

근해 영역과 항구 사이의 Seamless 핸드오버에 관한 연구

하 상 혁*, 민 상 원°, 박 선*, 이 성 로**

A Study of a Seamless Handover between Near-Shore Area and a Harbor

Sang Hyuk Ha*, Sang Won Min°, Sun Park*, Seong Ro Lee**

요 약

본 논문에서는 멀티 네트워크 인터페이스를 지원하는 해양 통신망의 information server에서 QoS 정보를 수집 및 저장하고 근해 영역을 운항하는 선박이 항구로 입항하는 상황에서 선박 내의 이동 단말이 핸드오버를 수행할 때 predictive QoS 파라미터 정보를 이용하여 트래픽 경로 선택 기법을 제안하였다. 네트워크 상태와 응용서비스 대역폭 조건에 따라 기존 방안과 제안한 방안의 수신 패킷 량을 비교하고 end-to-end 지연시간에 대한 관점에서 성능을 측정하였다.

Key Words : Offloading, EPC network, Traffic route selection, QoS measurement, Information Server

ABSTRACT

In this paper, we propose a QoS information collection method at the information server in maritime networks with multi-network interfaces, and a route selection scheme based of the measured predictive QoS information comparing with parameters requested from a mobile node in a ship entering into a harbor from near-shore area. By changing network conditions and applying various application bandwidths, we check the operation of our proposed scheme and measure its performance of the original and proposed schemes in the viewpoints of the received packet traffic and end-to-end delays.

I. 서 론

최근 스마트폰이나 태블릿 PC와 같은 모바일 디바이스 근 스마트폰이나 태블릿 PC와 같은 모바일 디바이스의 발전으로 VoLTE (voice over LTE), 영상 통화 등의 IP (internet protocol) 기반 서비스 이용이 크게 증가하고 있다. 차세대 이동통신망은 QoS (quality of

server), 비용 전력소비가 제각기 다른 LTE (long term evolution), WLAN (wireless local area network), HSDPA (high speed downlink packet access) 등의 다양한 액세스 네트워크 인터페이스가 공존하는 형태를 가지게 되어 사용자의 선호도나 주변 환경에 따라 네트워크를 선택하여 접속하게 된다 [1].

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2009-0093828)

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2012R1A1A2007155)

• 주저자 : 광운대학교 전자통신공학과, 통신프로토콜공학 연구실, sanghyuk@kw.ac.kr, 학생회원

° 교신저자 : 광운대학교 전자통신공학과, 통신프로토콜공학 연구실, min@kw.ac.kr, 정회원

* 목포대학교 정보산업연구소, sunpark@mokpo.ac.kr, 정회원

** 목포대학교 정보전자공학과, srlee@mokpo.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2013-01-039, 접수일자 : 2013년 1월 14일, 최종논문접수일자 : 2013년 3월 8일

다양한 액세스 네트워크들이 공존하는 차세대 해양 통신망 환경에서의 이슈는 이동성 관리이며, 그 동안 3GPP (Third Generation Partnership Project)에서는 3GPP 계열의 액세스 네트워크와 non-3GPP 계열의 액세스 네트워크의 이기종간 연동을 위한 표준화 작업을 진행해오고 있다²⁾. 이기종간 연동을 위해 핸드오버 정책 정의, 네트워크 선택 절차, 핸드오버 수행 절차, 네트워크 검색 절차 등을 정의하고 있다.

그러나 위와 같은 연구는 지상에서 통신환경만을 고려하고 있으며, 해양 네트워크 환경에서 적용하는 방안에 대한 연구는 부족하다. 또한 이기종 네트워크 핸드오버 기술을 실제 해양 네트워크에 적용하여도 핸드오버 수행 시 적절하지 않은 네트워크를 선택하게 된다면 핸드오버 성능 향상과 관계없이 사용자에게 원활한 QoS를 제공하지 못할 수 있다.

본 논문에서는 해양 네트워크 환경에서 선박이 항구로 입항하는 과정에서 선박 내의 UE (user equipment)가 받는 RSS (received signal strength) 값이 미리 정의된 RSS threshold 값보다 낮은 값을 갖게 되면 네트워크 선택 알고리즘 이벤트가 발생하도록 하였으며, 이벤트가 발생되면 트래픽에 대한 경로를 설정하는 절차를 수행한다.

