

## Improving Information Service for Earthquake Using Rapid ShakeMap

Jinsang Hwang\*, Ok-Kyoon Ha\*\*

\*Professor, Dept. of Safety & Disaster Prevention Engineering, Kyungwoon University, Gumi, Korea

\*\*Professor, Dept. of Aeronautical Software Engineering, Kyungwoon University, Gumi, Korea

### [Abstract]

In this study, we present how to improve the current seismic disaster information service by utilizing Shake, which can express the effects of earthquakes in the form of isolines. Using ShakeMap software provided by the U.S. Geological Survey, an automated rapid ShakeMap generation system was implemented, and based on this, an earthquake disaster information service improvement model was presented to identify earthquake risk in the form of intensity or peak ground acceleration. In order to verify the feasibility and effectiveness of the improved model, the seismic disaster information service app. was developed and operated on a trial basis in Pohang, Gyeongsangbuk-do. As a result of the operation, it was found that more detailed seismic risk information could be provided by providing information using rapid ShakeMap to induce users' safety behavior more effectively.

▶ **Key words:** Earthquake, Seismic Disaster, Disaster Safety, Seismic Disaster Information Service, ShakeMap Software

### [요 약]

본 연구는 지진의 영향을 등치선의 형태로 표현할 수 있는 Shake를 활용하여 현행 지진재난 정보제공 서비스를 개선하는 방법에 관한 것이다. 미국 지질조사국이 제공하고 있는 ShakeMap 소프트웨어를 사용하여 자동화된 신속 ShakeMap 생성 시스템을 구현하였으며 이를 바탕으로 지진발생 후 사용자의 위치를 기준으로 지진의 위험도를 진도나 지반최대가속도의 형태로 파악할 수 있는 지진재난 정보서비스 개선모델을 제시하였다. 개선된 모델의 구현 가능성과 효과를 검증하기 위하여 경북 포항지역을 대상으로 지진재난 정보서비스앱을 개발하여 시범적으로 운영한 결과 신속 ShakeMap을 활용한 정보제공을 통해 보다 상세한 지진위험도 정보를 제공함으로써 사용자의 안전행동을 보다 효과적으로 유도할 수 있음을 확인할 수 있었다.

▶ **주제어:** 지진, 지진 재난, 재난 안전, 지진 재해 정보 서비스, ShakeMap 소프트웨어

• First Author: Jinsang Hwang, Corresponding Author: Ok-Kyoon Ha  
\*Jinsang Hwang (jshwang@ikw.ac.kr), Dept. of Safety & Disaster Prevention Engineering, Kyungwoon University  
\*\*Ok-Kyoon Ha (okha@ikw.ac.kr), Dept. of Aeronautical Software Engineering, Kyungwoon University  
• Received: 2021. 05. 06, Revised: 2021. 05. 18, Accepted: 2021. 05. 21.

### I. Introduction

발생한 재난에 대한 상세한 정보를 관계기관과 일반 시민들에게 전파하는 것은 매우 중요한 재난관리 업무 중의 하나이다[1]. 재난으로 인한 위험지역과 지역별 위험 수준, 피해현황, 정부의 대응 상황 등을 전파함으로써 일반 시민의 안전한 대피를 유도하고 재난관리 책임기관들의 협업을 지원하는 등 여러 재난대응활동을 효과적으로 지원할 수 있기 때문이다.

발생한 재난 상황에 대한 정보를 제공하는 대표적인 국내 서비스로는 긴급재난문자 서비스를 들 수 있다. 재난·사고 등 발생한 위기의 종류, 지역, 상황 등을 CBS(Cell Broadcasting Service)를 통해 문자정보의 형태로 제공하고 있으며, 일반 시민들은 긴급재난문자 서비스를 통해 발생한 재난의 종류, 위치, 심각성, 상황 등을 파악할 수 있다[2]. 이 외에도 중앙 및 정부에서 운영하고 있는 다양한 스마트폰 어플리케이션, 재해문자전광판, 언론매체 등 다양한 경로를 통해 재난 정보가 전파되고 있다[3].

