한국ITS학회논문지
J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.
15(2): 102~110 (2016)
ⓒ 2016. The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems. All rights reserved.
pISSN 1738-0774, eISSN 2384-1729
DOI http://dx.doi.org/10.12815/kits.2016.15.2.102

재난 안전 통신망에서 우선순위를 고려한 대역폭 관리 방법

A Priority-Based Bandwidth Management Method in Public Safety Networks

이 상 훈* (Sang-Hoon Lee) (Kwang woon University)
김 현 우** (Hyun-Woo Kim) (Kwang woon University)
윤 현 구*** (Hyun-Goo Yoon) (Myongji College)
최 용 훈**** (Yong-Hoon Choi) (Kwang woon University)

요 약

2014년 세월호 침몰사고 발생 이후로 한국 정부는 LTE를 기반으로 한 재난안전통신망 구축을 추진하기 시작했다. 현재 구축비용과 망 구축에 걸리는 시간의 소요로 인해 상용망 활용이 중요시 되고 있다. 그러나 상용망을 사용할 경우 재난이 발생하면 일반인 사용자의 통화가 폭주하여 통신장애의 가능성을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 재난안전통신망이 상용망 활용 시 통화폭주로 인해 통신 장애가 발생할 때, 재난상황의 특성을 고려한 우선순위를 이용하여 대역폭을 할당해 더 좋은 품질의 서비스를 제공하는 방법을 제안하였다. 최고 효율을 얻기 위해 Fractional Knapsack Problem으로 문제를 정의한 후 Greedy algorithm을 통해 대역폭을 할당하는 방법을 제안하였다. 또한 성능 평가를 위해 제안하는 방법과 계급 우선 할당 방법, 균등 할당 방법을 비교하여 성능을 검증하였다. 할당된 사용자들의 Value의 합, 손실된 트래픽량을 비교했을 때 제안한 방법의 성능이 더 좋은 것을 확인 할 수 있었다.

핵심어 : 세월호, 재난안전통신, 우선순위, 대역폭

ABSTRACT

After Sewol ferry disaster occurred in April 2014, Korean government began investing to deploy LTE-based public safety network until the year of 2017. In order to reduce the operating and capital costs, resource sharing scheme among public safety network and commercial LTE networks is considered as one of the viable approaches. This thesis proposes a method of allocating bandwidth of public safety network based on various priorities required for disaster scenarios and stages in a resource sharing environment. In order to obtain the highest efficiency, we formulate the bandwidth allocation problem as a Fractional Knapsack Problem. Greedy algorithm was applied to solve the problem. For performance evaluation, we created several disaster scenarios and set suitable parameters for each scenario based on a disaster manual. The proposed method is compared with two typical methods, which are Class-based bandwidth allocation and Uniform bandwidth allocation. The results showed that the better performance in terms of the sum of the values and the amount of lost bytes.

Key words : Sewol ferry, Public safety network, priorities, bandwidth

† 이 논문은 미래창조과학부 "차세대 공공재난안전통신을 위한 한국형 PS-LTE 표준개발 (1400100019-140010200)" 과제의 지원으로 수행되었음.
† 이 논문은 2015년도 광운대학교 교내학술연구비의 지원을 받아 수행되었음.
† 본 논문은 한국통신학회 2015 하계 종합학술발표회에 게재되었던 논문을 수정·보완하여 작성하였습니다.
* 주저자 : 광운대학교 제어계측공학과 석사
** 공저자 : 광운대학교 제어계측공학과 박사
*** 공저자 : 명지전문대학 컴퓨터전자과 교수
**** 공저자 및 교신저자 : 광운대학교 로봇학부 교수
† Corresponding author : Yong-Hoon Choi(Kwang woon University), E-mail yhchoi@kw.ac.kr
† Received 13 January 2016; reviewed 4 February 2016; Accepted 18 February 2016

Ⅰ. 서 론

재난 안전 통신망은 2003년 대구 지하철 참사 이후 국가재난대응을 위한 통신망 구축 필요성이 제기되었지만, 2005년부터 통합지휘무선통신망을 구축하던 중 예산 확보가 원활하지 않아 중단된 상태였다. 이로 인해 현재 재난 발생 시 구조 및 대응기관의 통신방식이 서로 다른 상태이며 노후화 되어 있다. 그러던 중 지난해 발생 했던 세월호 침몰사고를 계기로 국가 전체의 초기 재난대응 역량을 강화하는 차원에서 재난안전통신망 본격적으로 추진되기 시작했다. 정부는 각 분야 전문가들을 통하여 국내외 동향 및 기술조사, 전문가 검토 등의 과정을 거쳐 2014년 7월 31일 재난안전통신망 구축 기술방식을 선정하고 결과를 발표하였다. 기존의 음성 중심의 협대역 서비스는 재난 상황 대응에 한계가 있기 때문에 동영상 전송 등 멀티미디어 기능이 포함된 광대역 서비스 제공을 위하여 재난안전통신망을 LTE기반의 PS-LTE(Public Safety-Long Term Evolution)로 제시하였다. PS-LTE는 기존의 LTE 기술에 재난안전 통신에 필요한 기능이 추가 된 것으로 PS-LTE는 3GPP의 Release13 에서 표준화를 진행하고 있다[1-4].