본 논문의 2장에서는 QoS에 대한 소개와 3GPP와 non-3GPP 액세스 네트워크 간의 연동에 대하여 설명하고, 3장에서는 제안하는 predictive QoS 정보를 활용한 트래픽 경로 선택 기법에 대하여 설명한다. 4장에서는 네트워크 시뮬레이션 수행을 통해 제안하는 네트워크 인터페이스 선택 기법의 성능 우수성을 증명하였으며, 마지막 5장에서는 결론을 도출한다.

II. QoS와 3GPP, Non-3GPP 액세스 네트워크의 연동

최근 VoIP, 영상통화와 같은 QoS 보장을 필요로 하는 실시간 응용서비스들이 활성화됨에 따라 QoS 성능 개선에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. QoS란 네트워크 내의 지연시간, 패킷손실률 등에 따라 통신 서비스 품질을 규정하는 것을 말한다. 트래픽의 QoS 특성을 나타내는데 사용하는 파라미터들 QoS 파라미터라고 하며, 대표적인 QoS 파라미터는 대역폭, 지연시간, 지터, 패킷손실률 등이 있다³⁾.

IP 망의 QoS 성능을 측정하는 방법으로 가장 널리 사용되는 방법은 PING (packet internet grouper)에 의해 기반을 둔 방법이다. PING에 의한 망 성능 측정 은 RTT (round trip time) 및 양방향 패킷 손실률 기

본으로 한다. RTT를 계산하는 방법은 echo request 패킷을 보낸 시간을 저장하고 그에 대한 echo reply 패킷을 수신한 시간을 계산하여 차이를 구하는 것이다. 지터의 경우에는 RTT의 확률 분포에 의해 얻어질 수 있다. PING을 사용함으로써 사용자는 망의 동작 시험이 가능하며 총 송수신 패킷 개수와 RTT의 최대, 최소, 평균, 그리고 표준편차 값을 측정할 수 있다. 또한 UE가 게이트웨이를 통해 RTP (real-time transfer protocol) 정보를 IP 망을 지나 스위치로 흘려보내면 CN (correspondent node)으로 들어가는 트래픽의 패킷 캡처를 통해 패킷손실률 및 지터 등의 QoS 성능을 측정할 수 있다.

그림 1은 3GPP TS 23.402에서 정의하는 EPS (evolved packet system)와 non-3GPP 액세스 네트워크의 연동 구조를 나타낸다. Non-3GPP 네트워크는 망의 신뢰성 여부에 따라 trusted와 untrusted 네트워크로 구분된다. Trusted non-3GPP 액세스 네트워크인 경우는 P-GW (PDN gateway)와 S2a 인터페이스로 직접 연결되며, untrusted non-3GPP 액세스 네트워크인 경우에는 ePDG (evolved packet data gateway)를 거쳐 연결되도록 구성되어 있다. ePDG의 역할은 보안상 문제가 있는 untrust 액세스 네트워크를 trust하게 만들고자, UE와 ePDG간에 인증을 하고 터널을 생성하는 것이다. 그리고 이를 통해 trust하게 된 UE는 ePDG를 거쳐 EPC (evolved packet core)로 연결시켜 준다⁴⁾.

본 논문에서 제안하는 해양 네트워크 환경에서는 넓은 서비스 커버리지를 갖는 3GPP 액세스 네트워크의 LTE를 예로 들고 있으며, non-3GPP 액세스 네트워크의 경우는 육지에서 서비스를 제공한다.

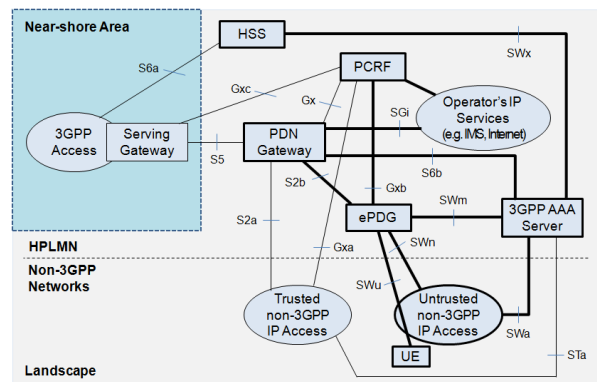


그림 1. EPS와 non-3GPP 액세스 네트워크 연동 구조
Fig. 1. Interworking architecture between the EPS and non-3GPP access networks

