

CCN 환경에서 실시간 모니터링에 의한 중간노드 이동성 관리 기법

고승범* · 권태욱**

Intermediate Node Mobility Management Technique by
Real-Time Monitoring in CCN Environment

Seung-Beom Ko* · Tae-Wook Kwon**

요 약

SNS와 동영상 플랫폼의 발전은 콘텐츠의 생산과 소비의 활성화를 폭발시키는 계기를 마련하였다. 하지만 Legacy system에서는 Host 기반의 위치 중심의 데이터 전송으로 인해 효율적 운용과 관리에 있어서 태생적 한계가 발생하게 되었다. 이에 대한 대안으로써 콘텐츠 중심 네트워크(CCN, Contents Centric Network)가 연구되었다. 본 논문에서는 CCN 환경에서 실시간 스트리밍 서비스 간 정보제공자와 정보요청자 사이 위치한 중간노드들이 이동 또는 사용 제한 시 정보요청자 측에서 단절 또는 전송 품질의 저하 등의 문제를 해결하고자 무선 수신 세기에 대한 모니터링을 통해 장애 발생 이전 적극적 대응을 통해 안정적 중간노드 관리 메커니즘을 제안한다.

ABSTRACT

The development of SNS and video platforms provided an opportunity to explode the activation of content production and consumption. However, in the legacy system, due to the host-based location-oriented data transmission, there are inherent limitations in efficient operation and management. As an alternative to this, a Contents Centric Network (CCN) was studied. In this paper, when intermediate nodes located between the information provider and the information requester between the real-time streaming services in the CCN environment move or restrict their use, failure through monitoring of wireless reception strength to solve problems like disconnection of transmission quality at the information consumer. We propose a stable intermediate node management mechanism through active response before occurrence.

키워드

CCN, RSSI, MultiPath
컨텐츠 중심 네트워크, 수신 신호 강도, 다중 경로

* 국방대학교 컴퓨터공학 석사과정(kosb3449@gmail.com) · Received : Jul. 05, 2022, Revised : Aug. 23, 2022, Accepted : Oct. 17, 2022
** 교신저자 : 국방대학교 컴퓨터공학과 · Corresponding Author : Seung-Beom, Ko
· 접수 일 : 2022. 07. 05 Dept. Computer Engineering Korea Defense National University
· 수정완료일 : 2022. 08. 23 Email : kosb3449@gmail.com
· 게재확정일 : 2022. 10. 17

1. 서론

네트워크는 Server-Client 방식으로 데이터를 저장한 서버에서 자료를 제공하는 중앙중심형, Host 중심의 네트워크 구조로 발전하였다. 이러한 구성이 확장되어 현재 대규모 네트워크를 이루어 사용되고 있다. 그러나 Host가 중심된 네트워크에 대한 효율성에 대하여 의문이 제기되었고 이를 해결하기 위하여 콘텐츠를 중심으로 네트워크 구성하는 CCN(: Contents Centric Network)의 연구 및 발전하였다. 이를 통하여 네트워크에 접속하는 모든 기기와 사용자들이 자신이 원하는 콘텐츠를 중심으로 저 지연 및 효과적인 데이터의 제공과 소비를 달성하고자 한다. 현재에는 모바일 기기로 한정된 이동통신 활용의 범위가 점차 스마트카, 드론, UAM, 인공위성 등으로 단말기의 형태와 성질이 변화하고 이를 지원하기 위하여 이동통신 범위가 확대될 것이다. 이러한 환경의 변화는 CCN 환경에서 이동통신 서비스를 제공하고자 할 때 많은 고려요소를 발생시킬 수 있다. 특히 라이브 커머스, 실시간 스트리밍 등으로 실시간 소통을 목적으로 하는 서비스에서는 콘텐츠를 소비하는 측에서의 경험적 품질이 매우 중요하다. CCN 이동성 연구의 주된 관심 분야는 정보를 제공하는 노드의 이동이 발생하였거나, 콘텐츠를 소비하는 노드에서 이동이 발생하였을 경우의 조치이다. 하지만 네트워크는 중단끼리 바로 연결되어 통신하는 경우는 거의 없다. 중간 위치한 무수한 노드들의 통신을 거쳐 비로소 End Device가 연결되는 것이다. 네트워크 서비스를 받는 중 단절이 발생하게 된다면 분명 Loss Packet이 발생할 것이고 서비스 측면에서 사용자 만족도는 저하될 것이다. 그리하여 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 중간 위치한 노드들에 대한 이동성을 관리하여 전체 네트워크의 Seamless 전송 대한 연구를 진행하였다. 이를 위해 사용하는 개념은 무선환경에서 수신 세기값인 RSSI와 이동통신에서 연결된 단말이 이동시 지리공간 통신의 연결을 단절 없이 제공하는 Soft Handoff 개념을 이용하여 IPC(: Immediately Prediction Connect, 즉시 예측 연결) 기법을 제안하고자 한다. 이를 통해 단절이 Data Loss에 끼치는 영향을 알아보고 CCN의 기본적인 Interest Life Time인 4초와 이를 단축한 1초 그리고 제안기법 IPC를 시뮬레이션으

