

# CCVN에서 RSU를 활용한 콘텐츠 탐색 및 전송 기법

## RSU-based Protocol for Content Search and Delivery in Content-Centric Vehicular Network

신동근, 최현석, 이익신  
충북대학교 전자통신공학과

Donggeun Shin(geunii@chungbuk.ac.kr), Hyunseok Choi(hschoi@chungbuk.ac.kr),  
Euisin Lee(elsee@chungbuk.ac.kr)

### 요약

차량 간의 콘텐츠 공유를 위해서 Content-Centric Vehicular Network (CCVN)에 관한 연구가 진행되었  
다. CCVN에서 단일 홉 또는 다중 홉 기반의 기존의 콘텐츠 탐색 및 전달 기법들은 낮은 콘텐츠 탐색 확률과  
높은 네트워크 트래픽 오버헤드를 가진다. 본 논문은 콘텐츠 탐색 확률을 높이고 네트워크 트래픽을 줄이기  
위해 RSU를 활용한 콘텐츠 탐색 및 전송 기법을 제안한다. 제안 기법에서 RSU는 통신 범위 내에 속한 차량들  
의 이동성 정보를 이용하여 일정시간 간격으로 커뮤니케이션 트리를 구성한다. 커뮤니케이션 트리가 구성된  
이후, RSU는 콘텐츠 요청 차량의 요청에 따라 후보 차량들 중에 최소 비용으로 콘텐츠를 제공할 수 있는 차량  
을 최적의 콘텐츠 제공 차량으로 선택한다. 선택된 콘텐츠 제공 차량은 구성된 커뮤니케이션 트리를 통해 콘텐  
츠 요청 차량에게 콘텐츠를 전송한다. 시뮬레이션 결과에서는 제안 기법이 기존 기법들보다 더 나은 성능을  
보여준다.

■ 중심어 : | VANET | Content-Centric Network | Content Search | Content Delivery |

### Abstract

In CCVN, the existing content search and delivery protocols based on single-hop or multi-hop cause  
low content search ratio and high network traffic overhead. This paper proposes a RSU-based protocol  
for efficient content search and delivery. In the proposed protocol, an RSU chooses the candidate  
provider vehicle that provides the cost-minimized content delivery to the content requester vehicle.  
Simulation results verify that the proposed protocol achieves better performances.

■ keyword : | VANET | Content-Centric Network | Content Search | Content Delivery |

## I. 서 론

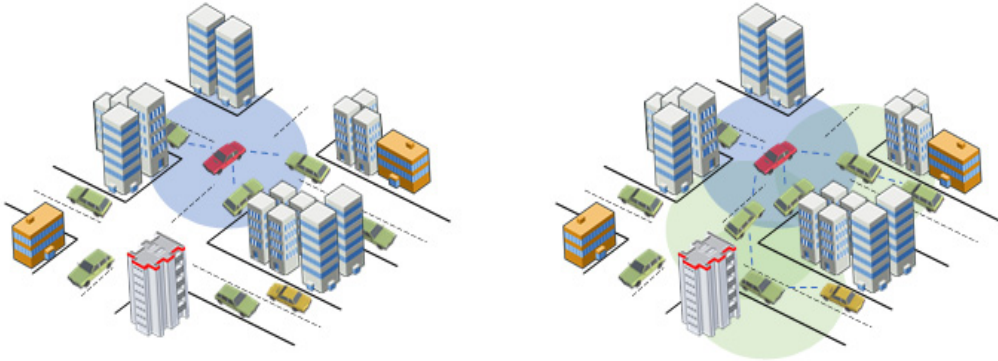
무선 통신 기술과 차량 기술의 빠른 발전과 함께, Vehicular ad hoc network (VANET)은 차량 간에 차  
량 대 차량(V2V: Vehicle-to-vehicle) 통신을 통해 데이  
터를 전송할 수 있게 되었다[1]. 많은 산업분야에서

VANET을 활용하여 ITS(Intelligent Transport System)을 위해 다양한 어플리케이션들을 제공하기 위한  
많은 연구와 프로젝트가 진행되고 있다[2-4]. 안전한 차  
량 주행을 위한 차량 사고 경고, 공공 의료 서비스를 위한  
응급 차량 접근, 교통 혼잡, 상업용 광고 등의 다양한 어플  
리케이션에 대한 많은 연구도 진행되고 있다[5][6].

\* 본 연구는 충북대학교 국립대육성사업(2020)지원을 받아 작성되었음.

접수일자 : 2021년 04월 07일  
수정일자 : 2021년 07월 27일

심사완료일 : 2021년 07월 27일  
교신저자 : 이익신, e-mail : elsee@chungbuk.ac.kr



(a) 요청 차량의 단일 홉 통신 범위 내의 콘텐츠 탐색

(b) 요청 차량의 다중 홉 통신 범위 내의 콘텐츠 탐색

그림 1. 단일 홉과 다중 홉 콘텐츠 탐색 기법

VANET에서는 다양한 어플리케이션들이 사용자들에게 콘텐츠를 서로 공유하거나 전송하는 것을 지원하고 있다[7][8]. 그러나, 현재의 IP 기반의 호스트 중심 네트워크 인터넷 구조는 콘텐츠 전송과 공유에 있어 비효율적이다[9]. Content-Centric Networking (CCN)이 인터넷상에서 효율적으로 콘텐츠를 전송하고 공유하는 미래 인터넷구조의 후보로 연구개발 초기에 언급되었다[10]. CCN은 어디(호스트) 보다는 어떠한 것(콘텐츠)을 전송할지에 초점을 둔다. CCN에서 특정 콘텐츠를 요청하는 콘텐츠 요청 차량은 콘텐츠를 검색하기 위해 요청 패킷을 브로드캐스트한다. 사용자가 원하는 콘텐츠를 소유하고 있는 콘텐츠 제공자는 요청 패킷을 받은 경로의 역방향을 따라 콘텐츠 요청 차량에게 콘텐츠를 전송하게 된다. 특히, Content-Centric Vehicular Network (CCVN)은 차량 간 통신을 활용하여 차량 간에 효율적으로 콘텐츠를 공유하고 전송하는 기술로 언급되고 있다[11-13]. CCVN에서 콘텐츠 공유를 위한, 콘텐츠 탐색 및 전달 기법이 제안되었다[14-18]. 하지만, 기존의 기법들은 단일 홉 또는 다중 홉 통신을 기반으로 하기 때문에 낮은 콘텐츠 탐색 확률과 높은 네트워크 트래픽 오버헤드를 가진다.

