JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 17, No. 7 : 1602~1608, July. 2013

PoC 멀티캐스트 성능향상 방안

김기일*

Enhancing Performance of Multicast over Push-to-Talk over Cellular

Ki-Il Kim*

Department of Informatics, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

요 약

PoC (Push-to-Talk over Cellular)는 이동통신망에서 SIP (Session Initiation Protocol) 기반의 VoIP (Voice over Internet Protocol) 기술을 이용하여 일-대-일 또는 일-대-다 통신을 지원하는 특징으로 인하여 재난망에서 이를 적용하기 위한 노력이 현재 시도중이다. 이러한 노력은 그룹 통신 지원이 핵심이며 이를 위한 표준화 제정이 진행중이다. 하지만, 현재 표준의 경우 재난망의 특징을 반영하지 않고 일반 PoC 서비스 중심의 그룹 통신을 지원하기 때문에 재난통신망 적용시 그룹이 특정 지역에 밀집한 경우 PoC 서버에 로드가 집중됨으로써 혼잡 및 이로 인한 지연이 길어지는 문제점이 존재한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 특정 지역의 PoC 서버의 로드를 다수의 PoC 서버가 처리할 수 있도록 분산시킴으로써 강건성 및 전송 지연을 줄이기 위한 새로운 방안을 제안한다. 마지막으로 시뮬레이션을 통하여 성능 평가 결과를 제시한다.

ABSTRACT

PoC (Push-to-Talk over Cellular) provides one-to-one as well as one-to-many communications with VoIP technology based on SIP over cellular networks. According to above property, PoC is considered as perscrptive technology for public protection for disaster relief networks. For this networks, group communication is the essential function. However, since current standardization process takes into general scenarios account without any consideration for mentioned networks, it have some problems in the point of adaptability. To solve above problem, in this paper, we propose how to reduce the overhead on the PoC server to reduce the transmission delay. Simulation results are shown to evaluate the improved performance.

키워드 : 멀티캐스트, 공공재난망, 성능향상

Key word : Multicast, Public Protection and Disaster Relief Networks, Performance enhancement

접수일자 : 2013. 02. 18 심사완료일자 : 2013. 04. 18 게재확정일자 : 2013. 04. 30

* **Corresponding Author** Ki-Il Kim(E-mail:kikim@gnu.ac.kr, Tel:+82-55-772-1373)
Department of Informatics, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.7.1602 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

국가적인 재난상황, 즉 자연재해/재난 또는 국지적 전쟁과 같은 인재에 효과적으로 대비·대응하기 위해서는 적응적이고 체계적인 중앙지휘통제가 가능한 선진화된 재난안전대응시스템이 요구되고 있으며, 공공안전(Public Protection) 및 재난구조(Disaster Relief)를 위한 고도화된 국가공공 재난안전무선통신 인프라는 반드시 요구된다. 이를 지원하기 위하여 TRS (Trunked Radio System) 기술뿐만 아니라 WiBro와 같은 광대역 이동무선통신 기술을 재난안전무선통신으로 활용하기 위한 노력을 기울이고 있다.

통신망 측면과 더불어 재난통신에서 중요하게 사용되는 서비스는 그룹통화, 비상 통화, 동적그룹 재편성, 단문 데이터서비스, 패킷 데이터서비스[4] 등이 있으며 언급된 서비스를 지원하기 위하여 OMA (Open Mobile Alliance)에서 지정한 PoC[1,2,3]가 좋은 대안으로 고려되고 있다. 하지만, PoC의 경우에는 재난통신망에 대한 서비스를 고려하지 않았기 때문에 이를 직접 적용하기에는 문제점이 있다.