로 구현하고 중간노드 이동으로 인해 발생 되는 단절에 대하여 알아보고 단절이 발생 가능 환경에서 Packet Loss를 측정하여 중간노드 이동으로 인한 단절이 네트워크에 끼치는 영향을 평가하고자 한다.

II. 관련 연구

2.1. CCN(: Contents Centric Network)

현재 네트워크를 구성하는 TCP/IP는 제공하는 데이터는 저장된 위치를 기반으로 제공하게 된다. 이와 같은 데이터의 위치 기반으로 제공되면 데이터를 제공하는 서버는 항상 요청에 대한 응답을 제공하는 역할을 가지며 이러한 부담은 만일 프로세싱의 한계를 초월할 정도의 요청이 발생한다면 정상적인 서비스를 제공하지 못하는 상황이 발생하게 이른다. 이를 극복하기 위하여 콘텐츠 중심 네트워크인 CCN이 연구되었다.[1] 그림 1과 같은 형태로 TCP/IP와 CCN 구조의 차이점을 볼 수 있다.

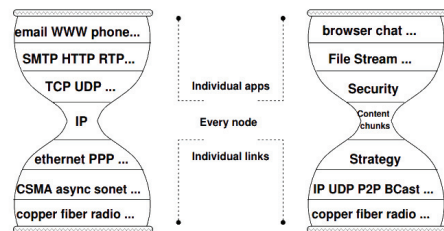


그림 1. TCP/IP와 CCN의 비교
Fig. 1 Comparison of TCP/IP and CCN

위 구조에서 볼 수 있듯이 CCN의 가장 큰 차이점은 모든 노드에 Contents Chunks 단위로 데이터가 유통된다는 점인데 기존에서는 모든 노드가 IP를 기반으로 통신이 되었다면 CCN은 Contents Chunks 단위의 데이터를 유통하여 통신한다. CCN은 CS(: Content Store), PIT(: Pending Interest Table), FIB(: Forwarding Information Base)로 구성되어 있다[2]. CS는 수신된 Contents를 cache 교체 정책에 따라서 저장 관리한다. PIT는 Interest Packet을 통해 수신된 정보를 기반으로 이전 요청 여부를 관리한다. FIB는 정보제공자가 위치한 방향의 FaceID 정보를