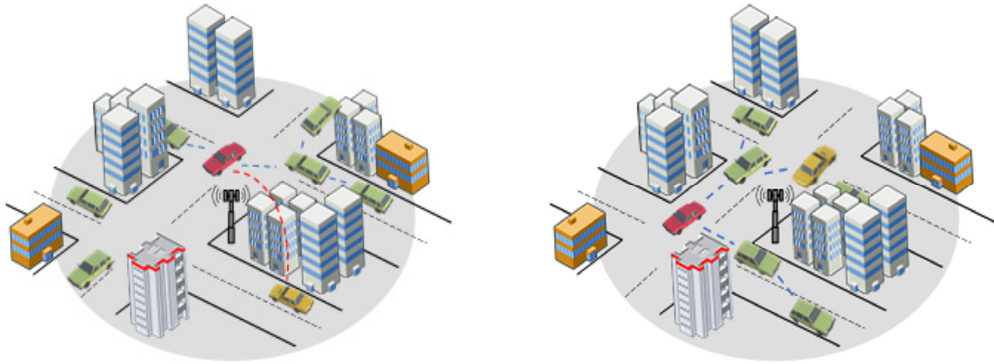
본 논문은 CCVN에서 RSU를 활용하여 콘텐츠를 탐색하고 전송하는 기법을 제안한다. 제안 기법은 RSU가 자신의 통신 범위 안에 있는 모든 차량의 이동성 정보를 수집하여 관리하고, 제공 차량을 찾기 위한 콘텐츠 탐색 기능을 수행한다. 이를 위해, RSU는 각 차량의 위치 정보와 이동성 정보를 활용하여 콘텐츠 요청 차량으

로부터 커뮤니케이션 트리(CT: Communication Tree)를 생성한다. 만약 CT 내에 콘텐츠 요청 차량이 원하는 콘텐츠를 가진 차량이 존재할 경우, 그 차량은 후보 차량으로 지정된다. 그 이후, 선택된 후보 차량들 사이에서 최적의 제공 차량을 선정하기 위해 제안 기법은 콘텐츠 요청 차량으로부터 제공 차량까지 최소 비용의 데이터 전송 경로를 가진 후보 차량을 최적의 제공 차량으로 선정한다. 제안 기법을 통해 선정된 최적의 제공 차량은 일정 시간 간격으로 구성되는 CT를 통해 콘텐츠 요청 차량에게 전송한다. 실험 결과들은 제안 기법이 기존의 기법들보다 콘텐츠 탐색 성공률, 콘텐츠 전송 확률 그리고 패킷 수에서 더 효율적임을 나타낸다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저, Section II에서 관련 연구를 살펴본다. Section III에서 제안 기법의 개요와 시나리오 및 제안 기법을 더 세부적으로 설명한다. Section IV에서는 제안 기법과 기존기법의 성능을 비교 분석한 결과를 나타낸다. 마지막으로, Section V에서 본 논문의 결론을 서술한다.

## II. 관련 연구

CCVN에서 사용자의 요청에 적합한 콘텐츠를 소유하고 있는 제공 차량을 탐색하는 연구들이 진행되어 왔다[14-18]. 제공 차량을 탐색하는 기법들은 단일 홉 탐색과 다중 홉 탐색 기법으로 구분할 수 있다.



(a)  $t_0$  시점에  $V_{req}$ 가  $V_{pro}$ 로부터 콘텐츠를 제공 받을 수 없는 경우 (b)  $t_{avail}$  시점에  $V_{req}$ 가  $V_{pro}$ 로부터 콘텐츠를 제공 받을 수 있는 경우

그림 2. 커뮤니케이션 트리 구성

[그림 1] (a)에서 단일 홉 탐색 방법은 콘텐츠 요청 차량의 통신 범위 안에서 단일 홉 연결이 가능한 제공 차량을 탐색하는 방법을 나타낸다[14][15]. 그러나 차량의 통신 범위가 대체로 넓지 않기 때문에, 통신 범위 안에 다수의 차량이 존재하지 않을 수 있다. 또한, 단일 홉 탐색 방법은 콘텐츠 요청 차량의 통신 범위 안에서 도심환경으로 인한 Non-Line-of-Sight(NLOS) 문제가 발생하기 때문에 차량 간 통신을 더욱 어렵게 한다. 이러한 문제들로 인해 단일 홉 탐색 방법은 콘텐츠 요청 차량이 원하는 콘텐츠를 탐색할 확률이 매우 낮다.

[그림 1] (b)의 다중 홉 탐색 방법은 다중 홉 통신을 활용하여 콘텐츠 요청 차량이 콘텐츠 탐색범위를 넓힐 수 있다[16-18]. 그러나, 이러한 다중 홉 탐색은 네트워크 상에서 많은 트래픽을 발생시킬 수 있다는 단점이 있다. 또한, 차량 간 통신 환경에서 지속적인 차량의 이동성으로 인하여 차량 간 통신 연결 유지에 어려움이 발생한다. 이는 더 많은 통신 트래픽을 발생시킨다.

최근, 차량들이 인터넷 연결을 하기 위해서 도로변 주변장치(RSU: Roadside Unit)를 사용한다. RSU는 도로에 설치된 통신이 가능한 무선 AP 장치로, 차량들의 데이터와 정보들을 수집하고 관리하는 역할을 한다. 또한, 콘텐츠를 제공하는데 있어 중간 노드로 사용이 될 수 있고, 이는 차량 통신에서 차량의 부족한 통신 범위를 보완하는 이점이 있다[19][20]. RSU는 단일 홉과 다중 홉 탐색 기법들에 있어 콘텐츠 요청 차량과 자신의 통신 범위 밖에 있는 제공 차량을 효과적으로 찾을 수 있도록 도와준다. 그러나, 차량과 RSU만을 이용하

여 콘텐츠를 제공하는 서비스는 차량과 도로변 주변장치(V2I: Vehicle-to-infrastructure) 통신의 비용이 매우 비싸기 때문에 비효율적이다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위하여 효율적인 콘텐츠 데이터 전송 방법을 제안하는 것이 본 논문의 목적이다.