III. 해양 네트워크 환경에서 predictive QoS 정보를 이용한 트래픽 경로 선택 기법

3.1. 해양 네트워크 환경에서 오프로딩의 문제점

다양한 액세스 네트워크가 중첩된 multi-radio service를 지원하는 해양 네트워크 환경에서는 오프로딩 수행 시 적합하지 않는 네트워크 선택으로 인해 사용자가 QoS를 보장받지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 오프로딩 하는 네트워크의 RSS는 양호하지만 네트워크 과부하, 인터넷 끊김 문제 등으로 지연시간이 증가하여 제대로 서비스를 제공받을 수 없게 된다⁵⁾.

현재 해양 네트워크에서 가장 많이 사용되고 있는 LTE와 WLAN 사이에서의 핸드오버 시나리오를 구상하였다. 선박에서는 서비스 커버리지가 넓은 LTE를 사용하게 되고, 선박이 육지로 정박하게 되면 이동 단말은 WLAN 네트워크로 오프로딩 한다. 그러나 이 시나리오의 문제점은 핸드오버를 수행한 후에 사용자가 받고 있는 서비스 품질이 떨어질 수도 있다는 것이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 이기종 네트워크를 지원하는 해양 네트워크 환경에서 가장 적합한 네트워크 인터페이스를 결정하여 트래픽 경로를 선택하는 기법에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 해양 네트워크의 information server에서 QoS 파라미터 정보를 수집 및 저장하고 이동 단말이 핸드오버를 수행할 때 예측된 QoS 파라미터 정보를 이용하여 오프로딩 시 트래픽 경로를 결정하는 방안을 제안하였다.

3.2. 트래픽 경로 선택 기법 제안

본 논문에서 제안하는 트래픽 경로 선택 기법은 QoS 정보를 수집한 결과를 기반으로 이루어지며, 해양 네트워크 환경에서 핸드오버 시나리오를 그림 2와 같이 나타내었다. 그림 2의 네트워크 환경에서 코어 망은 기존 EPC 망과 동일하며, 서비스 커버리지가 넓은 LTE는 해양과 육지에서 모두 통신이 가능하고, 서비스 커버리가 좁은 WLAN은 육지 일부에서만 통신이 가능하다. 제안한 기법을 위하여 핸드오버 수행 시 사전에 주변 네트워크에 대한 정보를 제공해주는 information server를 새롭게 정의하였다.

Information server는 오프로딩을 수행하기 위한 필수사항은 아니지만, 본 논문에서 제안하는 트래픽 경로 선택 기법에서는 predictive QoS 정보를 제공

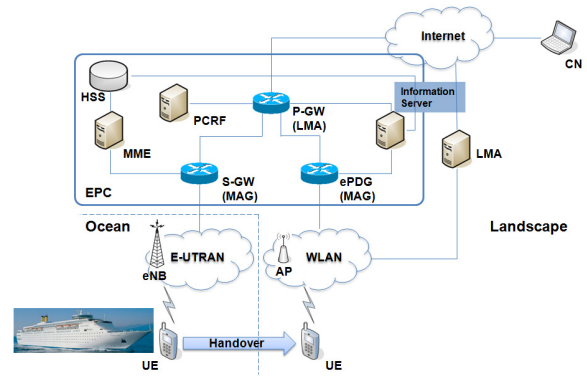


그림 2. 해양 네트워크에서 트래픽 경로 선택 시나리오
Fig. 2. Proposed scenario of the route selection to traffic in the maritime network

해주기 위해 반드시 필요한 entity이다. Information server는 주변 네트워크의 정보들을 관리하는 서버로써, 표 1과 같이 서버 내부 DB에 일정 지역 내의 네트워크 정보 리스트를 저장하고 단말이 오프로딩 할 때에는 이 정보를 제공해주는 역할을 수행한다.

제안한 네트워크 인터페이스 선택 기법에서 이동 단말을 오프로딩을 수행하게 될 네트워크에서 측정된 QoS 정보가 필요하다. 이동 단말이 사전에 이 정보를 받게 되면 오프로딩을 수행할 네트워크의 상태를 어느 정도 예측이 가능하기 때문이다.