특히, 공공재난망의 특징으로 인하여 데이터 전송 및 제어 측면에서의 성능 향상을 위한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구들은 PoC 세션의 지연을 줄이기 위한 방안과 데이터의 효율적 전송을 위한 방안이 주로 연구되고 있다. PoC 세션 설정을 위한 지연을 줄이는 방법의 대표적인 예로 [6]에서는 세션 연결 설정 과정의 단순화를 통하여 10개의 주요 메시지를 전송함으로써 연결설정 비용을 줄이는 동시에 SIP 메시지에 대한 압축 기술을 적용하는 방안을 제안하였다. 또한, [7]에서는 PoC에서 세션 설정 지연에 대한 분석을 통하여 성능 향상 요소를 도출하고 SIP 시그널에 대한 사전 기반 압축 기술을 적용하는 방안을 제안하였다. 이러한 연구와 더불어 통화 허가권을 위한 토큰을 획득하기 위하여 사용되는 프로토콜을 개선하기 위하여 음성 미디어 혼합 방식을 이용하는 방식을 제안하였다[8]. 제안된 방법의 경우 다중의 송신가자 동시에 데이터 전송이 가능하게 함으로써 세션의 지연을 줄일 수 있는 방안이다.

이러한 제어 측면에서의 연구와 더불어 데이터 전송 측면에서의 연구도 이루어지고 있는데 이는 다수의 그룹 참가자들에게 데이터를 전송하기 위한 가장 효율적인 방안을 찾는 방식이다. 대표적인 예인 [9]에서는 데이터 전송의 문제를 DVBMN (Delay Variation Bounded Multicasting Network)로 정의하고 이를 기반한 데이터 전송 방법을 제안하였다. 이를 위하여 송시자로부터 각 수신자들까지의 K개의 최단 경로를 선택하고 지연 변화가 가장 적은 경로를 선택하는 방식을 취하였다. 또한, [10]에서는 중복된 데이터 전송을 피하기 위하여 IP 멀티캐스트 방식을 PoC 세션에 적용하기 위한 방안을 제안하였다. 이를 위하여 클라이언트, 서버, 네트워크 구조의 변경이 필요하며 기존의 프로토콜의 변경도 불가피하다.

이러한 연구와 더불어 멀티캐스트 기반의 그룹 통신을 표준화 작업도 진행중이다[3]. 하지만, 이는 일반적인 그룹 통신 서비스만을 고려하고 있기 때문에 재난망의 그룹 통신을 위해서는 기존 프로토콜의 확장이 반드시 요구된다. 현재 이러한 그룹 통신을 위하여 제안된 PoC 멀티캐스트 표준화 문서는 그룹 참가자가 산재되어 있는 네트워크에 적합하도록 구성되어 있기 때문에 이를 특정 지역에 국한된 재난통신망에 적용할 경우 특정 서버로 로드간 집중화됨으로써 혼잡 및 긴 지연시간이 발생하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 기존의 표준화에 기반하여 재난망을 위한 멀티캐스트 성능 향상 방안을 제안한다. 표준화 방안을 개선함으로써 호환성을 유지하는 동시에 PoC에 대한 변경을 지양한다. 이는 하나의 PoC 서버에 집중화된 제어 및 데이터 전송 로드를 대다수의 그룹 참가자가 포함되어 있는 지역을 관리하는 서버를 프락시 서버로 설정하고 데이터 전송을 위한 프로시저의 동작이 지역적으로 국한되도록 하는 방식이다. 즉, 각 그룹별 동작을 지역적 인접성을 기반으로 동작하도록 하는 동시에 멀티캐스트 채널을 이용하게 함으로써 다수의 유니캐스트 및 제어로 인한 오버헤드를 줄일 수 있을 뿐 아니라 현재 유니캐스트 채널로 전송되는 메시지를 멀티캐스트 채널로 전환시킴으로써 메시지 수를 줄일 수 있다. 이를 통한 자원의 효율성 증가 및 세션에서의 지연을 줄일 수 있다. 또한, 시뮬레이션을 통하여 패킷 전송율과 전송 시간에 대한 비교 분석을 수행하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 연구의 필요성을 설명한 서론에 이어 PoC와 멀티캐스트 지원을 위한 방법을 II장에서 설명한다. 제안하는 메커니즘은 III장에서 설명되며 IV장에서는 성능 평가 결과 및 분석을 제

시한다. 마지막으로 V에서는 결론 및 향후 연구 내용을 제시한다.