기록 관리하여 Contents의 DownStream시 연결되는 Interface를 관리한다. CCN에서 사용되는 Packet은 두 가지로 데이터를 요청하는 Interest Packet과 콘텐츠 정보를 가지는 Data Packet으로 구성되어 있다.[3] Packet은 요청과 서비스 제공이라는 측면에서 Upstream과 Downstream 과정으로 구분되어 활용된다. CCN 메커니즘은 Consumer의 요청 data인 Interest Packet의 전송으로부터 시작된다. Interest Packet은 연결된 CCN engine으로 이동하여 첫 번째로 CS에 해당 Contents가 있는지 확인한다. 만약 Contents가 저장되었을 경우 해당 data를 요청자에게 전송한다. 저장되지 않았을 경우 PIT에 해당 Contents를 요청한 Interest Packet이 있었는지 확인하고 재수신 여부를 판단한다. 재수신일 경우 이미 요청된 기록이 있으므로 Interest Packet을 폐기하고 처음 수신되면 PIT에 수신 여부를 추가하고 FIB로 이동한다. FIB에 FaceID 정보를 기록하여 추후 Contents가 수신 시 해당 Face로 전송한다. 이러한 과정을 반복하여 데이터를 요청하고 이러한 요청이 정보제공자까지 도달할 경우 Downstream을 실시한다. 정보제공자로부터 받은 Data Packet은 FIB를 통해 요청에 따른 FaceID를 확인하고 CCN 엔진으로 수신 PIT를 통해 해당 Contents의 요청 기록을 확인하고 요청된 이력을 통해 해당 Data Packet을 수신 여부를 판단하고 수신된 Contents는 CS에 저장/관리 및 Consumer에게로 전송한다. 이러한 메커니즘을 통해 Contents를 기준으로 데이터의 송수신을 이루며 그림 2를 통해 메커니즘을 이해할 수 있다.

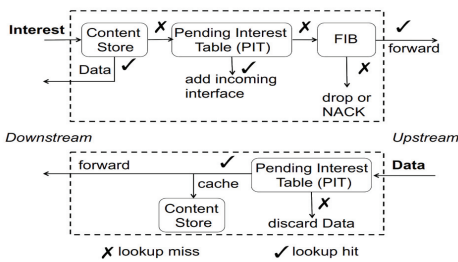


그림 2. CCN 메커니즘
Fig. 2 CCN mechanism

2.2 중간노드 이동성 관리 연구

앞으로의 제공될 네트워크 서비스를 충족시키기 위

해서는 기존 고정된 Infra에 의존하는 통신으로는 다 변화되는 통신요구 조건을 만족하기 어렵다[4]. 하지만 주요 연구되는 대상은 정보제공자와 정보요청자에 대한 이동성을 연구하고 보완방안을 강구 하였고 인 프라를 구성하는 노드 중에서 중간 위치한 노드들의 이동성 연구는 부족한 상황이다[5]. 하지만 이동성이 증시되는 네트워크 서비스의 발전에 따라 중간노드 이동성 관련 연구는 앞으로 증가할 것이다[6]. 첫 번째 연구로는 INMS(: Intermediate-Node Mobility Support)로 중간노드가 이동할 경우 발생 되는 요청 패킷의 전송경로와 요청 패킷의 역방향 경로 단절로 인한 데이터 손실을 방지하고자 이동하는 중간노드가 네트워크를 떠나기 이전에 자신과 연결된 노드에 LDA(: Link Disconnection Advertisement)메시지를 전송하여 주변 노드들이 전송경로에 대한 재설정 필요성을 인지시키는 기법이다. 이러한 과정을 통해 이동할 노드와 연결된 노드들은 이동 노드의 이동을 인지하고 새로운 경로를 연결하기 때문에 상대적으로 빠른 재설정을 이루게 된다[7]. 두 번째는 MD-INS(: Mobility Detection Intermediate Node Supporting)으로 중간노드의 속도를 모니터링 통해 측정된 속도를 기반으로 이동성을 판단, 중간노드가 이동할 경우 이동하는 노드 인접 노드에 대해 이동 노드를 우회하는 경로를 추가하고 해당 경로를 통해 통신을 진행한다 [8]. 세 번째는 DP-INS(: Dual Path-Intermediate Node Supporting)으로 CCN 아키텍처를 구성할 때 이중 경로를 이용 통해 주/예비경로를 설정하고 이동 노드의 상위 노드 인접 경로에 속한 중간노드가 이동할 노드의 역할을 대신할 예비 노드의 역할을 하는 것이다 [9]. 위 세 가지 연구를 통해 중간노드 이동성에 대한 이해를 바탕으로 새로운 아이디어를 제안하고자 한다.