3.3. Predictive QoS 정보를 이용한 오프로딩

해양 네트워크 환경에서 오프로딩은 information server로부터 주변 네트워크에 대한 정보 수신, 주변 네트워크에 대한 자원 검사, 선택된 네트워크로부터 자원 준비 요청, PMIPv6 (proxy mobile IPv6) 핸드오버 수행, 자원 할당 해제 순으로 절차가 이루어진다. 그림 3에서 본 논문에서 제안한 트래픽 경로 선택 기법을 적용한 오프로딩 순서도를 도식화하였다. 이동 단말이 핸드오버 이벤트가 발생하면 information server로부터 주변 네트워크에 대

표 1. Information server의 주변 네트워크 정보
Table 1. Neighbor networks information list of information server

List No.	Value
1	AP1's Information table
2	AP2's Information table
3	AP3's Information table
4	eNode B1's Information table
⋮	⋮

한 정보를 요청하게 된다. 이 때 이동 단말은

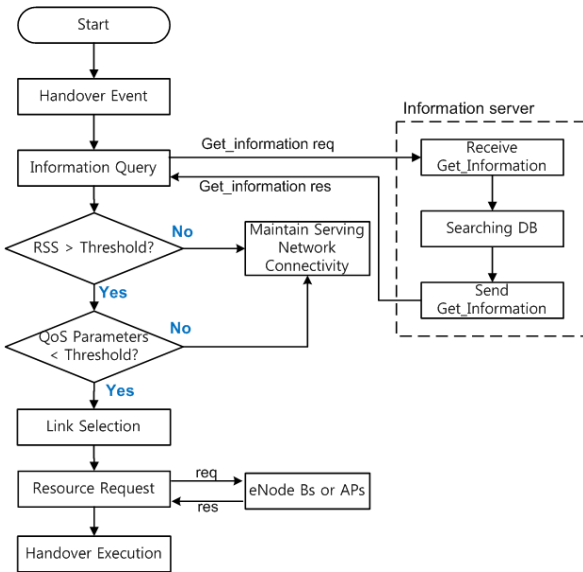


그림 3. 오프로딩 순서도
Fig. 3. Offloading flowchart

Get_Information_Request 메시지를 통해 정보를 요청한다.

Get_Information_Request 메시지의 포맷은 표 2와 같다. Get_Information_Request 메시지는 source ID 필드와 destination ID 필드를 포함하며, InfoQueryDataList 필드에 serving network ID, 서비스 타입, QoS 타입 등의 정보들을 TLV (Type, Length of value, Value) 포맷으로 전송한다. TLV는 MIH 프로토콜 페이로드의 저장 형태이며, type, length of value, value의 필드로 구성된다. 이 메시지를 받은 information server는 Get_Information_Response 메시지를 통해 내부 DB로부터 주변 네트워크 리스트 정보와 주변 네트워크들의 QoS 파라미터, QoS 타입 등의 정보들을 포함하여 응답한다.

이동 단말은 수신 받은 네트워크 정보들을 통해 핸드오버를 수행할 네트워크에 대한 검사 절차를 수행한다. 먼저 RSS 신호의 세기를 체크하고, information server로부터 전송받은 predictive QoS 정보를 기준으로 오프로딩 여부를 결정한다. 이동 단말 혹은 서비스 제공자가 정한 threshold 값과

표 2. Get_Information_Request 메시지 필드
Table 2. Fields of Get_Information_Request messages

Field	Description
Source ID	ID of Receiver MIHF
Destination ID	ID of Receiver MIHF
InfoQueryDataList	Request Information List about TLV

predictive QoS 정보를 비교하여 오프로딩을 수행할 네트워크의 QoS 성능이 좋으면 오프로딩을 수행하고 반대의 경우에는 기존 네트워크의 트래픽 경로를 유지한다.

IV. 성능 검증

4.1. 네트워크 모델

본 논문에서 제안한 방안에 대한 시뮬레이션 네트워크 시나리오는 그림 4와 같이 구성하였다. 이동 단말이 해양 선박에서 LTE 네트워크를 사용 중에 선박이 육지로 정박하게 되면 WLAN 네트워크로 이동하여 핸드오버를 수행하는 시나리오이다. LTE 액세스 네트워크는 업링크/다운링크 구분 없이 500Mbps의 대역폭과 20ms의 지연시간을 가지며, WLAN 액세스 네트워크는 54Mbps의 대역폭과 15ms의 지연시간으로 설정하였다.