Ⅱ. PoC 멀티캐스트 개요

PoC는 VoIP기술을 이용하여 이동통신망에서 음성 패킷데이터를 일대일 또는 일대다로 통화하는 기술이다. 이 기술은 상대방과 통화하기 위해서 버튼을 누른다는 점에서"워키토키"와 유사하다. PoC 서비스가 되기 위해서는 PoC 기술뿐만 아니라 클라이언트들에게 서로간의 상태정보(log on/off, 위치정보)를 알려주는 Presence 서비스와 클라이언트들의 그룹을 관리하는 기술인 Group Management 서비스도 같이 제공되어야 하기 때문에 현재 OMA의 Presence 워킹그룹과 공동으로 규격 제정 작업을 진행 중이며 그림 1의 구조를 가진다.

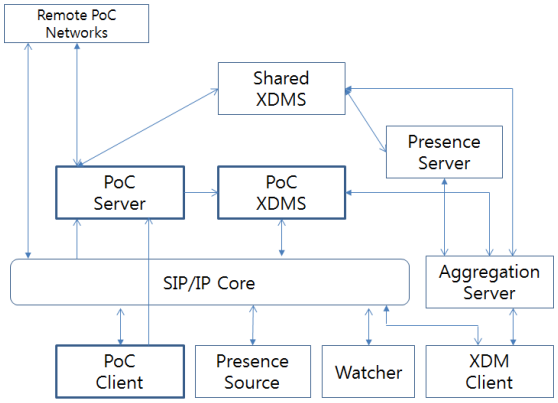

그림 1. PoC 구조도
Fig. 1 PoC architecture

POC 서비스는 Session Negotiation(호처리), Presence Service, 그리고 Group Management Service의 세 가지 세부 서비스들로 구성되어 있다. POC에 사용되는 프로토콜은 기본적으로 SIP인데, SIP을 사용하여 음성 또는 기타 미디어 데이터를 송수신 할 수 있는 세션을 만드는 데 필요한 협상을 한다. SIP는 세션 협상 뿐만 아니라 통신 욕구를 증대시키는 Presence 정보를 제공하는 데에도 사용된다 (Presence Service). 그리고 통신 상대의 추가, 삭제 등의 관리 (Group Management)는 HTTP의 extension인 XML Configuration Access Protocol (XCAP)을 사용하고 있다.

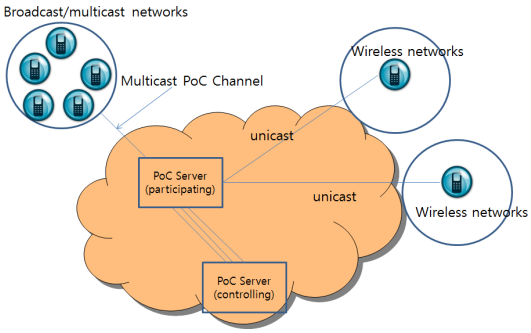

그림 2. PoC 멀티캐스트 개요
Fig. 2 Overview of PoC multicast

멀티캐스트 PoC 채널은 하나 또는 그 이상의 무선 네트워크의 셀에서 동시에 시작될 수 있다. 멀티캐스트 PoC 채널은 Participating PoC기능을 수행하는 PoC 서버, 무선 네트워크, PoC 클라이언트의 지원을 요구한다. 만약 PoC 멀티캐스트를 지원하지 않는 PoC 클라이언트의 경우에는 미디어를 유니캐스트 스트림으로 수신한다. 그림 3은 무선 네트워크의 멀티캐스트/브로드캐스트 기능을 사용하는 PoC 세션을 보여준다.

그림 2와 같은 구조에서 일단 멀티캐스트 채널이 시작되게 되면, 서버는 멀티캐스트 채널을 위하여 설정된 주소를 이용하여 미디어 전송을 시작하게 된다. 멀티캐스트 채널을 통하여 전송되는 미디어 스트림과 TBCP(Token Burst Control Protocol)/ MBCP(Media Burst Control Protocol)는 암호화된다. 만약 멀티캐스트 채널에 하나의 클라이언트도 연결되지 않는다면 멀티캐스트 미디어는 버퍼링되고, 만약 버퍼가 더 이상 데이터를 받지 못할 경우 무선 엑세스 네트워크에 의하여 버려지게 된다.