현재 재난안전통신망의 주요 논란의 핵심은 사업비(예산), 기지국의 수량과 커버리지 문제에 따른 자가망과 상용망의 활용 부분이다. 현재 구축비용과 구축에 소요되는 시간의 절감을 이유로 상용망의 활용이 중요시되고 있다[5]. 상용망을 사용 할 경우 평상시에는 재난 안전 트래픽의 양이 작기 때문에 사용자들의 트래픽을 기지국이 충분히 커버할 수 있지만, 재난이 발생하면 재난안전 트래픽의 양이 크게 증가하기 때문에 사용자들의 트래픽이 기지국의 전체 대역폭을 초과할 수 있다. 또한 재난이 발생하면 일반인 사용자의 통화도 폭주하기 때문에 기지국의 전체 대역폭을 더 많이 초과하게 된다. 이때, 사용자들의 대역폭을 어떻게 할당해 줄 것인지가 큰 쟁점이 될 수 있다. 이를 대비 하여 미국의 NPSBN은 소방, 경찰 등 재난 대응 기관에게는 'Primary 등급 사용자' 권한을 일반인 사용자들에게는 'Secondary 등급 사용자'로 분류하는 망이 용 정책과 기존 LTE 기술인 QCI(Quality Class Indicator) 기술을 통해 재난대응 요원이 사용하는 재난 어플리케이션의 중요도 별로 네트워크 서비스 품질을 보장 하고자한다[6-7].

본 논문에서는 재난안전통신망에서 다양한 이유로 기지국의 용량이 초과하는 경우에 재난상황의 다양한 특성을 동시에 고려한 우선순위를 이용하여 대역폭을 할당해 더 높은 효율의 서비스를 제공하는 방법을 제안하며 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 재난상황의 특성을 고려한 우선순위를 이용하여 대역폭을 할당하는 방법을 제안하며, 제 3 장에서는 실험을 통해 성능을 평가한다. 제 4 장에서는 본 논문의 결론을 도출한다.

Ⅱ. 본 론

1. 재난안전통신망에서 대역폭 할당 방법

본 절에서는 재난안전통신망에서 대역폭 할당을 위해 재난환경의 특성을 고려한 우선순위 결정 하고 대역폭을 할당하는 방법을 설명한다. Fractional Knapsack Problem을 적용하여 대역폭 할당 문제를 정의하고 Greedy algorithm을 통해 최적의 해를 찾아내는 방법을 설명한다.

1) 재난환경 특성을 고려한 우선순위 결정 방법

본 논문에서 제안하는 방법은 아래의 파라미터를 통하여 우선순위를 결정한다.

〈Table 1〉 Priority parameters

Parameter	Description
C	Class
D	Distance (km)
M	Activities
α, β, γ	Priority weights

<Table 1>은 우선순위를 정의하기 위해 사용하는 파라미터이다. 파라미터는 계급, 거리, 활동내용으로 나뉘어져 있으며, C는 재난상황에서의 사용자의

계급으로 통제센터, 현장 지휘관, 현장 활동대원, 일반인 순으로 중요도가 감소한다. D는 재난 발생 지역과 사용자의 거리로 0km ~ 5km 까지 정의하며 반비례하게 적용한다. M은 재난상황에서 사용자가 하고 있는 활동 내용으로 구조 및 구호활동, 긴급 대피, 재정 지원 및 임시시설 마련, 주민경보 시스템의 가동, 긴급 대응, 잔 해물 제거 및 방제, 주민 피해상황 조사 및 평가, 재난 심리 상담 순으로 중요도가 감소한다. 그리고 α, β, γ는 우선순위 가중치로 정해져 있는 값이 아닌 통제 센터나 상위 기관의 관리자가 발생한 재난의 종류나 시간의 경과에 따라 계급, 거리, 활동내용 중 중요하다고 생각하는 파라미터에 가중치를 줄 수 있도록 하는 파라미터이다.

