 본 논문에서 IoT 단말기를 위한 실질적인 경보 전송기법을 제안하였다.

모의실험 결과들은 제안된 방식이 기존 표준방식보다 수신지연 성능에서 우월하며 스마트 시티 용 IoT 단말기를 위한 긴급재난 경보에 더 적합함을 입증하였다.

참고 문헌 (References)

- [1] S. Chang, "A synchronous cooperative communication for emergency alert broadcast based on cellular systems," *Journal of Broadcast Eng.*, vol. 19, no. 2, pp. 184-194, Mar. 2014.
doi: <https://doi.org/10.5909/JBE.2014.19.2.184>
- [2] V. Javidroozi, H. Shah, and G. Feldman, "Urban computing and smart cities: towards changing city processes by applying enterprise systems integration practices," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 108023 - 108034, Aug. 2019.
doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2933045>
- [3] X. Zhang, M. Pipattanasomporn, T. Chen, and S. Rahman, "An IoT-based thermal model learning framework for smart buildings,"

- IEEE Internet Things J., vol. 7, no. 1, pp. 518 - 527, Jan. 2020.
doi: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2951106>
- [4] KS X 3285: Public warning technology for IoT devices and for devices of users vulnerable to information access over cellular networks, 2021.
https://www.rra.go.kr/ko/reference/kcsList_view.do?nb_seq=4977&page=1&nb_type=6&searchCon=&searchTxt=&sortOrder=
- [5] 3GPP TS 22.268 V16.4.0: Public Warning System (PWS) requirements, Release 16, Sep. 2020.
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=639>
- [6] 3GPP TS 23.041 V17.2.0: Technical Realization of Cell Broadcast Service (CBS), Release 17, Sep. 2021.
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=748>
- [7] S. Chang, "A Display method of image information and URL using the message structures of emergency alert broadcasts for 5G cellular communications," *Journal of Broadcast Eng.*, vol. 26, no. 5, pp. 592-598, Sep. 2021.
doi: <https://doi.org/10.5909/JBE.2021.26.5.592>
- [8] 3GPP TS 36.331 V16.0.0: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC) protocol specification, Release 16, Mar. 2020.
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2440/>
- [9] 3GPP TS 38.331 V15.8.0: NR; Radio Resource Control (RRC) protocol specification, Release 15, Dec. 2019.
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3197>
- [10] TTAK.KO-06.0263/R4: Requirements and message format for Korean Public Alert System over mobile network, June 2019.
http://committee.tta.or.kr/data/standard_view.jsp?commit_code=SPG31&pk_num=TTAK.KO-06.0263/R4&nowSu=1
- [11] H. Lee, Y. Byun, S. Chang, and S. J. Choi, "Requirement analysis of Korean public alert service using news data," *Journal of Broadcast Eng.*, vol. 25, no. 6, pp. 994-1003, Nov. 2020.
doi: <https://doi.org/10.5909/JBE.2020.25.6.994>
- [12] <http://www.mediatoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=147142>
- [13] ATIS-0700026: Feasibility Study for WEA Supplemental Text, Dec. 2015.
https://access.atis.org/apps/group_public/download.php/25923/ATIS-0700026_WEA_Supplemental.pdf
- [14] A. Hikmaturokhan, M. Suryanegara, and K. Ramli, "A comparative analysis of 5G channel model with varied frequency: a case study in Jakarta," *Proc. of International Conference on Smart Computing & Communications*, June 2019.
doi: <https://doi.org/10.1109/ICSCC.2019.8843632>
- [15] A. Goldsmith, *Wireless Communications*, Cambridge University Press, 2005.
<https://www.cambridge.org/core/books/wireless-communications/800BA8A8211FBECB133A7BB77CD2E2BD>
- [16] S. Chang, "5G wireless emergency alerts based on image code and cell clustering," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 139214-139227, Oct. 2021.
doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3118686>

저 자 소 개



장 석 진

- 1991년 : 고려대학교 전자공학과 학사
- 1993년 : 고려대학교 전자공학과 석사
- 2001년 : University of Texas at Austin 전기 및 컴퓨터공학과 박사
- 1993년 ~ 1998년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2000년 ~ 2004년 : Motorola 선임연구원
- 2004년 ~ 현재 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-1546-3799>
- 주관심분야 : 이동통신, 재난경보방송