상기한 국내의 재난 상황정보 제공 서비스들은 발생하였거나 발생 가능성이 있는 재난에 대한 포괄적인 정보는 원활하게 제공하고 있으나 정보를 수신하는 시민의 위치와 상황에 적합한 세부적인 정보의 제공에 있어서는 매우 제한적이라고 할 수 있다. 지진발생 상황을 예로 들면, 긴급재난문자를 통해 발생한 지진의 크기를 대표하는 값인 지진의 규모(magnitude) 정보와 개략적인 진앙의 위치에 대한 정보는 제공되지만 사용자가 위치한 지역에 대한 직접적인 영향의 크기를 나타내는 진도(intensity) 정보는 제공되지 않는다. 또한 해당 지역의 액상화 현상의 발생 위험이나 건물 붕괴 위험도 정보가 제공되지 않기 때문에 재난발생 정보를 수신한 시민은 대피를 해야 하는지의 여부를 판단하기 어렵다. 이 외에도 인접한 대피소의 위치, 지진재난에 대한 정부의 대응 상황, 이재민 임시 수용시설의 위치 등 시민이 필요로 하는 다양한 정보가 있으나 현재의 서비스 체계에서는 매우 제한적으로 제공되고 있다.

본 연구는 지진재난을 중심으로 현재의 제한적인 재난발생정보 제공 서비스에 대한 개선방법을 제시하고자 수행되었다. 정보 수요자인 일반 시민의 위치와 상황을 고려하여 보다 상세하면서도 정보 수요자와의 연관성이 높은 정보제공 서비스를 구현하는 방법을 설계하였다. 구체적으로는, 넓은 지진 영향지역에 대한 진도의 분포를 나타내는 ShakeMap을 활용하여 위치를 기반으로 다양한 위험도 정보를 제공함으로써 시민의 안전행동을 유도할 수 있는 고도화된 지진재난 정보서비스에 대한 구현 방법을 정리하였다.

### II. Background

발생 가능하거나 발생한 재난의 상황을 전파하는 재난 상황 정보서비스는 주의, 대피 등 시민 개개인의 안전행동을 유도하는 중요한 기능을 수행하며 현재 국내의 재난상황 정보서비스 제공체계를 정리하면 Fig. 1과 같다.

재난을 감지하여 재난상황을 전파하여야 하는 다수의 기관들은 정보를 생성한 후 재난상황정보 송출시스템을 사용하여 다양한 규격으로 재난상황정보 전파 기관에 전달한다. 정보를 수신한 전파 기관들은 스마트폰 문자, TV 방송 자막, DMB 방송 자막 등 다양한 형태로 기관 서비스 이용자들에게 재난상황정보를 전파한다.

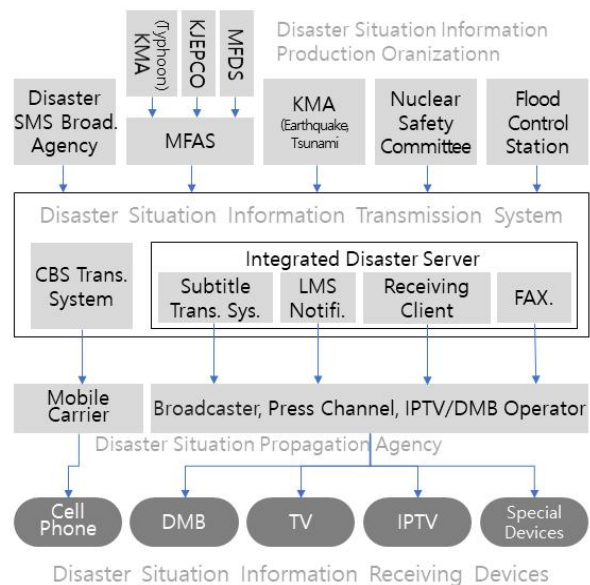


Fig. 1. Propagation process of disaster information

국내의 대표적인 재난상황 정보서비스로는 CBS를 이용한 긴급재난문자 서비스를 들 수 있다[4]. 이 서비스는 담당 기관이 재난상황을 정리한 문자열 정보를 이동통신사에 전달하면 통신사가 대상지역 통신 기지국에 접속되어 있는 휴대폰 사용자들에게 긴급재난문자를 전송하는 방식으로 운영된다.