$$V_i = \alpha^* C_i + \beta^* (\frac{1}{D_i}) + \gamma^* M_i,\ D_i > 0 \quad (1)$$

사용자의 우선순위 V_i는 각 우선순위 파라미터에 가중치를 곱한 값을 합하여 구하며 수식은 (1)과 같다. 이때 C_i, D_i, M_i는 사용자 i의 계급, 거리, 활동 내용 값이며, 이중 계급 파라미터 C_i는 현재 정량적으로 나와 있는 값이 없다. 본 논문에서는 재난 상황에서의 효율적인 명령하달을 위하여 지휘체계상에서 계급의 사용자가 높은 중요도를 가진다고 판단하여 통제센터, 현장 지휘관, 현장 활동대원, 일반인을 4:3:2:1의 비율로 정의 하였으며 값은 <Table 2>와 같다. 거리 파라미터 D_i는 반비례로 적용하며 0보다는 크다.

〈Table 2〉 Class parameters

Class	C
Control center	40
Scene Commander	30
Activities Crew	20
Ordinary person	10

M_i의 값은 한국위기 관리 논집의 재난관리체계 우선순위 연구에서 활동 내용의 중요도를 수치화한 값을 사용하여 정의 하였으며 값은 <Table 3>과 같다[8].

〈Table 3〉 Active contents parameters

Activities	M
Rescue and relief activities	24.843
Emergency evacuation	14.734
Financial support and temporary facilities provided	13.605
Operation of the alarm system	13.413
Emergency action	13.082
Debris removal and prevention	8.075
Damage survey and situation estimate	7.430
Disaster psychology consultation	4.852
Ordinary people	0

2) Knapsack Problem 통한 대역폭 할당 문제 정의

본 논문에서 제안하는 방법은 대역폭 할당 문제를 Knapsack Problem으로 정의 한다. Knapsack Problem이란 흔히 가방 채우기 문제라고 하는데 한정된 가방용량에 가방에 넣은 아이템의 총 가치가 최대가 되도록 아이템을 채우는 문제이다[9].

Knapsack Problem은 파라미터가 <Table 4>와 같을 때 $\sum_{i \in A} w_i \leq W$를 만족하면서 $\sum_{i \in A} V_i$가 최대가 되도록 $A \subseteq S$를 만족하는 A를 결정하는 문제이다.

〈Table 4〉 Knapsack problem parameters

Parameter	Description
i	Item
v	Value
w	Weight
W	Capacity
A	Selected set
S	Universal set

Knapsack Problem은 0-1 Knapsack Problem과 Fractional Knapsack Problem으로 구분된다. 0-1 Knapsack Problem은 가방에 넣는 아이템을 쪼갤 수 없는 경우이고 Fractional Knapsack Problem은 쪼갤 수 있는 경우이다. 0-1 Knapsack Problem의 경우는

아이템을 쪼갤 수 없기 때문에 빈 공간이 남을 수 있지만 Fractional Knapsack Problem의 경우에는 빈 공간이 남았을 때 남은 아이템을 쪼개서 넣을 수 있기 때문에 빈 공간이 남지 않는다. 0-1 Knapsack Problem은 동적 계획법(Dynamic Programming)으로 풀 수 있고, Fractional Knapsack Problem은 Greedy algorithm으로 풀 수 있다. 본 논문에서는 사용자의 트래픽을 나누어 할당할 수 있는 경우기 때문에 Fractional Knapsack Problem을 사용하여 대역폭 할당 문제를 정의 하였다. Fractional Knapsack Problem에 적용하기 위한 각 파라미터는 <Table 5>와 같이 정의 하였다.

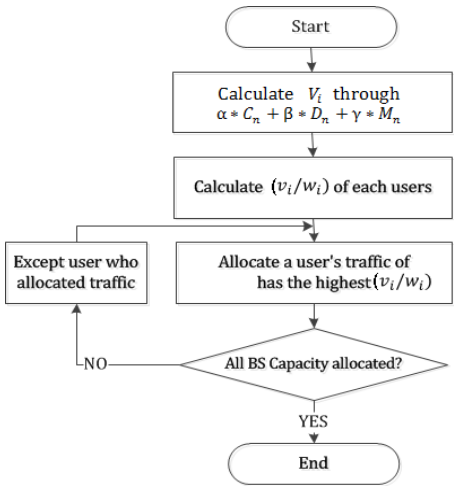
〈Table 5〉 Parameters that are defined on the Fractional Knapsack Problem

Parameter	Description
Knapsack Capacity (W)	BS bandwidth
Item (i)	User number
Weight (w)	User traffic
Value (v)	Traffic priority

제안하는 방법은 할당된 사용자들의 트래픽(Weight)의 총합이 기지국의 전체 대역폭(Knapsack Capacity)을 초과 하지 않으면서 트래픽이 할당된 사용자들의 트래픽 우선순위 (Value)가 가장 높도록 하는 방법을 찾는 것이다.