III. 실시간 중간 노드 이동성 관리

중간노드의 이동성 관리를 위해서 연결경로의 통신 상태 확인을 위한 RSSI 모니터링과 Seamless 연결을 위한 Soft Handoff 두 가지 개념을 활용하고자 한다. RSSI는 연결된 노드들과 무선 연결을 확인하기 위한 임계치로 활용하여 일정 수준 이하 경우 예비경로로 변경하며 변경 시에는 이전 연결을 바로 끊고 연결하

여 단절을 유발하는 방식이 아닌 Make before Break 개념으로 예비경로의 연결과정에서 이전 경로와의 연결은 유지하고 새로운 경로의 연결이 완료된 후 이전 경로를 단절하는 Soft Handoff 방식을 이용하고자 한다. 첫 번째 활용 개념은 CCN 노드들의 연결경로 상태 확인을 위해 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용한다. RSSI는 잡음이 포함된 무선 수신 신호 세기로써 무선환경에서 연결되는 네트워크의 안테나 등에서 방사되는 송신 신호에 대한 전력을 측정된 값이다. 이를 통해서 최대 0dBm부터 ~ -100dBm 까지 신호 세기를 나타낸다. RSSI 수치가 높을수록 좋은 네트워크 품질을 보장한다. 무선 통신 환경은 송신기와 수신기 사이 주파수의 방사를 통한 무선통신환경에서 이루어지기 때문에 수많은 방해 요인이 발생할 수 있으며 같은 세기 전파를 방사하더라도 noise로 인한 다른 수신 세기를 보이게 된다. 이러한 차등 수신 세기는 전송하고자 하는 Packet의 Loss를 유발하기 때문에 일정 수준 이상의 RSSI를 유지해야 안정적인 데이터 송수신을 보장할 수 있다. 그림 3은 해당 실험에 대한결과이다. 수신 세기가 -75dBm 이하일 경우 Packet Loss가 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다[10]. 위 실험을 기반으로 RSSI의 기준을 -75dBm으로 선정하였으며 시뮬레이션 실험에도 위와 같은 사항을 반영 작성하였다.

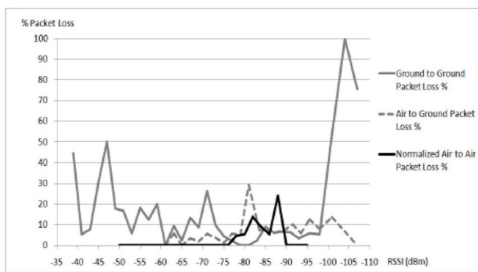


그림 3. 수신세기 대비 패킷 손실률
Fig. 3 Packet loss percentage VS RSSI

두 번째 개념인 Soft Handoff는 이동성을 가지는 통신 환경에서 주로 활용되는 연결과 연결해제 방식이다. Mobile Device와 Base Station 사이의 연결을 통해 통신 서비스를 제공하는 이동통신의 경우 사용장비의 휴대성으로 인하여 발생 되는 이동성으로 인해 고정 인프라를 이용하는 통신과는 다른 문제에 초