Table 1. Examples of disaster notification messages in Korea

Event	Disaster notification message
2017 Pohang earthquake	11-15 14:29 Earthquake of magnitude 5.5 in the 6km north of Buk-gu, Pohang, North Gyeongsang Province Please be careful of safety such as aftershocks.
2019 Typhoon Lingling	Typhoon warning for Seoul was issued at 7 p.m. today (September 7). Please refrain from outside activities and going out to avoid any damage caused by strong winds.

Table 1에서 예시한 바와 같이 문자열 형태로 제공되는 재난 상황 정보서비스는 발생한 재난의 종류, 개략적인 발생 위치, 재난의 규모 등은 제공할 수 있으나 재난정보 수요자인 일반 시민이 필요로 하는 보다 상세한 정보의 제공에는 제한적일 수밖에 없다. 긴급재난문자를 통해 재난의 발생을 인지한 시민이 TV 뉴스나 인터넷 정보서비스를 통해 보다 상세한 재난상황정보를 확인할 수도 있으나 단일한 매체를 통해 종합적인 재난상황 정보를 신속하게 제공하는 것이 보다 효과적이다.

재난 상황에서 안전하고 정확한 행동을 취하고자 하는 시민의 입장을 고려할 때 필요로 하는 재난상황 정보의 종류를 정리하면 Table 2와 같다. 발생한 재난의 종류와 위치, 발생 시각, 강도 등의 재난발생 정보를 수신한 이후에는 자신이 위치한 지역에 대한 재난의 영향을 파악하는 것이 필요하다. 특정 행정구역에 재난이 발생하였다 하더라도 재난발생 지역과 인접한 정도에 따라 그 영향이 달라지며 취해야 하는 안전행동의 종류와 긴급성이 다를 수 있기 때문이다.

상기한 정보를 통해 자신이 재난위험 상황에 처해 있음을 인식한 시민은 취해야 하는 안전행동요령에 대한 정보와 활용할 수 있는 주변 안전시설에 대한 정보를 필요로 한다. 예로써 유해화학물질 유출재난이 발생한 경우, 시민은 위험지역으로부터 대피해야 한다는 행동요령 정보와 함께 재난영향권 밖에 있는 가장 가까운 대피소의 위치 정보가 필요하게 된다.

긴급한 대피가 이루어진 이후에는 정부의 재난대응 상황에 대한 정보와 함께 정부의 긴급한 공지정보를 지속적으로 수신하는 것이 필요하다. 긴급한 위험 상황이 종료되고 재난복구와 수습이 이루어지고 있다는 상황관리 정보를 인지한 이후에야 시민은 다음 행동을 취하기가 용이하기 때문이다. 또한, 구호물품 배포 장소나 긴급거주시설 정보 등 정부가 긴급하게 결정한 사항에 대한 안내 정보를 신속하게 수신할 수 있어야만 혼란과 불안을 최소화하고 정부의 지침에 따를 수 있을 것이다.

Table 2와 상기한 정보 활용 예에서 확인할 수 있듯이 재난상황에서 시민이 유용하게 활용할 수 있는 재난상황 정보의 종류는 다양하다. 재난발생 정보 정도를 제공할 수 있는 현재의 단순한 서비스를 개선하여 재난의 진행 상황과 정부의 대응 단계에 맞게 시민이 필요로 하는 다양한 정보를 제공할 수 있다면 개개인의 안전행동을 효과적으로 유도하여 피해를 최소화하는 효과를 기대할 수 있다고 사료 된다.

Table 2. Types and representative contents of disaster information

Types of disaster information	Representative contents
Disaster occurrence notification	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Types of disaster</li> <li>■ Location and occurrence time of disaster</li> <li>■ Magnitude and intensity of disaster</li> </ul>
User-location based disaster impact	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Disaster impact on user location</li> <li>■ Changes of disaster risk on user location</li> </ul>
Emergency response guideline	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emergency response guidelines by disaster types</li> </ul>
Public safety facility location	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Location of shelter</li> <li>■ Location of emergency kit</li> <li>■ Location of emergency service facility</li> </ul>
Situation of emergency management and urgent notification	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Situation of emergency management by public agency</li> <li>■ Urgent notification from public agency</li> </ul>

### III. Design and Implementation

#### 1. The Seismic Disaster Information Service Improvement Model using Rapid ShakeMap

본 연구에서는 재난정보 서비스에 대한 개선방법을 제시함에 있어서 여러 종류의 재난 중 지진재난 상황에 대한 개선방법을 대상으로 한다.