3) Greedy algorithm

Fractional Knapsack Problem은 아이템을 쪼개어 가방에 넣을 수 있는 방법이다. Fractional Knapsack Problem은 Greedy algorithm으로 최적의 해를 구할 수 있다. 아이템을 작은 조각으로 분해할 수 있음으로 아이템의 무게 당 가치 (V_i/W_i)를 계산하고 그 값이 큰 아이템부터 가방 용량 W가 가득 찰 때까지 순서대로 채워 최적의 해를 구한다. Greedy algorithm의 순서도는 <Fig. 1> 과 같다.



〈Fig. 1〉 Flowchart of Greedy algorithm

Ⅲ. 실 험

1. 실험 환경

본 논문에서 제안한 재난안전통신망에서 우선순위를 고려한 대역폭 관리 방법의 성능을 평가하기 위하여 실험을 진행하였다. 실제 트래픽을 사용하기에는 제약이 따르기 때문에 트래픽 모델 파라미터를 통해 트래픽을 생성하여 실험을 진행하였다. 트래픽은 FTP 서비스, VoD 서비스, VoIP 서비스 3가지를 사용하였으며, 각 종류에 따른 트래픽 모델 파라미터는 <Table 6>와 같다[10].

2. 실험 결과

본 절에서는 제안하는 방법의 성능비교를 위하여 계급 우선 할당 방법과 균등할당 방법을 비교하였다. 계급 우선 할당 방법은 재난 발생 지역과의 거리, 활동내용을 고려하지 않고 계급이 높은 순서대로 할당하는 방법이기 때문에 보다 낮은 효율을 가진다.

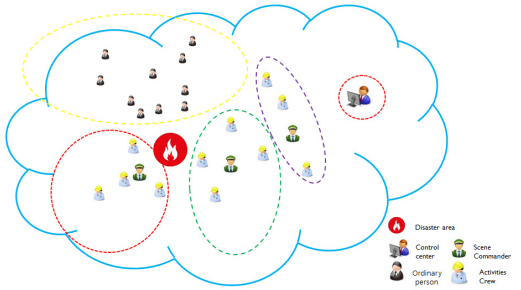
균등 할당 방법은 기지국의 용량을 사용자들에게 동일하게 나누어 할당하는 방법이다. 이때는 아주 적은 대역폭을 나누어 가지기 때문에 통신이 원활하게 되지 않을 가능성이 높다.

〈Table 6〉 Traffic model parameters

Traffic type	Parameter	Probability Function
FTP	Reading time	Poisson distribution $f_{x=}\lambda e^{(-\lambda x)}, 0 \le x,\ \lambda = 0.1538, Mean = 6.58\text{sec}$
	File size	Log-normal distribution $f_{x=}\frac{1}{(\sqrt{2\pi}\,\sigma x)} exp[\frac{-(\ln x-\mu)^2}{2\sigma^2}],\ 0 \le x, \sigma = 0.35, \mu = 10.76$ $Mean = 200KB,\ Std.dev = 72.947KB$
VoD	Reading time	Truncated Pareto distribution $f_{x=}\frac{ak^a}{x^{(a+1)}},\ k \le x \le m,\ a = 1.2,\ k = 2.5ms$ $Max = 12.5ms, Mean = 6ms$
	File size	Truncated Pareto distribution $f_{x=}\frac{ak^a}{x^{(a+1)}}, k \le x \le m, a = 1.2, k = 20bytes,$ $Mean = 50bytes, Max = 125bytes$
VoIP	$200bytes/\text{sec} = 10bytes/0.005\text{sec}$ (Constant Burst)	