### III. 제안 기법

#### 1. 개요

기존 CCN에서 콘텐츠 요청 차량( $V_{req}$ )은 브로드캐스트를 통해 요청 패킷을 전송한다[10]. 제안 기법의 목적은 반복되는 브로드캐스트로 인해 낭비되는 패킷 수를 줄이는 것이다. 이를 위해, 제안 기법은 요청 패킷을 RSU로 전송한다. 요청 패킷을 수신한 RSU는 요청 패킷을 후보 차량( $V_{candidate}$ )에게 전송하고,  $V_{candidate}$  중에서 Content Name Information(CNI)에 따라 최적의 제공 차량( $V_{pro}$ )을 선택한다.  $V_{pro}$  선택 과정에서, RSU는 CT를 구성하기 위해  $V_{req}$ 와  $V_{candidate}$  사이의 거리, 연결시간, 홉 수를 계산한다. 그러나, 만약 두 차량 사이의 물리적인 거리가 너무 먼 경우에는  $V_{pro}$ 가 선택되어도  $V_{req}$ 에게 콘텐츠를 전송하지 못한다. 이와 같은 상황을 방지하기 위해, 제안 기법은 중간에서 RSU가  $V_{pro}$ 로부터 콘텐츠를 받아  $V_{req}$ 에게 전송한다.

효율적인 콘텐츠 전송과  $V_{pro}$ 를 선택하기 위해, RSU는  $V_{req}$ 로부터 시작되는 CT를 구성한다. 구성된 CT 내에  $V_{candidate}$ 들이 존재하면, RSU는  $V_{candidate}$ 들과  $V_{req}$

사이의 연결 시간과 홉 수를 각각 계산하여 콘텐츠를 전송하기 충분한 연결시간과 적은 홉 수를 가진 차량을  $V_{pro}$ 로 선택할 수 있다. 하지만, 구성된 CT 내에  $V_{candidate}$ 가 존재하지 않는다면, RSU는 CT에 속하지 않는 차량 중에  $V_{candidate}$ 를 찾아야 한다.

RSU는 넓은 통신 범위를 가지고 있으므로,  $V_{candidate}$ 를 찾기 위해 제안 기법에서 RSU는  $V_{req}$ 와 CT에는 속하지 않지만, 자신과 연결된 차량 사이의 연결 시간을 계산한다. 이 연결 시간을 Available Time( $t_{avail}$ )로 정의하고,  $V_{req}$ 와  $V_{candidate}$ 는  $t_{avail}$  동안 RSU의 통신 범위 내에 있어야 한다. RSU는 차량의 이동성, 위치,  $t_{avail}$ 을 이용하여 일정 시간 간격으로 CT를 예측하여 구성할 수 있다. 각 시간 간격으로 예측하여 구성되는 CT는 기존 CT를 새로운 CT로 갱신하는 것이며, 반복적으로 CT가 새로 갱신되는 도중  $V_{req}$ 와  $V_{candidate}$  모두가 CT에 속한 경우가 존재하면, 이 CT를 통해 RSU는  $V_{candidate}$ 들 중  $V_{pro}$ 를 선택하여  $V_{req}$ 에게 콘텐츠를 전송한다.

## 2. 시나리오

제안 기법에서 RSU는 요청 패킷 전송과  $V_{pro}$  선택에 모두 참여한다. 또한, 차량보다 더 넓은 통신 범위를 가지는 RSU는  $V_{req}$ 와 직접 통신을 할 수 없는  $V_{candidate}$ 들과 통신을 할 수 있다.  $V_{req}$ 가 전송하는 요청 패킷은 RSU를 통해  $V_{pro}$ 에게 전송된다. RSU의 통신 범위 내에 위치한 차량들의 속도는 다양하며, 비콘 메시지를 브로드캐스트 한다. 이 비콘 메시지는 각 차량의 이동성, 위치, 속도, CNI를 포함하고 있다. RSU는 비콘 메시지를 수신하여 각 차량들에 대한 CNI를 리스트로 정렬한다. RSU의 통신 범위 내에 위치한 차량들은 RSU를 통해 요청 패킷을 송수신 가능하다.  $V_{pro}$ 로부터 전송된 콘텐츠는 Geographic Routing(GR)을 통해  $V_{req}$ 에게 전송된다.

## 3. 커뮤니케이션 트리 형성

RSU가 요청 차량으로부터 콘텐츠 요청을 받으면 CT를 구성한다. [그림 2]의 (b)와 같이 CT는  $V_{req}$ (빨간색 차량),  $V_{candidate}$ (초록색 차량),  $V_{pro}$ (노란색 차량)로 구성되며, 파란색 점선은 차량과 차량 사이의 통신 연결

을 나타낸다. CT가 형성되는 상세한 과정은 알고리즘 1과 같고, 다음과 같이 동작한다. 우선, RSU는  $V_{req}$ 이 요청 패킷을 전송하는  $t_0$ 에 자신의 통신 범위 내에 위치한 차량들이 브로드캐스트하는 비콘 메시지를 통해 각 차량의 이동성, 위치,  $t_{avail}$  정보를 수집한다. RSU는 자신의 통신 범위 내에 위치한 각 차량과 차량 사이의 거리를 계산한다.  $V_{req}$ 을 CT의 Root로 지정하고 트리를 구성하기 시작하여,  $V_{req}$ 의 통신 범위인 1 홉 내에서 가장 짧은 거리를 가진 이웃 차량과 트리를 연결한다. 다음으로, RSU는 트리에 연결된 차량을 이용하여 위와 동일한 방법으로 트리에 연결된 차량의 통신 범위인 1 홉 내에서 가장 짧은 거리를 가진 이웃 차량을 트리에 연결한다. 위와 같은 방법으로 RSU는  $V_{req}$ 과  $V_{candidate}$ 들이 모두 트리로 연결될 때까지 같은 과정을 반복하여 다중 홉 범위에 CT를 구성한다.

CT가 구성된 후, 앞서 언급한 바와 같이  $V_{candidate}$ 가 CT에 속하는지 여부와  $V_{candidate}$ 의 수에 대해 식(1)과 같이 4가지의 경우로 나누어 설명한다. 첫 번째, 경우는 CT 내에  $V_{candidate}$ 이 오직 1대만 존재하는 경우이다. 두 번째, 경우는 CT 내에 2대 이상의  $V_{candidate}$ 이 존재하는 경우이다. 세 번째, 경우는  $V_{candidate}$ 이 1대 있지만, CT 내에 속하지 않는 경우이다. 마지막, 4번째 경우는  $V_{candidate}$ 이 2대 이상이지만 모두 CT 내에 속하지 않는 경우이다. 이를 식으로 나타내면 다음 식(1)과 같다.

$$\begin{cases} V_{candidate} \in CT, V_{candidate} = 1 \\ V_{candidate} \in CT, V_{candidate} \geq 2 \\ V_{candidate} \notin CT, V_{candidate} = 1 \\ V_{candidate} \notin CT, V_{candidate} \geq 2 \end{cases} \quad (1)$$

다음 섹션에서,  $V_{candidate}$ 이 CT에 속할 경우,  $V_{candidate}$ 이 1대일 때와 2대 이상일 때에 대한 Forwarder Selection Process에 대해 설명하고, 이후에 CT에 속하지 않는 경우에 대해 마찬가지로  $V_{candidate}$ 이 1대일 때와 2대 이상일 때에 대해 설명한다. 만약,  $V_{candidate}$ 이 존재함에도 불구하고  $V_{pro}$ 을 찾지 못하는 경우는 여러 상황으로 간주하고, 콘텐츠 전송 섹션에서 이에 대해 설명한다.