Table 1에 제시한 바와 같이 현재 국내에서 지진재난이 발생하였을 때 시민들은 긴급재난 문자 서비스를 통해 개략적인 지진발생 위치와 지진 규모, 대응요령 등에 대한 정보만을 수신할 수 있다. 지진의 경우 진앙으로부터의 거리에 따라 그 영향과 피해 수준이 달라지기 때문에 재난상황정보 수신자가 위치한 지역에 미치는 지진의 영향에 대한 정보가 동반되어야만 보다 효과적으로 대응 행동을 유도할 수 있다.

예를 들어, 2017년 11월 15일 포항에 규모 5.5의 지진이 발생하였을 시 흥해읍 지역의 진도는 6 정도로서 건물에 균열이 생길 수 있는 정도의 영향이 발생하였다. 반면, 포항공항이 위치한 지역의 경우 진도 5 수준으로 피해가 거의 발생하지 않았다. 이처럼 지역별 지진의 영향과 피해가 다름에도 불구하고 현재는 동일한 내용의 재난 상황 정보가 모든 지역에 전송되고 있기 때문에 어떠한 지역의 시민들에게는 과도한 불안감을 조성하는 잘못된 결과를 초래할 수 있다. 이러한 오류를 방지하기 위해서는 Table 2에 제시한 바와 같이 재난발생 정보와 함께 사용자가 위치한 지역에 대한 재난의 영향 정보를 추가적으로 제공하는 것이 매우 중요하다[5].

## 2. The Implementation of Rapid ShakeMap Generation System

ShakeMap은 지진의 영향을 지도상에 표출한 지도로서 미국 지질조사국(United States Geological Survey)이 개발하였다[6]. ShakeMap은 지진동(Ground Motion)의 특성을 나타내는 값들인 최대지반가속도(PGA, Peak Ground Acceleration), 최대지반속도(PGV, Peak Ground Velocity), 수정메르칼리진도(MMI, Modified Mercalli Intensity Scale) 등을 등치선(Isopleth)의 형태로 표출한 것이다. ShakeMap은 지도와 중첩하여 표시함으로써 지역별 지진의 영향과 피해 예측에 활용할 수 있다.

Fig. 2는 2017년 포항에서 발생한 지진의 ShakeMap을 MMI 단위로 지도상에 표출한 것이다. 이 지도를 통해 특정 지역에 지진의 영향이 어떠한 진도로 발생하였는가를 손쉽게 파악할 수 있다.

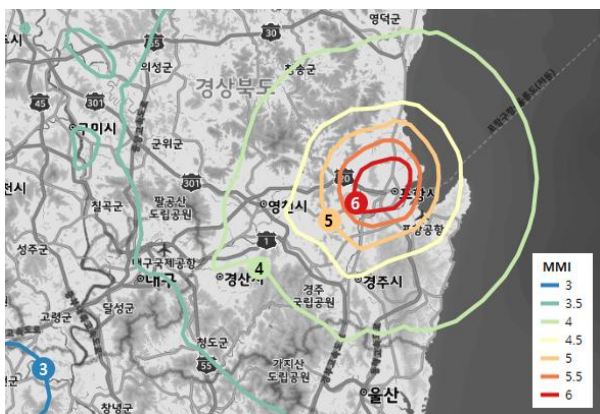


Fig. 2. ShakeMap of 2017 Pohang earthquake overlaid on the map

본 연구에서는 미국 지질조사국이 제공하는 ShakeMap 생성 소프트웨어를 탑재한 온라인 ShakeMap 서비스 제공 시스템을 설계 및 구현하였다.