Ⅲ. 지역성을 고려한 로드분산방법

PoC 서비스의 단방향 통신 특성으로 인하여 PoC 서버의 중요한 역할 중에 하나는 그룹에 참가한 다른 사용자들 사이에서 데이터를 전송할 수 있는 권한을 중앙 집중적으로 할당하는 것이다. TBCP는 이러한 목적을

위하여 사용되며 발언권을 획득하기 위하여 PoC 서버는 현재 발언권을 가진 사용자에 대한 정보를 제공하여야 한다.

세션 연결 설정후 발언권을 획득하기 위해서 클라이언트는 서버에게 발언권 요청을 하고 이 요청이 받아들여지게 되며 Grant 메시지를 전송하고 나머지 사용자들에게는 Taken 메시지를 전송함으로써 다른 사용자가 이미 미디어에 대한 권한을 가지고 있음을 알리게 된다. 이후 발언권을 획득한 사용자로부터 전송된 데이터는 나머지 사용자들에게 서버에서부터 복사되어 전송된다.

이러한 메시지의 전송은 멀티캐스트에서도 사용되며 멀티캐스트 세션과 별도의 유니캐스트 세션을 유지함으로써 데이터 전송이 일어나도록 하게 된다. 이러한 전송 방법의 경우 각 그룹의 멤버들이 하나의 멀티캐스트 세션에 참여하는 경우에는 모든 결정권이 서버에까지 전송된 후 다시 사용자에게 전송되기 때문에 유발되는 지연이 상대적으로 클 수 있다. 또한, 이러한 중앙집중적 구조는 고장에 대하여 민감한 문제를 야기할 수 있다. 즉, 서버로의 접근이 불가능한 다양한 상황이 발생할 경우 현재로써는 통신이 불가능하게 되는 문제점을 가지고 있다.

즉, 재난망의 구조상 서버로의 접근이 불가능한 다양한 상황이 발생할 수 있을 뿐만 아니라 데이터의 전송의 같은 지역에 있는 노드들간이 이루어지게 된다. 이는 네트워크의 고장이 거의 일어나지 않고 모든 노드들이 산재되어 있는 상황을 가정하여 설계된 것과는 다른 접근 방식이 필요함을 의미한다. 본 절에서는 언급된 문제점을 해결하기 위한 방안을 제안한다. 이는 C-PoC의 로드를 분산시키는 동시에 지연을 줄일 수 있는 방안이다.

3.1. P-PoC를 이용한 로드분산 방법

앞서 설명한 봐와 같이 일반적인 PoC 서비스와는 달리 지역기반의 재난망의 PoC의 경우에는 그룹 참자가들이 산재되어 있기 보다는 밀집되어 있는 경우가 존재한다. 또한, 하나의 세션만이 아니라 다양한 세션이 운영될 가능성이 높은데 이러한 경우 기존의 PoC 서비스의 경우에는 C-PoC로의 많은 오버로드가 유발되는 동시에 모든 데이터가 C-PoC로 전송되고 복사되는 메커니즘으로 인한 데이터 전송의 최적화가 이루어지지 않게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 멀티캐스트 그룹에 참가하는 그룹의 위치에 따라 적응적으로 다른 메커니즘을 적용하는 방안을 제안하고자 한다.

제안하고자 하는 메커니즘은 기본적으로 다음의 절차에 따라 동작하게 된다.

1) PoC 멀티캐스트 세션을 설정한다.
2) 발언권 요청 메시지를 받은 후 P-PoC 서버는 C-PoC 서버에게 자신이 본 세션에 대한 프락시 서버의 역할을 수행할 것임을 알리게 된다.
3) 데이터를 수신한 P-PoC는 이를 C-PoC에게 릴레이하는 대신에 멀티캐스트 채널을 통하여 각 유저에게 전송하게 된다.
4) 이후 요청되는 Talk Burst Request 메시지도 P-PoC에서 처리되며 예전과는 달리 응답으로 전송되는 Talk Burst Grant메시지가 멀티캐스트 채널로 전송되므로 이를 수신한 다른 참가자들은 Talk Bust Taken으로 대치할 수 있으므로 P-PoC는 추가적인 메시지 전송이 필요하지 않다.