점을 가지고 있다. 특히 음성통신 서비스 간 기지국을 탐색하고 연결하는 동안의 단절이 발생 및 지연될 경우 사용자가 느끼는 사용품질은 매우 낮아질 것이다. 이를 해결하기 위하여 Soft Handoff 방식이 연구되었으며 새로운 기지국과의 연결을 위해 기존 연결을 먼저 끊는 것이 아니고 기존 연결을 유지한 채로 새로운 기지국과 연결, 연결이 완료되면 그때 기존 연결을 종료하는 매커니즘을 실시한다[11]. 이러한 요소를 활용하여 중간노드 이동성 관리 기법을 제안하고자 한다. 앞서 살펴본 중간노드 관리의 중요성과 기술적 이점을 바탕으로 제안하고자 하는 중간노드 이동성 관리 기법은 IPC(Immediately Prediction Connect)으로 중간노드에 대해 RSSI 정도를 모니터링 통해 임계치를 초과하는 수신 세기 발생 시 예비로 설정된 경로로 변경하여 연결을 유지하며 이전 경로는 바로 단절하지 않고 예비경로로 변경이 완전하게 이루고 끊김 없는 연결을 보장하여 이상이 없을 때 이전 연결 단절 후 경로의 주/예비를 변경하게 된다. 이를 바탕으로 Seamless한 통신 품질을 제공하고자 한다. 그림 4는 제안기법을 알고리즘으로 표현한 것이다.

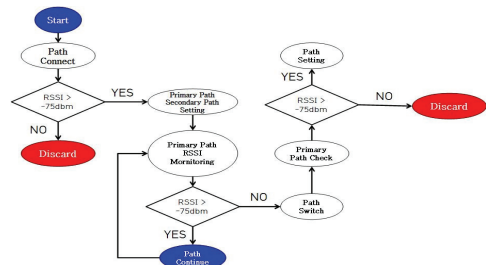


그림 4 IPC 알고리즘
Fig. 4 IPC Algorithm

이를 구현하는 토폴로지는 정보요청자와 정보제공자 그리고 이 둘을 연결하는 중간노드 2개로 구성하였다. 정보요청자가 Interest Packet을 전송하고 이를 RSSI 기준으로 노드 B를 전달과정 통해 정보제공자까지 도달하여 해당 경로의 역순으로 Data Packet이 전송된다. 설정은 그림 5과 같다.

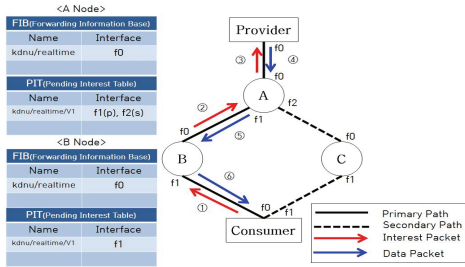


그림 5. CCN 경로 설정
Fig. 5 CCN Path Setting

이러한 과정을 통해서 정상적인 실시간 서비스가 이루어지는 과정에서 중간노드의 이동 발생 시 RSSI 값의 임계치인 -75dBm을 초과시 이동 또는 정상적인 송수신이 제한됨을 판단, 미리 설정한 예비경로 변경을 통해 단절이 발생하기 이전에 경로 관리를 통하여 중간노드 이동 시에도 연결성을 보장한다. 그림 6은 위 과정을 설명한다.

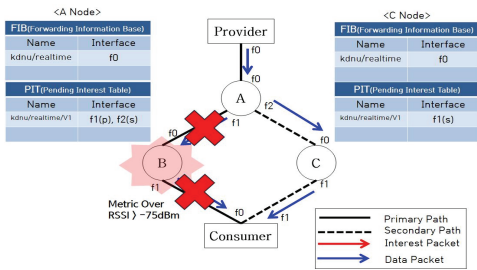


그림 6. CCN 중간노드 이동성 발생 및 절체 관리
Fig. 6 CCN intermediate node mobility occurrence and switchover management

IV. 실험 및 결과 분석

3.1 실험 환경 및 실험

본 논문에서는 실험을 위하여 ndnSIM 2.9를 활용하였다. ndnSIM은 네트워크 시뮬레이션인 ns-3를 기반으로 CCN 메커니즘을 구현하여 CCN 연구에 활용 중인 시뮬레이터이다. CCN 연구에 많이 활용되며 그만큼 신뢰를 가지는 시뮬레이터이다. 실험 환경은 정보제공자, 정보요청자, 2개의 Path를 가지는 노드, 중간노드 2개 총 5개의 노드로 구성하였으며 노드 연결은 무선환경으로 802.11a 프로토콜, 속도는 10Mbps,