알고리즘 1 커뮤니케이션 트리 형성
$D_{ij}$ : distance between $V_i$ and $V_j$ $R_{V2V}$ : V2V Communication Range 1: for each $V_i \in$ RSU's communication range 2:   if( $D_{req,i} < R_{V2V}$ ) 3: $V_i \leftarrow$ Add to 1Hop list 4:   end if 5: $V_j$ is vehicle that does not belong to list 6: while $V_j$ is not empty 7:   for ( $V_n \in$ n Hop list) 8:     if( $D_{n,n} < R_{V2V}$ and $V_j \notin$ n Hop list) 9: $V_j \leftarrow$ Add to (n+1) Hop list 10:    end if 11: n++

#### 4. 전송 차량 선택 과정

##### 4.1 제공차량이 커뮤니케이션 트리에 속한 경우

$V_{candidate}$ 이 1대인 경우, 이 차량은  $V_{pro}$ 로 선택된다. 이후, RSU는  $V_{pro}$ 가  $V_{req}$ 에게 콘텐츠를 전송하도록 한다. 그러나,  $V_{candidate}$ 가 2대 이상인 경우에는 RSU는  $V_{candidate}$  중  $V_{pro}$ 를 선택한다.

제안 기법은 콘텐츠 전송을 위해 GR을 이용하므로,  $V_{pro}$ 를 선택하는데 있어 홉 수가 중요한 요소이다. 패킷 전달을 위한 다중 홉 무선 전송 시에 홉 수의 증가는 네트워크 내에 전송되는 패킷의 수를 증가시키고, 홉 수가 증가하면 다중 홉 무선 전송 시에 콘텐츠 전송 실패율을 증가시킨다. 따라서, RSU는 구성된 CT 내에 연결된  $V_{candidate}$  중  $V_{req}$ 와 최소 홉 수로 연결되는  $V_{candidate}$ 를 찾을 수 있으므로, 이 차량을  $V_{pro}$ 로 선택한다.

그러나, 최소의 홉 수만으로는  $V_{pro}$ 를 선택하지 못하는 경우가 발생한다. 콘텐츠 전송을 위한 충분한 연결 시간이 보장되지 않는다면, 최소의 홉 수를 가지더라도  $V_{pro}$ 로 선택되지 않는다. 따라서, RSU는 콘텐츠 전송을 위한 충분한 연결시간을 가지는  $V_{candidate}$ 를 먼저 선정하고, 이 중에서 최소의 홉 수를 가지는  $V_{candidate}$ 을  $V_{pro}$ 로 선택해야 한다.

알고리즘 2는 CT에 속한  $V_{candidate}$ 들 중  $V_{pro}$ 을 선택하는 과정을 나타낸다.

알고리즘 2 커뮤니케이션 트리 안에서의 최적의 제공 차량 선택 과정
$T_c$ : connection time $T_{req}$ : requested connection time $HC$ : hop count 1: if (the number of $V_{candidate} == 1$ ) 2: $V_{pro} \leftarrow V_{candidate}$ 3: else 4:   for all $V_{candidate}$ do 5:     calculate $T_c$

6:   if( $T_{req} < T_c$ )
7:     calculate $HC$
8:     if( $HC_{candidate} < HC_{pro}$ )
9: $HC_{pro} < HC_{candidate}$
10: $V_{pro} \leftarrow V_{candidate}$
11:     end if
12:   end if
13: RSU send the interest packet to $V_{pro}$

##### 4.2 제공 차량이 커뮤니케이션 트리에 속하지 않은 경우

[그림 2]의 (a)와 같이, RSU가  $V_{req}$ 로부터 요청 패킷을 수신했을 때,  $V_{candidate}$ 이 CT 내에 속하지 않은 경우 ( $V_{candidate} \notin CT_{req}$ ),  $V_{req}$ 은 V2V 통신을 통해 콘텐츠를 전송받을 수 없다. 따라서, RSU를 통한 V2I 통신을 활용하여 콘텐츠를 전송해야 한다.

먼저,  $V_{candidate}$  1대가 RSU의 통신 범위 내에는 있지만 CT 내에 속하지 않은 경우, RSU는 이  $V_{candidate}$ 을  $V_{pro}$ 로 선택한다. 그러나, 이 차량은  $t_0$  시점에 CT에 속해 있지 않으므로, 콘텐츠를  $V_{req}$ 에게 전송할 수 없다. 콘텐츠를 전송하기 위해서는 RSU 통신 범위 내에  $V_{pro}$ 와  $V_{req}$ 가 같이 속해 있는 시간을 구해야 한다. RSU는 두 차량의 이동성, 위치, 속도를 통해 두 차량이 RSU의 통신 범위 내에 동시에 속하게 되는 시간을 예측할 수 있다.

두 차량이 RSU의 통신 범위 내에 속하게 되는 시간을 각각  $t_{out,req}$ 와  $t_{out,pro}$ 로 나타낸다.  $t_{out,req}$ 와  $t_{out,pro}$  중에서 더 작은 값에서  $t_0$ 를 빼면 두 차량이 동시에 RSU의 범위 내에 속하게 되는 시간을 계산할 수 있다. 알고리즘 3에서 이 시간을  $t_{avail,1}$ 로 정의하고  $t_{avail}$ 을 n개의 시간으로 나누어  $t_{avail,1}$ 부터  $t_{avail,n}$ 으로 나타낸다. RSU는 차량의 이동성을 이용하여 1부터 n으로 나뉘어진 시간 중에서 특정 시간  $t_{avail,c}$ 의 CT를 구성할 수 있다. 예측하여 구성된 CT 중에서 [그림 2]의 (b)와 같이  $V_{pro}$ 와  $V_{req}$ 가 같은 CT 내에 속할 때,  $V_{pro}$ 는 콘텐츠를 전송할 수 있게 된다. 만약 예측하여 구성된 CT가 다수일 경우, RSU는 가장 긴 연결시간과 적은 딜레이를 가지는 CT를 선택하여 콘텐츠를 전송한다.