Fig. 3은 구현된 시스템을 이용하여 서비스 데이터를 생성하는 프로세스를 정리한 것이다. 기상청으로부터 진앙, 심도, 규모 등의 지진 발생 정보를 수신한 후 이를 바탕으로 지진파의 영향에 대한 감쇠모델을 생성하며 여기에 지반정보와 지형정보를 반영하여 최종적인 지진영향 데이터를 벡터데이터의 형태로 생성한다. 생성된 데이터는 온라인 지도제공 서비스와의 매시업(Mesh-up)에 의해 인터넷 배경지도상에 중첩하여 표출된다. 이를 통해 일반인들이 지진의 영향을 위치를 기준으로 쉽게 파악할 수 있는 기능을 지원한다.

ShakeMap 제공 서비스가 효과적으로 활용되려면 지진 발생 후 빠른 시간 내에 서비스 데이터가 생성되어야 한

다. Fig. 4는 본 연구를 통해 개발한 시스템이 지진발생 정보를 수신한 이후 지도를 기반으로 한 서비스 데이터를 민간에 제공되기까지의 소요시간을 정리한 것이다. 경상북도 지역에 위치한 임의의 3개 지점에 가상의 지진을 발생시켰을 때 소요된 시간을 보인다. 그림에서 나타낸 바와 같이 규모 5.0 이하의 지진에 대해서는 약 42초의 시간이 소요되며 규모가 클수록 비례하여 소요시간이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 시간의 증가는 지진의 영향이 클수록 보다 넓은 지역에 파급효과가 발생하므로 인해 생성되는 데이터의 양도 비례하여 증가하기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 4의 결과를 바탕으로 한반도에 발생 가능한 지진의 규모를 고려하면, 본 개선된 ShakeMap 서비스를 통해 지진 발생 후 약 2분 30초 이내에 위치기반의 조회 서비스 제공이 가능할 것으로 판단되며 향후 추가적인 연구개발을 통하여 소요시간을 보다 단축시킬 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요하다고 판단된다.