PayloadSize는 512kbyte로 구성하였으며 서비스 시간은 60s로 서비스 사이 단절이 발생하였을 경우 발생하는 Packet Loss를 측정하였다. 실험의 대조군은 기존 CCN으로 단절 복구 기준인 Interest Lifetime 4s를 기준으로 하였으며 단절시간의 영향을 확인하기 위해 1s 모델을 추가하여 두가지를 대조군으로 선정하였다. 본 실험에서 제안기법은 단절이 발생하기 전에 경로 변경을 통해 통신을 유지하기 때문에 그림 9 같이 전송된 패킷을 모두 수신하여 Loss가 없지만 그림 7과 8을 분석하면 CCN(4s)와 CCN(1s)는 통신이 진행되는 동안에 발생한 단절이 증가할수록 손실 패킷이 증가하는 모습을 보였고 특히 CCN(4s) 모델은 단절이 8회 발생하였을 경우 수신된 패킷보다 손실된 패킷이 더 많은 모습을 보였다. 이러한 실험결과를 보아 단절이 발생하면 새로운 전송경로로 전송하기 위한 인지, 판단, 제어의 과정에서 Packet의 Loss가 반드시 발생함을 판단할수 있다. Packet Loss가 발생하게 되면 실시간 환경에서 서비스를 받는 사용자 입장에서는 동화상의 연속성의 손상 또는 품질의 저하를 유발할 수 있기 때문에 단절이 발생한이후 생성된 데이터의 전달을 위한 Interest Lifetime의 조치보다는 이러한 단절이 발생하기 이전의 조치를 통한 연속성 보장이 더 필요한 것으로 분석된다.

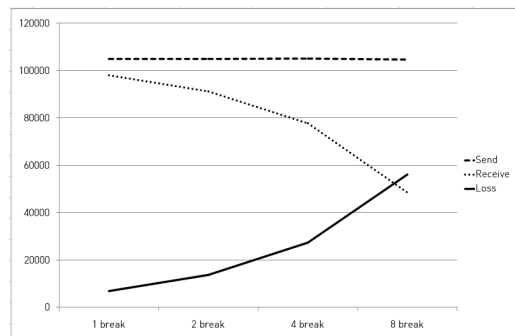


그림 7. CCN 요청 패킷 점검 시간 4초
Fig. 7 CCN Interest LifeTime 4s

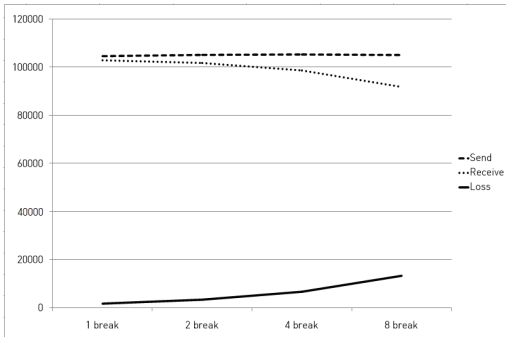


그림 8 CCN 요청 패킷 점검 시간 1초
Fig. 8 CCN Interest LifeTime 1s

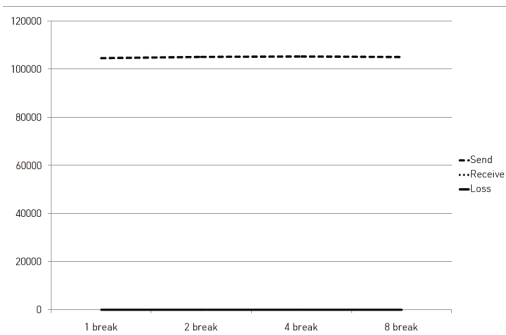


그림 9. 제안기법
Fig. 9 IPC(Immediately Prediction Connect)