$V_{candidate}$ 가 2대 이상이지만, CT에 속하지 않은 경우에는 RSU가  $V_{candidate}$  중  $V_{req}$ 와 연결 시간이 충분하고 최소 홉 수를 가지는 차량을  $V_{pro}$ 로 선택한다. 그러나, CT에 속하지 않기 때문에,  $t_{avail,c}$ 를 찾는 것이  $V_{candidate}$ 이 1대인 경우보다 더 중요하다. 단순히 연결 시간과 최소 홉 수를 만족시키는  $V_{candidate}$ 을  $V_{pro}$ 로 선택했지

만,  $t_{avail,c}$ 가 존재하지 않아 CT에 속하게 되는 시간이 없을 수 있다. 따라서, 이와 같은 경우에 RSU는 먼저 CT에 속하게 되는  $t_{avail}$ 를 만족시키는  $V_{candidate}$ 을 먼저 찾은 후, 충분한 연결 시간과 최소 홉 수를 가지는 차량을  $V_{pro}$ 로 선택한다.

알고리즘 3 커뮤니케이션 트리 밖에서의 최적의 제공 차량 선택 과정

```

1: for all  $V_{candidate}$  do
2:   calculate  $t_{avail}$ 
3:   for all  $t_{avail,n}$  do
4:     if( $CT_{req} \supset V_{candidate}$ )
5:        $t_{avail,c} \leftarrow t_{avail,n}$ 
6:     end if
7: if (the number of  $V_{candidate} == 1$ )
8:    $V_{pro} \leftarrow V_{candidate}$ 
9: else
10:  for all  $V_{candidate}$  do
11:    calculate  $T_c$ 
12:    if( $T_{req} < T_c$ )
13:      calculate  $HC$ 
14:      if( $HC_{candidate} < HC_{pro}$ )
15:         $V_{pro} \leftarrow V_{candidate}$ 
16:      end if
17:    end if
18:  delay( $t_{avail,c}$ )
19: RSU send the interest packet to  $V_{pro}$ 

```

## 5. 콘텐츠 전송

$V_{req}$ 와  $V_{pro}$ 가 CT에 속하게 된 경우, 커뮤니케이션 트리 형성과정을 통해 CT가 형성된 이후, RSU는  $V_{req}$ 에게 요청 패킷을 자신과 연결된 차량에게 전송하라고 알린다.  $V_{req}$ 가 송신한 요청 패킷은 각 차량과 연결된 차량들을 통해  $V_{pro}$ 로 전송된다. 요청 패킷을 수신한  $V_{pro}$ 는 요청 패킷이 전송된 경로를 따라 역으로 콘텐츠를 전송한다. 콘텐츠를 수신한  $V_{req}$ 는 응답 메시지를 보내 RSU가  $V_{req}$ 가 콘텐츠를 수신했음을 알려 패킷 중복 예러가 발생하지 않도록 조절한다.

RSU가  $V_{req}$ 로부터 응답 메시지를 받지 못한 경우는 2가지로 나누어 설명한다. 첫 번째 경우는 콘텐츠 전송에 실패한 경우이고, 두 번째 경우는 차량의 이동성 변경으로 인한 콘텐츠 전송 실패이다. 콘텐츠 전송 실패로 인해 발생하는 문제는 CT가 이미 구성되어 있으므로,  $t_{avail,c}$  중 남은 시간 안에 RSU가  $V_{pro}$ 에게 콘텐츠를 재전송을 요청한다. 그러나 남은 연결 시간이 콘텐츠를 전송하기에 부족할 경우 또는  $V_{pro}$ 나  $V_{req}$  중 하나가 CT를 이탈한 경우 RSU가 V2I 통신을 통해 콘텐츠를 전송한다.

## IV. 성능 평가

본 논문은 RSU를 활용하여 요청 패킷을 제어하고 네트워크상의 홉 수를 줄이는 기법을 제시한다. 시뮬레이션은 제안 기법의 성능을 Single-Hop broadcast Protocol(SHP)과 Multi-Hop broadcast Protocol(MHP)의 성능과 비교한다. 시뮬레이션 모델, 성능 평가 지표, 환경 변수를 차례대로 설명하고, 시뮬레이션을 통하여 세 기법의 성능을 비교한다.

### 1. 실험 모델 및 성능 인자

본 논문의 제안 기법은 네트워크 시뮬레이터 (NS-3) [21]를 통하여 제안 기법, SHP, MHP의 성능을 비교한다. 네트워크의 크기는  $5\text{km}^2$ 이며, 총 4개의 교차로가 배치되어 있으며, 각 교차로에는 RSU가 배치되어 있다. 네트워크상에는 평균 60대의 차량이 존재하며, 각 차량은 40-60km/h의 속도로 이동하다가 각 RSU가 배치되어 있는 교차로에서 무작위로 방향을 전환한다. 차량과 차량 사이의 통신 범위는 최대 200m이며 차량과 RSU 사이의 통신 범위는 최대 1km이다.

성능 평가를 위해 네트워크상의 차량 수와  $V_{pro}$ 을 조절하였다. 총 3시간의 시뮬레이션 시간동안 총 차량 수는 20대에서 140대로 20대씩,  $V_{pro}$ 의 수는 2대부터 12대로 2대씩 증가시켜 성능을 평가한다. 이 두 변수를 이용하여 다음의 3가지 성능을 측정한다.

콘텐츠 탐색 성공률(Content Search Hit Ratio(CHSR))은 RSU가 모든 요청 패킷에 대해 RSU가  $V_{pro}$ 를 선택한 비율이다. CHSR은 다음 식(2)과 같다.

$$CHSR = \frac{RSU가\ 선택한\ V_{pro}\ 의\ 수}{모든\ 요청\ 패킷\ 의\ 수} \times 100 \quad (2)$$

콘텐츠 전송 성공률(Content Delivery Ratio(CDR))은  $V_{req}$ 가 송신한 요청 패킷에 대해 콘텐츠를 수신한 비율이다. CDR은 다음 식(3)과 같다.

$$CDR = \frac{V_{req}\ 가\ 콘텐츠를\ 수신한\ 수}{V_{req}\ 의\ 요청\ 패킷\ 의\ 수} \times 100 \quad (3)$$

CDR은 RSU가  $V_{pro}$ 를 선택하고  $V_{pro}$ 가 콘텐츠 전송에 성공하고,  $V_{req}$ 가 전송된 콘텐츠를 수신한 비율이기 때문에 CSHR보다 작은 값을 가진다. 패킷 수는 요청 패킷을 포함한 통신에 사용된 모든 패킷들의 총합이다.