1) 시나리오 실험

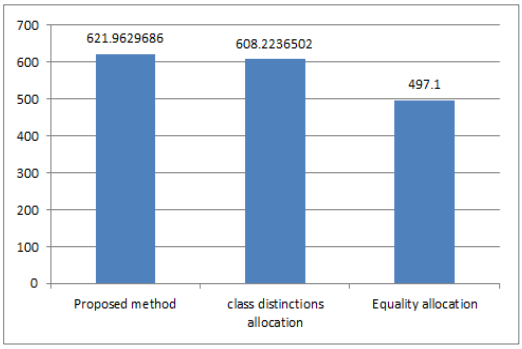
본 실험은 35분 동안 임의로 생성한 시나리오에서의 실험이다. 이 실험은 사용자들이 그룹을 만들어 같은 활동과 같은 종류를 사용하고 있는 시나리오다. 첫 번째로 1번 그룹은 구조 및 구호 활동을 하는 사용자들로 VoIP 서비스를 사용하고 있다. 두 번째로 2번 그룹은 잔해물 제거 및 방제 활동을 하고 있는 사용자들로 VoD 서비스를 사용하고 있다. 세 번째로 3번 그룹은 주민피해상황 조사 및 평가 활동을 하고 있는 사용자들로 FTP 서비스를 사용하고 있다. 4번 그룹은 일반인 사용자 들이며 FTP, VoD, VoIP 서비스를 다양하게 사용하고 있다. 또한 우선순위 가중치 α, β, γ 는 각각 1로 고정하였다. 본 시나리오를 그림으로 나타낸 것이 <Fig. 2> 이다.



〈Fig. 2〉 Experimental scenarios

<Fig. 2> 에서는 같은 그림에서 그룹으로 표현하기 위하여 같은 그룹의 사용자가 같은 방향에 모여 있는 것처럼 보이지만 실제로는 같은 그룹의 사용자도 모든 방향으로 서로 분산되어 있다. 통제 센터를 제외한 구조 및 구호 활동과 잔해물 제거 및 방제 활동을 하고 있는 사용자들은 재난 발생 지역과 비교적 가까운 거리에 위치하고 있고 주민 피해상황 조사를 하고 있는 사용자들은 비교적 먼 거리에 위치하고 있다. 일반인들 같은 경우에는 규칙 없이 임의의 위치에 위치하고 있는 시나리오다.

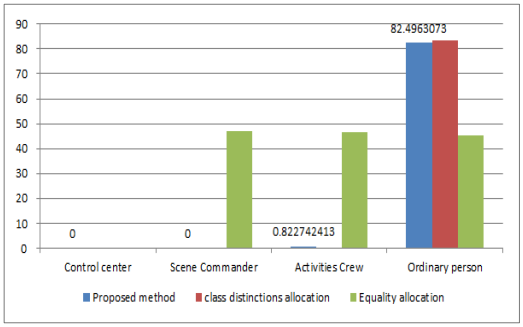
본 실험에서 기지국의 전체 대역폭은 5.5 MB이며 사용자들의 1분당 트래픽의 총합은 약 7~8MB로 기지국의 전체 대역폭을 초과하는 양이다.



〈Fig. 3〉 Sum of the allocated user's Value

<Fig. 3>은 본 실험에서의 할당된 사용자들의 Value의 합의 35분간의 평균이다. 할당된 사용자들의 Value의 합의 평균은 제안하는 방법이 제일 높고 계급 우선 할당 방법, 균등 할당 방법의 순으로 낮아진다.

계급 우선 할당은 재난 발생 지역과의 거리나 사용자의 활동내용을 고려하지 않고 계급이 높은 순서대로 대역폭을 할당하여 거리가 가까워 우선순위가 높은 일반인들을 제외하였기 때문에 제안하는 방법보다 할당된 사용자들의 Value의 합의 평균이 약 13.73만큼 적은 것을 볼 수 있다. 다음으로 균등할당 방법은 사용자의 우선순위와 관계없이 기지국의 용량을 사용자들에게 동일하게 나누어 할당하였기 때문에 제안하는 방법보다 약 124.86만큼 적은 것을 볼 수 있다.