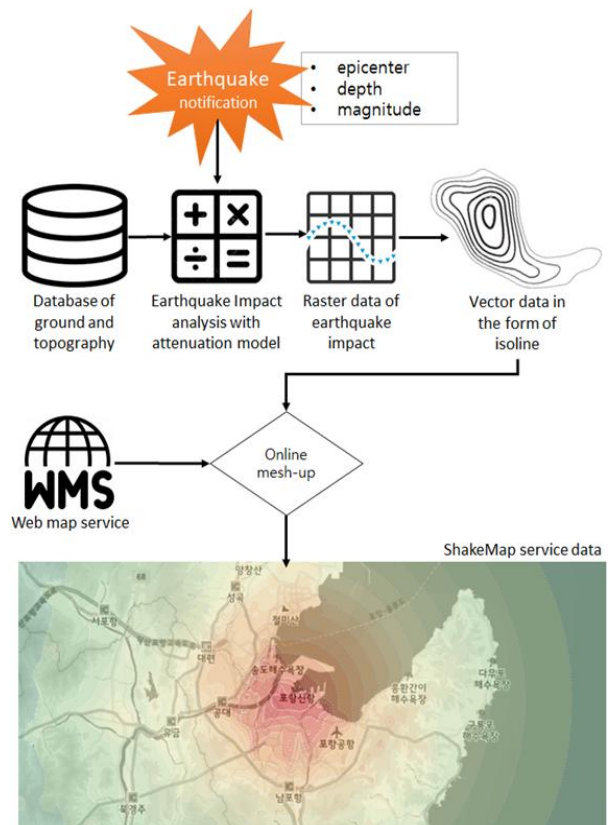


Fig. 3. Process of online ShakeMap service data generation

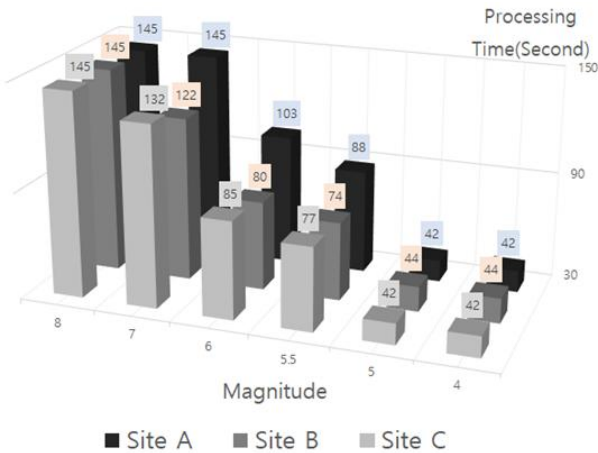


Fig. 4. Analysis of ShakeMap generation time by earthquake magnitude for 3 areas

### 3. Establishment of Seismic Disaster Information Service Improvement Model

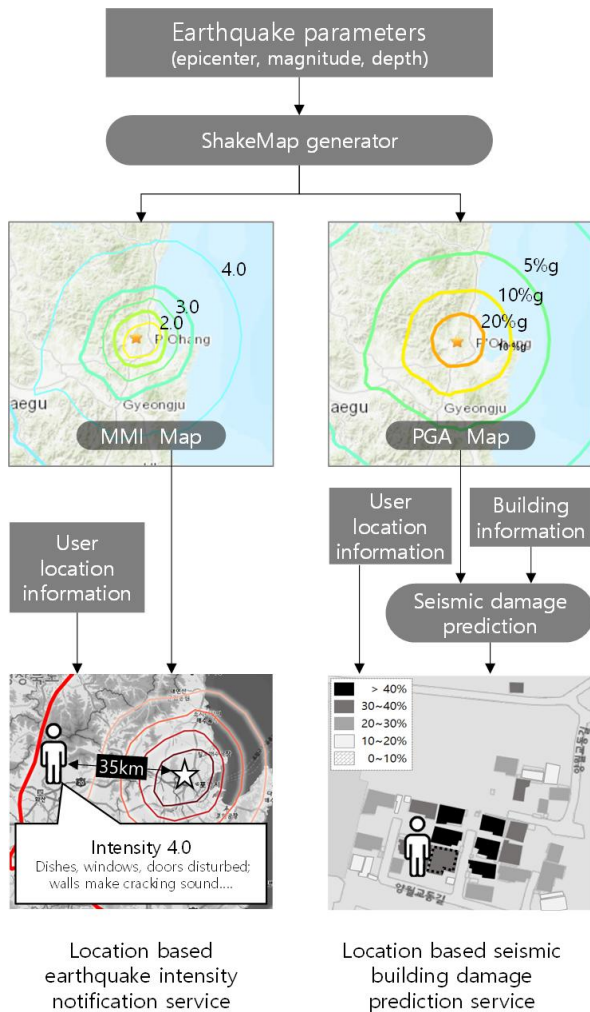


Fig. 5. Improvement of earthquake disaster information services using Rapid ShakeMap

ShakeMap 생성 시스템을 운영함으로써 현행 지진재난 정보서비스를 Fig. 5와 같이 개선할 수 있다. 먼저, Fig. 5의 좌측 부분과 같이 지진 발생 후 MMI 단위의 ShakeMap을 민간에 제공함으로써 일반 시민이 자신이 위치한 지점에 대한 지진의 영향을 파악할 수 있는 정보를 제공한다. 진앙지에 인접한 지역의 시민은 자신이 지진피해 위험지역에 위치하고 있으므로 보다 경각심을 가지고 안전하게 대응할 수 있으며 지진의 영향이 약한 지역에 위치하고 있는 시민은 평정심을 갖고 일상생활을 유지함으로써 지진재난으로 인한 대규모 혼란을 방지할 수 있다.

Fig. 5의 우측에 정리한 바와 같이 PGA 단위로 표시된 ShakeMap을 제공하게 되면 이를 활용하여 건물의 붕괴 위험도를 추정하여 지도의 형태로 제공하는 서비스를 운영할 수 있게 된다. 미국 재난관리청이 개발한 HAZUS 모델[7-9] 등은 지진동으로 인한 지진 발생 지역별 가속도 정보를 이용하여 건물의 붕괴 위험도를 계산하는 기능을 제공하고 있다. 따라서 신속하게 계산된 ShakeMap을 활용하여 건물의 붕괴 위험도를 추정하는 시스템을 구축하면 지진 발생 이후 수 분 내에 붕괴위험 건물을 추정하여 지도의 형태로 제공할 수 있는 서비스를 운영할 수 있다. 이러한 지진피해 붕괴위험 건물정보 제공 서비스는 지진 발생 후 긴급 위험도 조사를 수행하여야 하는 재난관리책임기관 담당자들에게 제공함으로써 효과적인 대응 활동을 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