2. 실험 결과

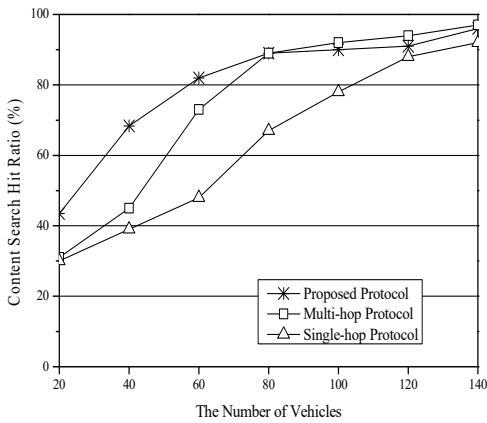


그림 3. 차량 수에 따른 콘텐츠 탐색 성공률

한 1 홉 또는 다중 홉 차량만을 고려하는 SHP와 MHP보다 높은 성능을 보여준다. MHP은 차량의 수가 증가할수록 사용할 수 있는 이웃 차량 수가 증가하기 때문에, CSHR이 최대 90%까지 증가한다. 하지만, 차량의 수가 부족한 경우에는 성능이 급격히 낮아진다. SHP는 1 홉 내의 이웃 차량만 고려하기 때문에 다른 기법들에 비해 성능 가장 낮았다.

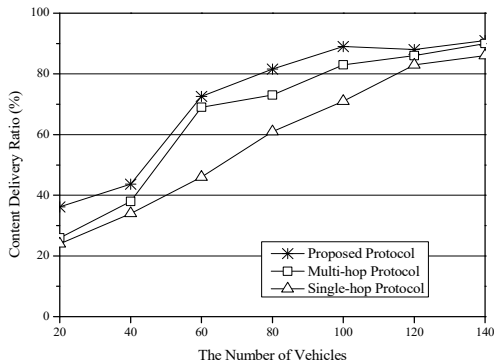


그림 4. 차량 수에 따른 콘텐츠 전송 성공률

[그림 4]는 차량의 수에 따른 CDR을 나타낸다. CDR은  $V_{req}$ 이 전체 요청 패킷에 대해  $V_{candidate}$ 로부터 받은 콘텐츠의 비율이기 때문에, CSHR보다 작은 값을 가진다. 제안 기법은 현재 연결된  $V_{candidate}$ 이 없다고 하더라도 일정 시간간격으로 예측하여 구성된 CT를 이용하여  $V_{pro}$ 를 선택한다. RSU는  $V_{candidate}$ 이 CT에 연결되었을 때, 요청 패킷을  $V_{candidate}$ 에게 전송한다. 현재 구성된 CT에서  $V_{pro}$ 를 선택하지 못하더라도, 다음 또는 향후 구성된 CT에서  $V_{pro}$ 를 선택할 수 있기 때문에 다른 기법들보다 더 높은 CDR을 가진다. 그러나, MHP와 SHP은 현재 요청 패킷을 수신하는 차량 중  $V_{pro}$ 이 없으면,  $V_{req}$ 에게 콘텐츠를 전송할 수 없다. 따라서, SHP은  $V_{req}$ 가 요청 패킷을 브로드캐스트하였을 때, 요청 패킷을 수신한 1 홉 이웃 차량 중  $V_{pro}$ 가 없는 경우, 콘텐츠를 전송하지 않는다. 하지만, MHP은  $V_{req}$ 이 브로드캐스트한 요청 패킷을 받은 차량이  $V_{pro}$ 이 아닌 경우 다른  $V_{pro}$ 를 찾기 위하여 홉 수를 증가시켜서 다시 브로드캐스트한다. 이 방법은 브로드캐스트 스톱을 유발하지만 SHP에 비해  $V_{pro}$ 를 탐색할 수 있는 범위가 넓으므로, SHP에 비하여 더 높은 CDR을 가진다.

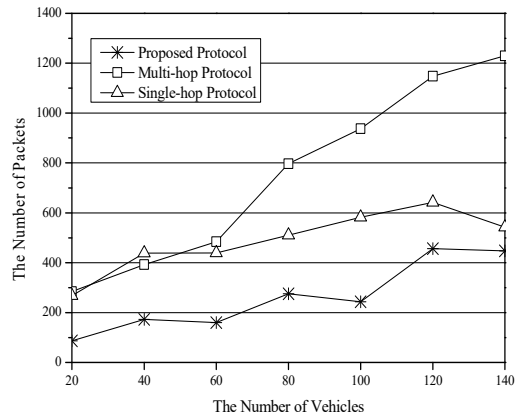


그림 5. 차량 수에 따른 패킷 수의 변화

[그림 5]는 시뮬레이션 시간동안 차량의 수에 따른 발생한 패킷 수에 대하여 나타낸다. SHP와 MHP의 경우, 요청 패킷에 대하여 제어하는 과정이 없다. 그러므로, 요청 패킷을 받은 차량이  $V_{pro}$ 인 경우, 해당 차량은  $V_{req}$ 에게 즉시 콘텐츠를 전송한다. 따라서,  $V_{pro}$ 이 증가

할수록,  $V_{req}$ 이 수신하는 중복된 콘텐츠가 증가한다. SHP는  $V_{req}$ 이 보낸 요청 패킷에 대하여  $V_{pro}$ 이 없다면 통신이 종료된다. 하지만, MHP는 같은 상황에서 다른  $V_{pro}$ 을 찾기 위해 홉 수를 증가시켜 요청 패킷을 다시 브로드캐스트하기 때문에 차량의 수가 증가한다면, 가장 많은 패킷 수를 발생하게 된다. 반면에, 제안 기법은  $V_{req}$ 의 요청 패킷을 RSU가 제어한다. RSU는  $V_{req}$ 로부터 요청 패킷을 받으면, 연결 시간 및 홉 수를 계산하여  $V_{candidate}$  중에서 최적의  $V_{pro}$ 을 선택하고, 요청 패킷을 전송한다. 따라서,  $V_{candidate}$ 이 여러 대 있어도  $V_{pro}$ 을 선택하여 콘텐츠를 전송하므로  $V_{req}$ 은 중복된 콘텐츠를 받지 않게 된다.