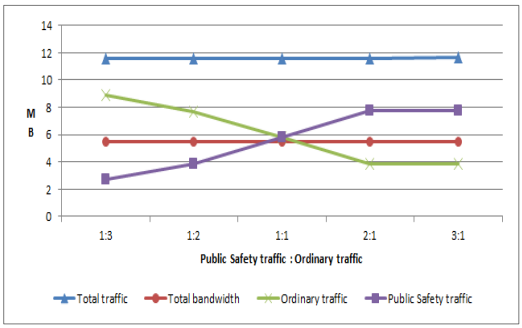


〈Fig. 4〉 Amount of traffic loss rate

<Fig. 4>는 본 실험에서의 전체 실행시간 35분 동안 계급별로 손실되는 트래픽량을 백분율로 나타낸 것이다. 첫 번째로 균등 할당 방법의 경우에는 트래픽이 낮은 통제센터를 제외하고 현장 지휘관, 현장 활동대원, 일반인 계급에서 균일하게 손실되는 것을 볼 수 있다. 다음으로 계급 우선 할당 방법은 재난 발생 지역과의 거리, 활동내용을 고려하지 않고 계급이 높은 순서대로 대역폭을 할당하여 재난 발생 지역과의 거리가 가까워 우선순위가 높을 수 있는 일반인들의 트래픽이 손실 되었다. 마지막으로 제안하는 방법은 재난 발생 지역과의 거리가 가까워 우선순위가 높은 일반인들의 트래픽을 할당해주고 재난 발생 지역과 거리가 멀면서 활동내용의 중요도가 낮아 우선순위가 낮은 활동대원의 트래픽을 할당하지 않아 할당된 사용자의 Value의 합이 높은 것을 알 수 있다. 본 실험에서 제안하는 방법이 계급 우선 할당 방법, 균등 할당 방법 보다 Value가 높음으로 성능이 더 좋다는 것을 알 수 있다.

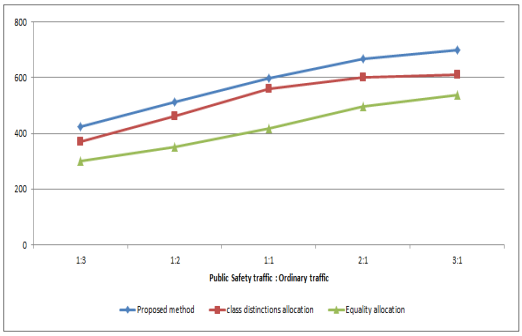
2) 재난 안전 사용자와 일반인의 비율변경 실험

본 실험은 재난 안전 사용자와 일반인의 비율을 변경하며 한 실험이다. 전체 30명의 사용자중 재난 안전 사용자와 일반인의 비율을 1 : 3, 1 : 2, 1 :1, 2 : 1, 3 : 1로 변경하며 실험 하였다. 이때 사용자의 계급을 제외한 재난 발생 지역과의 거리, 사용자의 활동내용, 사용자가 사용하는 트래픽의 종류는 랜덤하게 변경하며 실험하였고, 각 비율 당 1000번 반복하여 실험을 진행하였다. 또한 앞의 실험과 동일하게 우선순위 가중치 α, β, γ 는 각각 1로 고정하였다.



〈Fig. 5〉 Experimental traffic

<Fig. 5>은 본 실험에서의 실험 사용 트래픽이다. 앞선 실험들과 동일하게 기지국의 전체 대역폭으로 5.5 MB이다. 기지국내에 있는 모든 사용자들의 트래픽의 합은 약 11 MB 이고 기지국의 전체 대역폭을 초과하는 양이다. 본 실험에서 재난 안전 사용자들이 늘어나면서 일반인의 트래픽이 점점 줄어드는 것을 볼 수 있다.



〈Fig. 6〉 Sum of the allocated user's Value

<Fig. 6>은 본 실험에서의 할당된 사용자들의 Value의 합이다. 재난 안전 사용자들이 늘어나면서 할당된 사용자들의 Value의 합이 전체적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 재난 안전 사용자의 비율이 낮을 때, 많을 때 모두 제안하는 방법의 할당된 사용자들의 Value의 합이 높은 것을 볼 수 있다. 본 실험으로 재난 안전 사용자와 일반인의 비율이 달라져도 제안하는 방법이 계급 우선 할당 방법이나 균등 할당 방법 보다 성능이 좋다는 것을 확인할 수 있다.

3) 매뉴얼을 통한 시나리오에서 가중치 선정 실험

α, β, γ 는 우선순위 가중치이다. 정해져 있는 값이 아닌 발생한 재난의 종류와 시간의 경과에 따라서 관리자가 변경 할 수 있도록 하는 값이지만 본 실험에서는 전라남도에서 제작한 현장대응활동 표준매뉴얼을 통해 시나리오를 생성하고, 시나리오의 조건을 만족하면서 Value값이 제일 높은 가중치를 찾는 실험이다[11].

이때 가중치는 비율로 적용하기 때문에 수식 (2)를 만족해야 하며 α, β, γ 는 0.01의 단위로 변경하며 실험하였고 총 4,851개의 α, β, γ 의 조합으로 실험을 진행 하였다.

$$\alpha+\beta+\gamma=1,\ \alpha,\beta,\gamma>0 \tag{2}$$

가. 재난 초기 단계

재난 초기 단계는 일반인들이 재난이 발생하고 구조 및 긴급 대피를 시작 하는 단계 이다. 재난 안전 사용자들은 구조 및 구호 활동, 긴급 대피 활동 등의 초동 조치를 진행하고 있는 단계이다. 그러므로 이때의 시나리오는 일반인의 80%가 재난 발생 지역과의 거리가 0m~300m이내로 정의하였고 현장 지휘관, 현장 활동대원의 50%가 재난 발생 지역과의 거리가 0m~300m 이내로 정의하였고 재난 안전 사용자들은 초동 조치를 하고 있기 때문에 구조 및 구호 활동, 긴급 대피, 주민경보 시스템의 가동, 긴급 대응 중 하나의 활동 내용을 선정하였다. 트래픽 종류는 랜덤 하게 선정하였다.