### 4. Implementation of Seismic Disaster Information Service App.

본 연구에서 제시한 신속 ShakeMap 기반 지진재난 정보서비스 개선 모델의 도입 효과를 검증하기 위하여 경북 포항지역을 대상으로 한 지진재난 정보 서비스 앱을 설계하고 구현하였다.

Fig. 6은 지진재난정보 제공 앱에서 제공하는 기능 중 지진위험도 알림 기능을 표출한 결과이다. 일반 시민은 이 앱이나 긴급재난문자 서비스를 통해 1차적으로 지진재난 발생 정보를 수신한 이후 약 2분 30초 이내에 앱을 통해 ShakeMap을 기반으로 구성된 위치기반 지진재난 위험도 정보를 수신 및 활용할 수 있다. 이러한 정보서비스는 개략적인 지진정보만을 알려줄 수 있었던 기존의 정보서비스에 비해 시민이 위치하고 있는 지역에 대한 지진위험도 정보를 진도(Intensity) 단위로 제공할 수 있기 때문에 시민의 안전행동을 보다 효과적으로 유도할 수 있다.

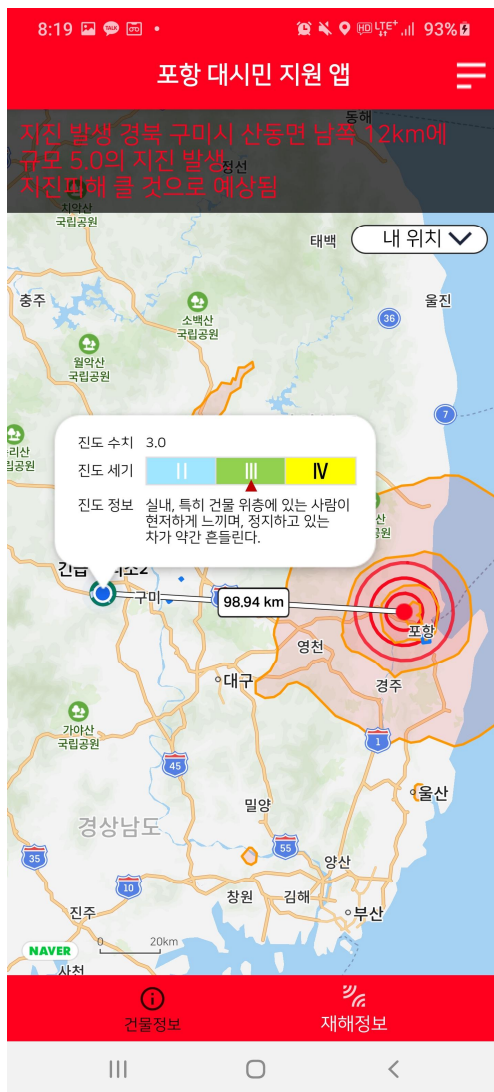


Fig. 6. Development results of the earthquake disaster information service application using rapid ShakeMap

#### IV. Conclusion

본 연구에서는 현재 국내에서 운영되고 있는 지진재난 정보제공 서비스를 개선할 수 있는 방법으로 지진의 영향을 진도나 지반최대가속도 등의 단위로 표출할 수 있는 ShakeMap을 활용하는 방안을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, ShakeMap 생성 시스템을 구축하여 시험한 결과 약 2분 30초 내에 발생한 지진에 대한 ShakeMap을 생성하여 서비스할 수 있는 것으로 나타나 지진위험도 정보제공 서비스에 적용할 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

둘째, 지진재난정보 제공 앱을 시범적으로 개발하여 운영한 결과 일반 시민을 대상으로 하여 지도중첩 등의 방법

으로 ShakeMap 제공서비스를 운영함으로써 개인 위치에 대한 지진위험도를 파악할 수 있는 서비스 운영이 가능함을 확인할 수 있었다.