● 하나의 P-PoC만이 존재

C-PoC에서 관리하는 세션에 포함된 그룹이 오직 하나의 P-PoC에 접속되어 있는 경우에 P-PoC가 임시적으로 C-PoC의 역할을 대신하게 해준다. 따라서, Talk Burst에 대한 제어 및 데이터의 복사가 P-PoC 내에서만 이루어지기 때문에 C-PoC의 로드가 분산되게 된다. 따라서, 데이터에 대한 경로의 최적화 및 데이터 전송의 효율성도 높일 수 있는 장점이 있다. 하나의 P-PoC가 존재하는 경우 PoC 멀티캐스트를 지원하기 위한 프로시저는 다음과 같다.

1) Paul이 Talk Burst Request를 통하여 발언권 요청을 한다. 이 메시지는 기존과 마찬가지로 P-PoC와 C-PoC에게 전송된다. C-PoC는 해당되는 메시지에 대응하여 Talk Burst Grant 메시지를 P-PoC 서버에 전송하게 된다.
2) P-PoC 서버는 Talk Burst Granted메시지를 받고 이 메시지를 유니캐스트 채널을 이용하여 전송하지 않고 멀티캐스트 채널을 이용하여 각 참가자들에게 전송한다. 또한, PoC Session 정보를 포함하는 SIP UPDATE 메시지를 전송하여 임시적으로 C-PoC 역할을 P-PoC가 수행할 것을 알리게 된다. 이 메시지를 받은 C-PoC는 승낙의 메시지를 SIP ACK를 보낸

다. 이 메시지를 보낸 다음 C-PoC는 Talk Burst Taken 메시지를 각 참가자들에게 전송하지 않는다. 왜냐하면 Talk Burst Granted 메시지를 수신한 다른 참가자들은 이미 채널이 다른 사람들에 의하여 알 수 있다는 것을 알 수 있기 때문이다.

3) 이후 미디어는 P-PoC에게 전달된 경우 이 미디어는 다시 멀티캐스트 채널을 통하여 다시 다른 참가자들에게 전송된다. 따라서, C-PoC 서버로의 데이터 전송은 이루어지지 않는다.

4) 이후 다른 참가자가 Talk Burst Request를 전송하는 경우 앞선 과정이 반복되며 미디어의 경우에도 C-PoC까지 전송되지 않으므로 미디어가 보다 적은 지연을 가지게 되는 동시에 대역폭을 줄일 수 있다.

• 두 개 이상의 P-PoC가 존재

두 개 이상의 P-PoC가 존재하는 경우 기존의 시나리오와 다른 점은 다른 P-PoC간의 발언권 제어가 필요하다는 점이다. 즉, 멀티캐스트 지역에서 P-PoC까지 제어 및 데이터 측면은 하나의 P-PoC만이 존재하는 경우와 마찬가지로 동작시킬 수 있다. 하지만, 다른 P-PoC가 존재하는 경우 P-PoC는 Talk Burst Request 메시지를 통하여 자신이 관리하고 있는 지역의 발언권을 요청하고 있음을 알려야 한다. 이후의 프로시저는 다음과 같다.

1) C-PoC는 요청 참가자가 있는 지역이 포함되는 있는 P-PoC에게는 Talk Burst Granted 메시지를 다른 P-PoC에게는 Talk Burst Taken 메시지가 전송된다. 각 P-PoC는 이 두 메시지를 자신의 멀티캐스트 채널을 통하여 전송한다. 따라서, C-PoC는 각각의 참가자들에게 Talk Burst Taken 메시지를 개별적으로 전송할 필요가 없다.

2) 이후 A 지역의 클라이언트 A에서 전송된 미디어는 P-PoC에게 전송되고 P-PoC는 자신의 멀티캐스트 채널을 통하여 데이터를 A 지역에 전송하는 동시에 C-PoC에게는 유니캐스트를 통하여 전송한다. C-PoC는 전송된 데이터를 다른 P-PoC 서버에 유니캐스트로 전송하고 해당 P-PoC는 이 메시지를 멀티캐스트 채널을 이용하여 해당 지역에 전송하게 된다.

만약 현재 진행중인 세션만을 고려하는 경우에는 앞에서 설명된 모드에서 세션 설정과정이 필요하지 않기 때문에 세션에 대한 정보가 필요하다. 이를 지원하기 위해서는 기지국과 C-PoC간의 추가적인 세션을 통하여 주기적으로 관련 세션에 대한 데이터를 받아야 한다. 새로운 세션의 설정이 가능한 경우에는 반대로 세션에 대한 정보를 기지국에서 저장하고 있다가 만약 C-PoC에 대한 연결이 가능해진 경우 이 정보를 C-PoC에 전송하여야 한다.