재난 초기 단계는 일반인들이 구조 및 대피를 시작했기 때문에 구조 요청, 긴급 대피 등을 위하여 재난 발생지역과 가까운 일반인들의 트래픽이 할당되어야 한다. 또한 구조 및 구호 활동을 하는 현장 지휘관, 현장 활동대원의 트래픽이 할당되어야 한다. 위의 두 가지 조건을 만족하며 Value가 가장 높은 가중치를 선정하였다.

나. 재난 대응 단계

재난 대응 단계는 구조 및 긴급 대피가 진행 중이며, 초동 조치를 마친 재난 안전 사용자들이 여러 가지 임무를 받고 재난에 대응하는 단계이다. 그러므로 이때의 시나리오는 일반인의 30%가 재난 발생 지역과의 거리가 0m~300m이내로 정의하였고 현장 지휘관, 현장 활동대원의 20%가 재난 발생 지역과의 거리가 0m~300m 이내로 정의하였고 재난 안전 사용자들은 초동 조치와 함께 다양한 재난 대응 임무를 받고 있기 때문에 구조 및 구호 활동, 재정 지원 및 임시시설 마련, 주민경보 시스템의 가동, 잔해물 제거 및 방제, 긴급 대응, 긴급 대피 중 하나의 활동 내용을 선정하였다. 트래픽 종류는 랜덤하게 선정하였다.

재난 대응 단계는 구조 및 긴급 대피가 진행 중이며, 초동 조치를 마친 재난 안전 사용자들이 여러 가지 임무를 받아야 하기 때문에 재난 안전 사용자들에게의 명령 하달이 중요하다. 그러므로 구조 및 긴급 대피가 필요한 재난 발생 지역과 가까운 일반인의 트래픽과 명령하달을 하는 통제센터, 현장지휘관의 트래픽이 할당 되어야 한다. 위의 조건을 만족하며 Value가 가장 높은 가중치를 선정하였다.

다. 재난 복구 단계

재난 지역 내의 구조 및 긴급 대피가 완료된 상태이며, 시설물 등의 복구가 진행되는 단계이다. 그러므로 시나리오는 일반인의 0%가 재난 발생 지역과의 거리가 0m~300m이내로 정의하였고 현장 지휘관, 현장 활동대원의 10%가 재난 발생 지역과의 거리가 0m~300m 이내로 정의하였고 재난 안전 사용자들은 시설물 등의 복구 임무를 수행하기 때문에 활동 내용은 재정 지원 및 임시 시설마련, 잔해물 제거 및 방제, 주민 피해상황 조사 및 평가, 재난

심리 상담 중 하나의 활동 내용을 선정하였다.

재난 복구 단계는 구조 및 긴급 대피가 완료된 상태이며, 시설물들의 복구가 진행되는 단계이기 때문에 일반인들의 트래픽 보다는 재난 안전 사용자들의 트래픽이 할당되어야 한다. 위의 조건을 만족하며 Value가 가장 높은 가중치를 선정하였다.

각 단계별로 실험을 통해 선정한 가중치는 <Table 6>과 같다. 선정한 가중치를 통해 각각의 단계에 따라 통제 센터나 상위 기관의 관리자가 α, β, γ를 설정하여 상황에 맞는 사용자들의 대역폭을 할당 할 수 있도록 한다.

〈Table 6〉 Selected weight in disaster phase and Sum of the allocated user's Value

Disaster phase	α, β, γ	Value
Initial phase	$\alpha = 0.02, \beta = 0.97, \gamma = 0.01$	209.78
Response phase	$\alpha = 0.23, \beta = 0.76, \gamma = 0.01$	153.63
Recovery phase	$\alpha = 0.23, \beta = 0.76, \gamma = 0.01$	153.63

Ⅳ. 결 론

현재 재난 안전 통신망에서 구축비용과 구축시간의 소요를 이유로 상용망의 활용이 중요시 되고 있다. 상용망을 사용 할 경우 평상시에는 재난 안전 트래픽의 양이 작기 때문에 사용자들의 트래픽을 기지국이 충분히 커버 할 수 있지만, 재난이 발생하면 재난안전 트래픽의 양이 크게 증가하기 때문에 사용자들의 트래픽이 기지국의 전체 대역폭을 초과할 수 있다. 또한 재난이 발생하면 일반인 사용자의 통화도 폭주하기 때문에 기지국의 전체 대역폭을 더 많이 초과하게 된다. 이때, 사용자들의 대역폭을 어떻게 할당해 줄 것인지가 중요 하다. 그렇기 때문에 본 논문은 재난상황에서 중요한 특성인 사용자의 계급, 재난 발생 지역과의 거리, 활동 내용을 이용해 우선순위를 적용하여 대역폭을 할당하는 방법을 제시하였다.