향후 추가적인 연구개발을 통해 ShakeMap 생성 시간을 단축시킨다면 보다 유용한 지진재난 정보제공 서비스 구현이 가능할 것으로 사료된다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Regional Demand-Specific R&D Support Program (CN20120GB001) from the Ministry of Science and ICT, Republic of Korea.

#### REFERENCES

- [1] Korea Basic Law for Disaster and Safety Management of 2020
- [2] Hyunji Lee, Yoonkwan Byun, Sekchin Chang, Seong Jong Choi, Seunghee Oh, and Yongtae Lee, "A Big Data Analysis of the News Trends on Wireless Emergency Alert Service," JOURNAL OF BROADCAST ENGINEERING, Vol. 24(5), pp. 726-734, Sep. 2019. DOI: 10.5909/JBE.2019.24.5.726
- [3] Seong-Bok Hong, Dong-Ju Yoo, and Jae-Soo Yang, "Disaster Site Information Delivery System based on Multimedia and Implementation Plan for Integrated Wireless Control Platform," Journal of Digital Contents Society, Vol. 22(2), pp. 215-221, February, 2021. DOI: 10.9728/dcs.2021.22.2.215
- [4] Chang, Sekchin, Choi, and Sung Jong, "CBS Emergency Alert Broadcasting Service based on Cellular Networks," Proceedings of The Korean Society Of Broad Engineers Conference, pp. 160-161, July 2011.
- [5] Kim, Ju-Chan, Seung-Hoon Shin, and Sang-Hoon Oh, "Damage Investigation of Pilotis Structures and Analysis of Damage Causes by Pohang Earthquake," Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction Vol. 35(3), pp. 3-10, March, 2019. DOI: 10.5659/jaik\_sc.2019.35.3.3
- [6] Michelini, A., L. Faenza, V. Luciani, and L. Malagnini, "ShakeMap Implementation in Italy," Seismological Research Letters Vol. 79(5), pp. 688-697, September, 2008. DOI: 10.1785/gssrl.79.5.688
- [7] Jeong, Gi Hyun, LeeHanSeon, Kwon, Oh-Sung, Hwang, and Kyung Ran, "Earthquake Direct Economic Loss Estimation of Building Structures in Gangnam-Gu District in Seoul Using HAZUS Framework," Journal of Earthquake Engineering Society

of Korea, Vol. 20(6), pp. 391-400, November, 2016. DOI: 10.5000/eesk.2016.20.6.391

- [8] SuYoung Kang, Kwang-Hee Kim, DongChoon Kim, Hai-Soo Yoo, Dong-Joo Min, and BongChool Suk, "A Preliminary Study of the Global Application of HAZUS and ShakeMap for Loss Estimation from a Scenario Earthquake in the Korean Peninsula," Journal of The Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 10(1), pp. 47-59, March, 2007. DOI: 10.5000/eesk.2011.15.3.045.
- [9] Hyun Woo Jee and Sang Whan Han, "Development of Simulation Model for the 2017 Pohang Earthquake and Construction of Hazard Map based on its Scenario," Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 19(1), pp. 289-301, February, 2019. DOI: 10.9798/kosham2019.19.1.289

## Authors



Jinsang Hwang received the BS degree and MS degree in civil engineering from Sungkyungwan university in 1994 and 2000 respectively, and Ph.D degree in Geodesy from the same university in 2012.

He is currently a Professor in Department of Safety and Disaster Prevention Engineering, Kyungwoon University. He is conducting research to improve the accuracy of risk analysis and emergency management by applying spatial information and artificial intelligence.



Ok-Kyoon Ha received the BS degree in Computer Science under the Bachelor's Degree Examination Law for Self-Education from National Institute for Lifelong Education, and the MS and Ph.D. degree in

Informatics from Gyeongsang National University in 2007 and 2012, respectively. He is currently a Professor in Department of Aeronautical Software Engineering, Kyungwoon University. His research interests including parallel and distributed programming, embedded system programs, dependable software, software testing, and software development activities for avionics.