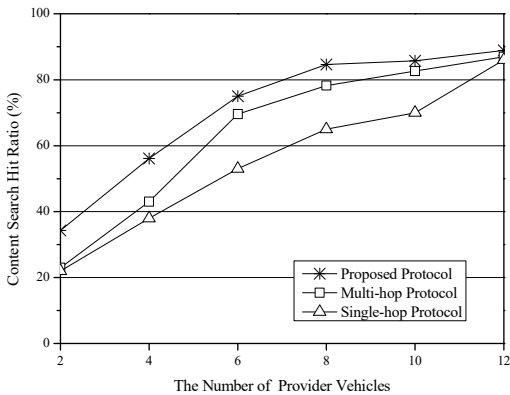


그림 6. 제공 차량 수에 따른 콘텐츠 탐색 성공률

[그림 6]은  $V_{pro}$ 의 수에 따른 CSHR의 변화를 나타낸다. 제안 기법은 차량들의 현재 위치, 속도, 이동성 등의 정보를 기반으로 예측을 통해 현재 연결된  $V_{candidate}$ 이 없더라도, 향후에 CT에  $V_{candidate}$ 이 연결될 가능성이 있고,  $V_{pro}$ 을 선택할 수 있으므로 가장 좋은 성능을 보인다. 하지만, MHP와 SHP는  $V_{req}$ 이 요청 패킷을 보낸 시점에만  $V_{pro}$ 을 탐색하게 된다. 그러므로,  $V_{req}$ 이 요청 패킷을 전송한 시점에 연결된  $V_{pro}$ 이 없다면,  $V_{req}$ 에게 콘텐츠를 전송할 수 없다. SHP는 1 홉 내의 이웃 차량만을 탐색하기 때문에 다중 홉에서 탐색하는 MHP보다 CSHR이 더 낮았다.

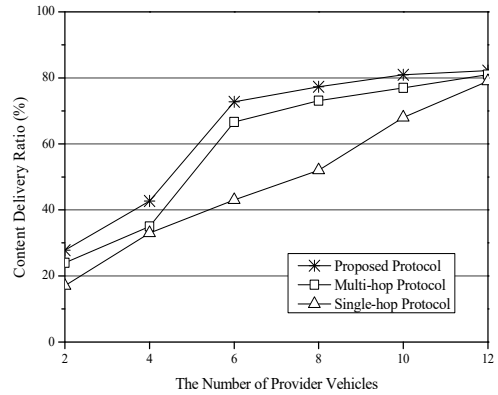


그림 7. 제공 차량 수에 따른 콘텐츠 전송 성공률

[그림 7]은  $V_{pro}$ 의 수에 따른 CDR을 나타낸다. SHP은 오로지 1 홉의 이웃 차량만 고려하기 때문에, 1 홉의 차량 수에 대한 의존도가 높아서 충분한 연결시간이 확보되지 못하면, CDR이 급격히 감소하게 된다. MHP은 다중 홉 범위에서 더 많은 차량들을  $V_{pro}$ 으로 사용할 수 있기 때문에 중복 전송되는 콘텐츠는 증가하지만, SHP에 비하여 더 높은 CDR을 가진다. 반면에, 제안 기법의 경우에는 모든 차량의 시간, 속도, 이동성, 위치 정보를 이용하여  $V_{candidate}$ 을 선택하고, 이 중에서  $V_{req}$ 에게 가장 효율적으로 콘텐츠를 제공할 수 있는  $V_{pro}$ 을 선택하기 때문에, MHP보다 더 많은  $V_{candidate}$ 을 탐색할 수 있으며,  $V_{pro}$ 을 선택할 수 있다. 따라서, 제안 기법은 가장 높은 CDR을 가진다.

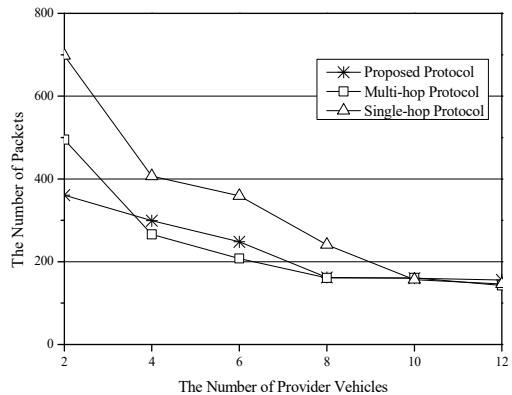


그림 8. 제공 차량 수에 따른 패킷 수 변화



[그림 8]은  $V_{pro}$ 에 따른 패킷 수를 나타낸다. SHP는  $V_{req}$ 의 1 홉 통신 범위 내에  $V_{pro}$ 이 존재하지 않는다면, 자신의 통신 범위 내에  $V_{pro}$ 이 위치하게 되어 연결이 가능해질 때까지, 반복하여 요청 패킷을 브로드캐스트한다. 1 홉에서만 탐색을 반복하고 요청 패킷을 브로드캐스트하기 때문에, 가장 많은 패킷 수를 소모한다. 그리고, MHP는 다중 홉에 걸쳐  $V_{pro}$ 를 탐색하기 때문에 SHP보다 브로드캐스트하는 횟수가 적다. 하지만, MHP도  $V_{req}$ 이 요청 패킷을 전송하였을 때, 일정 시간 내에 콘텐츠를 받지 못한다면,  $V_{pro}$ 이 없다고 간주하고  $V_{pro}$ 이 콘텐츠를 전송해 줄 때까지 요청 패킷을 지속적으로 보낸다. 반면에, 제안 기법은 RSU가 모든 차량의 이동 정보를 알기 위하여 사용하는 패킷을 제외하면,  $V_{candidate}$ 이 적은 경우에만  $V_{req}$ 의 연결 시간을 확보하기 위하여 약간의 추가적인 패킷만을 소모하게 되므로 상대적으로 적은 패킷을 발생시킨다. 하지만, 세 기법 모두 일정 수 이상의  $V_{pro}$ 이 확보되면, 콘텐츠 전송을 확실히 받을 수 있기 때문에 소모되는 패킷 수가 수렴하게 된다.