고정된 시나리오, 시간에 따라 바뀌는 시나리오, 재난 안전 사용자의 비율을 늘리며 다른 특성은 랜덤으로 하는 시나리오에서 제안하는 방법과 계급 우선 할당 방법, 균등 할당 방법을 비교하였다. 할당된 사용자들의 Value의 합, 손실된 트래픽율을 비교했을 때 제안한 방법의 성능이 더 좋은 것을 확인 할 수 있었다. 또한 재난 매뉴얼을 참고하여 각각의 시나리오를 생성하고 각각의 시나리오에 따른 최적의 우선순위 가중치를 선정하였다.

본 논문에서는 실제의 트래픽이 아닌 트래픽 모델 파라미터를 통해 생성한 트래픽을 통해 시뮬레이션을 진행하였다. 향후에는 실제 재난상황과 유사한 환경의 실제 트래픽을 통하여 실험을 하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] 3GPP.(2015), TS 22.179 V13.2.0, "Mission Critical Push To Talk (MCPTT) over LTE; Stage 1, (Release 13)".

[2] 3GPP.(2015), TR 33.897 V2.0.0, "Study on Isolated Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Operation for Public Safety; Security aspects, (Release 13)".

[3] 3GPP.(2015), TR 33.833 V1.6.0, "Study on Security issues to support Proximity Services (ProSe), (Release 13)".

[4] 3GPP.(2015), TS 23.468 V13.2.0, "Group Communic -ation System Enablers for LTE (GCSE_LTE); Stage 2, (Release 13)".

[5] Heo J. H.(2015), "Public safety network present condition and establish plan," *TTA Journal,* vol. 156, pp.12-20.

[6] Kim S. H.(2014), "International Public safety net work establish plan," *TTA Journal,* vol. l56, pp.39-44.

[7] Hong Y. S.(2014), "PS-LTE network establish tr ends in FirstNet," *KICS Journal,* vol. 31, pp.34-42.

[8] Go I. J., Go T. H. and Kang Y. H.(2011), "Priorities research of disaster management,"

Korean review of crisis and emergency management, vol. 7, no. 4, pp.1-22.

[9] Thomas H.Cormen, Charles E.Leiserson, Ronald L.Rivest and Clifford Stenin(2014), "Introduction to ALGORITHMS," The MIT Press.

[10] Choi J. C., Lee J. W. and Sin S. Y.(2006), "Traffic model analysis for WiBro service," *The journal of the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences,* vol. 7, no. 2, pp.57-63.

[11] Jeollanam-do(2012), "Response activities standard manual".

저자소개

이 상 훈 (Lee, Sang-Hoon)
2014년 2월 : 광운대학교 정보제어공학과 졸업
2016년 2월 : 광운대학교 제어계측공학과 석사
e-mail : igng@naver.com

김 현 우 (Kim, Hyun-Woo)
2006년 2월 : 광운대학교 정보제어공학과 졸업
2009년 2월 : 광운대학교 제어계측공학 석사
2011년 8월 : 광운대학교 제어계측공학 박사 수료
2011년 10월~2014년 10월 ㈜세인 연구소 연구원
2016년 2월 : 광운대학교 제어계측공학 박사
e-mail : kurenai0106@naver.com

윤 현 구 (Yoon, Hyun-Goo)
1995년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1997년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
2002년 8월 : 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
2002년~2004년: (주)현대시스콤 선임연구원
2004년~현재: 명지전문대학 컴퓨터전자과 교수
e-mail : hgyoon@mjc.ac.kr

최 용 훈 (Choi, Yong-Hoon)
1995년 2월 : 연세대학교 전자공학과 공학사
1997년 2월 : 연세대학교 전자공학과 공학석사
2001년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 공학박사
2001년 4월~2002년 3월: (미)매릴랜드 주립대 Postdoctoral Research Associate
2002년 6월~2005년 8월: LG전자 정보통신사업부 네트워크 연구소 책임연구원
2005년 9월~현재: 광운대학교 전자정보공과대학 로봇학부 교수
e-mail : yhchoi@kw.ac.kr