Ⅳ. 성능평가

본 장에서는 시뮬레이션을 통한 제안된 메커니즘의 성능평가 결과를 보여준다. 시뮬레이션은 ns-2[7] 시뮬레이터가 사용되었으며 구체적인 파라미터는 다음과 같다. PoC를 위하여 하나의 C-PoC 서버와 3개의 P-PoC 서버를 가정하고 각 PoC서버에는 20개의 노드가 무선으로 접속되어 있다. 유선 링크의 대역폭은 2Mbit이고 Ethernet을 MAC프로토콜로 사용하며 무선 노드들은 채널용량은 250kbps이다. 일반적인 CSMA가 MAC 프로토콜로 사용되었고 two-ray 모델이 무선전파 모델로 사용되었다. 트래픽은 CBR이 사용되었고 패킷의 크기는 512바이트이다. 각 시뮬레이션은 다수의 시나리오를 수행하였고 이들 값의 평균값을 사용하였다. 95%의 신뢰도를 가지며 제안된 알고리즘과 기존의 PoC 멀티캐스트의 성능을 비교하였다.

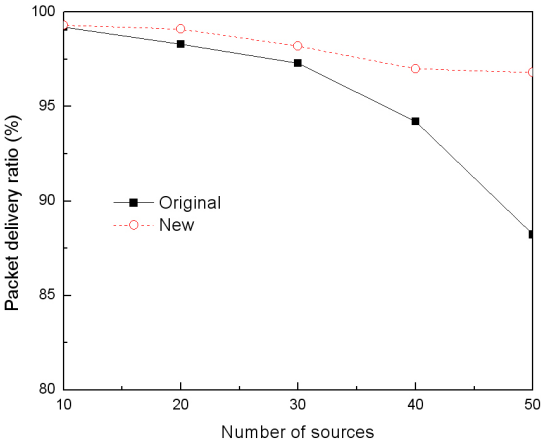

그림 3. 전송 시간 비교
Fig. 3 Comparison of delay

첫 번째 시뮬레이션에서는 P-PoC의 접속하고 있는 노드들이 계속해서 데이터를 전송하는 경우의 전송 시간 및 전송 성공률을 비교하였다. 이 시나리오에서 송신자와 수신자는 같은 지역에 포함되어 있는 모델로 제한하였다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 기존의 메커니즘에 비하여 새로운 메커니즘의 전송 시간은 노드수가 많아짐에 따라 차이가 커지게 된다. 이는 두 가지 요소에 따른 것으로 하나는 TBCP를 통한 발언권을 얻기 위한 과정에 따른 시간 지연과 모든 데이터가 C-PoC를 거쳐서 전송됨에 따라 전송 시간이 늘어나게 때문이다.

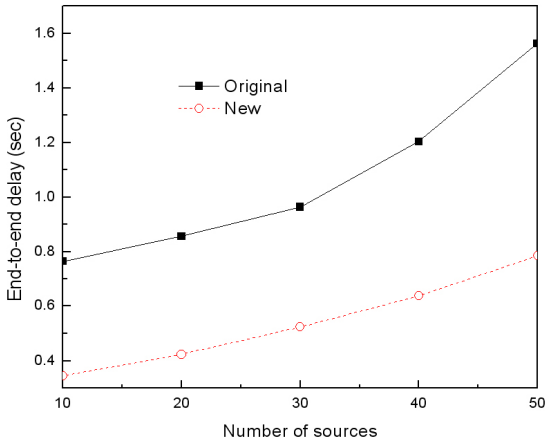

그림 4. 패킷 전송률 비교
Fig. 4 Comparison of packet delivery ratio

또한, 그림 4에서 보듯이 송신자의 수에 따라 두 메커니즘 사이의 전송율에서도 크게 차이가 나고 있다. 이는 기존의 메커니즘의 경우 제어 및 데이터가 모두 하나의 C-PoC로 집중되기 때문에 데이터의 손실로 인하여 지연 및 전송율 차이가 발생하게 된다. 특히, TBCP 데이터가 손실되는 경우에는 새로운 토큰을 받기 위해서는 모두 많은 시간이 기다려야 되기 때문에 이로 인한 지연이 발생하게 되고 또한 데이터 패킷의 전송 시간 지연도 발생하게 된다.