## V. 결론

본 논문은 CCVN에서 RSU를 활용하여 콘텐츠를 탐색하고 전송하는 기법을 제안한다. 브로드캐스트로 인한 패킷 수 증가와 콘텐츠 전송 실패로 인한 요청 패킷 수를 감소시키기 위해 제안 기법은 RSU를 활용한다. 제안 기법에서 RSU는 자신의 통신 범위 내에 있는 모든 차량들의 정보를 수집하여 일정시간 간격으로 CT를 구성한다. 구성된 CT 내에 후보 차량 중에서 콘텐츠 요청 차량과 충분한 연결시간과 최소 홉 수를 가진 차량을 최적의 제공 차량으로 선택하여 콘텐츠를 전송한다. 이를 통해, 콘텐츠 요청 차량에게 최소 비용의 콘텐츠 전송을 가능하게 한다. 시뮬레이션 결과는 제안 기법과 SHP, MHP와의 성능 비교를 통해, 제안 기법이 Content Search Hit Ratio(CHSR), Content Delivery Ratio(CDR), 소모된 패킷 수 면에서 다른 기법보다 더 나은 성능을 보인다는 것을 나타낸다.

## 참고 문헌

- [1] H. I. Abbasi, R. C. Voicu, J. A. Copeland and Y. Chang, "Towards Fast and Reliable Multihop Routing in VANETs," in IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol.19, No.10, pp.2461-2474, 2020.
- [2] P. Mutalik, S. Nagaraj, J. Vedavyas, R. V. Biradar, and V. G. C. Patil, "A comparative study on AODV, DSR and DSDV routing protocols for Intelligent Transportation System (ITS) in metro cities for road traffic safety using VANET route traffic analysis (VRTA)," 2016 IEEE International Conference on Advances in Electronics, Communication and Computer Technology (ICAECCT), pp.383-386, 2016.
- [3] C. V. Durga, G. Chakravarthy, and B. Alekya, "Efficient Data Dissemination in VANETs: Urban Scenario," 2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), pp.891-896, 2018.
- [4] www.car-2-car.org.
- [5] M. Lee and T. Atkison, "VANET applications: Past, present, and future, Vehicular Communications," Vol.28, p.100310, 2021.
- [6] H. S. Jeong, Y. C. Shen, J. H. paul, and J. T. Oh, "A comprehensive survey on vehicular networking for safe and efficient driving in smart transportation: A focus on systems, protocols, and applications," Vehicular Communications, Vol.31, p.100334, 2021.
- [7] N. Yang, K. Chen, and Y. Liu, "Towards Efficient NDN Framework for Connected Vehicle Applications," in IEEE Access, Vol.8, pp.60850-60866, 2020.
- [8] R. Tizvar and M. Abbaspour, "CCVNet: A Modified Content-Centric Approach to Enable Multiple Types of Applications in Vehicular Networks," Wireless Pers Commun, Vol.113, pp.139-166, 2020.
- [9] G. Xylomenos, "Survey of Information-Centric Networking Research," IEEE Communications Survey and Tutorials, Vol.16, No.2, pp.1024-1049, 2014.
- [10] V. Jacobson, D. Smetters, J. Thornton, M. Plass, N. Briggs, and R. Braynard, "Networking Named

- Content,” in Proc, ACM CoNEXT, Dec. 2009.
- [11] Z. Su, Y. Hui, and Q. Yang, “The Next Generation Vehicular Networks: A Content-Centric Framework,” IEEE Wireless Communications, Vol.24, No.1, pp.60-66, 2017.
- [12] X. Wang and X. Wang, “Vehicular Content-Centric Networking Framework,” IEEE Systems Journal, Vol.13, No.1, pp.519-529, 2019.
- [13] R. Tizvar and M. Abbaspour, “A density-aware probabilistic interest forwarding method for content-centric vehicular networks,” Vehicular Communications, Vol.23, 2020.
- [14] U. Lee, J. Park, J. Yeh, G. Pau, and M. Gerla, “CodeTorrent: Content Distribution using Network Coding in VANET,” in Proc. ACM MobiShare, Sep. 2006.
- [15] L. Wang, R. Wakikawa, R. Kuntz, R. Vuyyuru, and L. Zhang, “Data naming in vehicle-to-vehicle communications,” in Proc, IEEE INFOCOM NOMEN Workshop, Mar. 2012.
- [16] X. Yu, R. Coutinho, A. Boukerche, and A. Loureiro, “A distance-based interest forwarding protocol for vehicular information-centric networks,” in Proc. IEEE PIMRC, Oct. 2017.
- [17] H. Maryam, A. Wahid, and M. Shah, “Mitigating broadcast storm in interest/data packet forwarding in vehicular content centric networking,” in Proc, IEEE ComTech, Apr. 2017.
- [18] S. Bouk, S. Ahmed, D. Kim, K. Park, Y. Eun, and J. Lloret, “LAPEL: Hop Limit Based Adaptive PIT Entry Lifetime for Vehicular Named Data Networks,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.67, No.7, pp.5546-5557, 2018.
- [19] D. Kim, Y. Velasco, W. Wang, R. Uma, R. Hussain, and S. Lee, “A New Comprehensive RSU Installation Strategy for Cost-Efficient VANET Deployment,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.66, No.5, 2017.
- [20] P. Li, T. Zhang, C. Huang, X. Chen, and B. Fu, “RSU-Assisted Geocast in Vehicular Ad Hoc Networks,” IEEE Wireless Communications, Vol.24, No.1, 2017.
- [21] <http://www.nsnam.org>

## 저 자 소 개

### 신 동 근(Dong-Geun Shin)

정회원

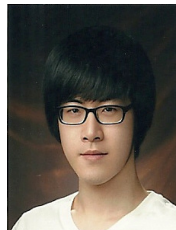


- 2018년 : 충북대학교 정보통신공학부(공학사)
- 2021년 : 충북대학교 전파통신공학부(공학석사)

〈관심분야〉 : 차량 네트워크, 콘텐츠 캐싱, 콘텐츠 전송

### 최 현 석(Hyun-Seok Choi)

정회원

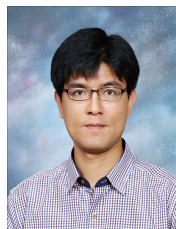


- 2017년 충북대학교 정보통신공학부(공학사)
- 2017년 ~ 현재 : 충북대학교 전파통신공학과 석박사 통합과정

〈관심분야〉 : 무선 센서 네트워크, 차량 네트워크, 클라우드 컴퓨팅

### 이 의 신(Eui-Sin Lee)

정회원



- 2008년 : 충남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2012년 : 충남대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2014년 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학부 교수

〈관심분야〉 : 무선 센서 네트워크, 차량 네트워크, 클라우드 컴퓨팅, 콘텐츠 캐싱