V. 결 론

실시간 환경에서 Seamless 통신을 지원하기는 쉬운 문제가 아니다. 기존 연구의 중심은 정보의 제공 및 요청이다. 하지만 네트워크는 모든 연결이 유기적으로 작용하므로 중간 위치한 노드의 가용성에 대한 관리가 필요하다. 중간노드가 이동하는 상황에 선제적 대응을 통해 연결의 Seamless를 제공한다면 사용자는 더욱 만족 된 서비스가 제공될 것이다. 하지만 이러한 모니터링은 각 노드에 추가적인 임무를 주게 될 수 있다. 특히 이동성을 가진다고 하면 보통 드론이나 스마트카처럼 지속적 전원을 공급받기 어려워 배터리를 활용하는데 이에 추가적인 연산으로 인해 배터리 소모 문제가 발생할 것이다. 최소한의 연산을 통해 관리 기능을 달성할 수 있는 추가 연구가 필요할 것이다.

References

- [1] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard, "Networking named content," In Proceedings of the 5th international conference 2009, NY, United States, Dec. 2009 pp. 1-12
- [2] Z. Zhang, Y. Yu, H. Zhang, E. Newberry, S. Mastorakis, Y. Li, A. Afanasyev, and L. Zhang, "An Overview of Security Support in Named Data Networking," in IEEE Communications Magazine, vol. 56, no. 11, Nov. 2018, pp. 62-68.
- [3] CHOI, Jong-Hyun; KWON, Tea-Wook. A LFU based on Real-time Producer Popularity in Concent Centric Networks. The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences, 2021, 16.6: 1113-1120.
- [4] D. Kim, J. Kim, Y. Kim, H. Yoon, and I. Yeom, "Mobility Support in Content Centric Networks," Proceedings of the ACM SIGCOMM Workshop, NY, Unitedstates, 2012, pp. 13-17.
- [5] Z. Zhou, X. Tan, H. Li, Z. Zhao, and D. Ma, "MobiNDN: A mobility support architecture for NDN," Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference, Nanging China, 2014, pp. 5515-5520.
- [6] X. Jiang, J. Bi, and Y. Wang, "What benefits does NDN have in supporting mobility," 2014 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), funchal portugal, 2014, pp. 1-6.
- [7] E. Lee and T. Kwon, "Supporting Intermediate-node Mobility in CCN Real-time Service," Journal of Korea Multimedia Society, vol. 20, no. 9, Sep. 2017, pp. 1527-1540.
- [8] K. Sung and T. Kwon, "Supporting Intermediate-node Mobility in CCN Real-time Service according to Mobility Detection," Journal of Korea Multimedia Society, vol. 22, no. 12, Dec. 2019, pp. 1438-1446.
- [9] K. Keum and T. Kwon, "A Study on the Support of Intermediate Node Mobility by Double Paths in CCN Real-Time Services,"

Journal of the The Journal of the Korea
institute of electronic communication sciences
vol. 16, no. 5, Oct. 2021, pp. 825~834.

- [10] J. Allred, A. B. Hasan, and S. Panichsakul,
“SensorFlock: an airborne wireless sensor
network of micro-air vehicles,” SenSys07: The
5th ACM Conference on Embedded Network
Sensor Systems, Sydney, Australia, Nov. 2007
- [11] B. Hari, S. Srinivasan, Randy H. Katz
“Improving reliable transport and handoff
performance in cellular wireless networks.”
ACM Mobile Computing and Networking
Conference, Berkeley, United States, Nov 1995

저자 소개



고승범(Seung-Beom Ko)

2014년 육군3사관학교 운영분석학과 졸업(공학사)
2022년 국방대학교 대학원
컴퓨터공학과

※ 관심분야 : Next Generation Networking,
Content Centric Networking



권태욱(Tae-Wook Kwon)

1986년 육군사관학교 전자공학과
졸업(공학사)
1995년 미 해군대학원 컴퓨터공학과
졸업(공학석사)

2001년 연세대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업
(공학박사)

2007년 ~ 현재 국방대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : Next Generation Networking, CCN,
U-Sensor Networking, VR, SDN, NFV