또한, C-PoC의 기능이 제안된 메커니즘에서는 여러 개의 P-PoC로 분산되기 때문에 노드수의 증가에 따라 큰 성능 차이를 보이지 않지만 기존 메커니즘의 경우 트래픽을 송신자의 수가 증가함에 따라 계속해서 지연이 증가하는 현상이 발생한다.

Ⅴ. 결 론

기존의 PoC 메커니즘의 경우 C-PoC에 제어 및 데이터 패킷이 집중화되기 때문에 이 경우 성능 저하가 불가피하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그룹 통신을 다수의 P-PoC에서 처리하게 함으로써 제어 및 데이터 패킷의 지연과 전송율을 줄일 수 있도록 C-PoC 서버의 역할을 지역성을 고려한 P-PoC에서 수행할 수 있도록 기존 프로시져의 확장 방안이 제안되었다. 이를 통하여 로드 분산 및 세션의 지연을 줄였으며 제안된 메커니즘이 기존의 방법에 비하여 높은 성능을 보임을 증명하였다.

감사의 글

이 연구는 대한민국 미래창조과학부 지원사업으로 지원되었으며, 정보통신산업진흥원(NIPA) 의관리로 진행된 고용계약형 SW석사과정 지원사업임(NIPA-2013-HB301-13-1004)

REFERENCES

[1] OMA Push-to-Talk over Cellular (PoCv2.1), *Push-to-Talk over Cellular Control Plane,* Aug. 2011.

[2] OMA Push-to-Talk over Cellular (PoCv2.1), *Push-to-Talk over Cellular User Plane,* Aug. 2011.

[3] OMA Push-to-Talk over Cellular (PoCv2.1), *PoC Multicast,* Aug. 2011.

[4] Y. S. Hong, "Disaster Relief Technology and Standard in Foreign Country," *Journal of TTA*, No. 131. pp. 44 - 50, Sep. 2010.

[5] G. S. Heo, "OMA Standardization Trends," J*ournal of TTA,* No. 98, pp. 110 - 114, 2005.

[6] D. Ma, W. Huang, Q. Sun, W. Li, C. Yin, Z. Shao, "Design and Realization of The PoC System with Short Session-Setup-Delay," in *Proceeding of International Conference on Computer Science and Service System,* pp. 1075 - 1078, Aug. 2012.

[7] D. Ma, W. Huang, W. Li, S. Chen, B. Luo, "Analyzing and

Improving Session setup Latency of Push-to-Talk over Celluar," in *Proceeding of International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing* (WiCOM), pp. 1 - 4, Sep. 2012.

[8] H. Jiang, A. K. Wong, V. W. Luk, X. Duan, J. Li, C. Ma, "Enhanced Floor Control Protocol for PoC Application in Data Packet Voice Communication," in *Proceeding of IEEE Symposium on Computers and Communications,* pp. 834 - 839, Jun. 2010.

[9] L. Lin, B. Du, S. Zhou, "The Network Model and Routing Algorithm for Scalable PoC System," in *Proceeding of International Conference on Computer Application and System Modeling,* pp. V3-407 - V3-412, Oct. 2010.

[10] T. Gebarowski, "A Hybrid Extension for IP Multicasting in Push-to-talk over Cellular Systems," *International Journal of Electronics and Telecommunications,* Vol. 58, No. 1, pp. 77 – 83, 2012.

[11] A. R. Hargrave and D. V. Solé, *Multimedia Group Communication: Push-to-Talk over Cellular, Presence and List Management Concepts and Applications,* John Wiley & Sons, Ltd., 2008.

[12] NS-2, http://www.isi.edu/nsnam/ns/

김기일(Ki-Il Kim)

2002.02: 충남대학교 이학석사
2005.02: 충남대학교 이학박사
2006.03 ~ 현재: 경상대학교 정보과학과 부교수
※관심분야 : 센서네트워크, 이동네트워크