Information server에서 관리하고 있는 AP의 information table에는 UDP 타입에 end-to-end 지연 시간이 200ms, 패킷 손실률이 25%의 값이 저장되어 있다. 핸드오버 이벤트가 발생하게 되면 이동 단말은 information server에게 정보 요청 및 응답 메시지를 받아 오프로딩 여부를 결정하게 된다.

Information server에서 관리하고 있는 AP의 information table에는 UDP 타입에 end-to-end 지연 시간이 200ms, 패킷 손실률이 25%의 값이 저장되어 있다. 핸드오버 이벤트가 발생하게 되면 UE는 information server에게 정보 요청 및 응답 메시지를 받아 오프로딩 할 트래픽 경로를 결정하게 된다.

시뮬레이션의 파라미터 설정 값은 표 3에서 나타내었다. 시뮬레이션은 총 200초 동안 수행하였으며 UE는 3m/s의 속도로 이동한다. UE가 핸드오버 수행을 결정하기 위해 QoS 정보에 대한 threshold 값도 정의하였다. UE가 information server로부터 받은 end-to-end 지연 시간 정보가 150ms 보다 값이

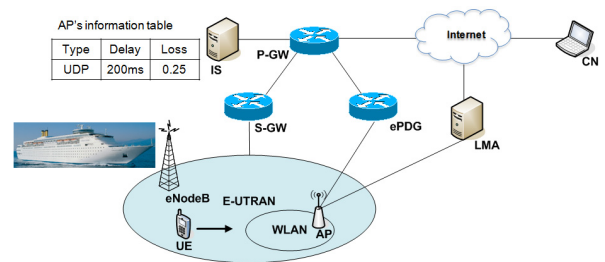


그림 4. 시뮬레이션을 위한 네트워크 토폴로지
Fig. 4. Network simulation topology

표 3. 시뮬레이션 파라미터
Table 3. Simulation parameters

Parameter	Description
Simulation Time	200s
UE Speed	3m/s
Application	UDP
Dthreshold	150ms
Lthreshold	10%

낮을 경우에만 핸드오버를 수행하게 되며, 그렇지 않으면 현재 서비스 중인 네트워크와 연결을 유지하게 된다. 패킷 손실률은 10% 보다 낮은 값일 때만 핸드오버를 수행하게 되고, 반대일 경우에는 현재 서비스 중인 네트워크와 연결을 유지한다. 이 두 파라미터 중에서 하나라도 만족하지 않는다면 UE는 핸드오버를 수행하지 않는다. 성능 검증은 기존의 RSS 값을 기준으로 핸드오버 수행하는 방식과 본 논문에서 제안한 네트워크 인터페이스 선택 기법을 적용한 핸드오버 방식의 QoS 성능을 비교하였다.

4.2. 시뮬레이션 분석

기존의 방식과 본 논문에서 제안한 방식의 end-to-end 지연 시간과 패킷 손실률을 비교 분석하였다. 기존 방식은 UE가 핸드오버를 수행할 때 주변 네트워크에 대한 QoS 성능을 고려하지 않고 RSS 값만 검사하여 핸드오버 하는 방식이기 때문에 구성한 시나리오에서는 LTE에서 WLAN 네트워크로 핸드오버하게 된다. 그러나 본 논문에서 제안한 방식은 UE가 information server로부터 200ms의 end-to-end 지연 시간과 25%의 패킷 손실률 정보를 받아 핸드오버를 수행 여부를 결정하게 된다. 이 때 UE는 150ms의 지연 시간과 10%의 패킷 손실률의 threshold 기준으로 핸드오버 수행 여부를 결정한다. 따라서 UE는 핸드오버를 수행하지 않고 LTE 네트워크와의 연결을 유지함으로써 QoS 성능을 저하시키지 않고 유지할 수 있다.

그림 5에서 본 논문에서 제안한 방안과 기존 방식과의 평균 end-to-end 패킷 전달 지연시간을 비교한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 두 방안에 대한 핸드오버 시점은 20초에서 발생하는 것으로 설정하였으며, 핸드오버 이전 시점인 LTE 네트워크를 통한 데이터 통신에 대한 end-to-end 지연시간은 18ms에서 38ms로 유지되었다. 반면 핸드오버 지연 시간은 트래픽 경로에 대한 QoS 측정으로 인하여 제안한 방안이 기존의 방안보다 약 3.3초의 성능이 저하되었다. UE가 information server로부터 QoS

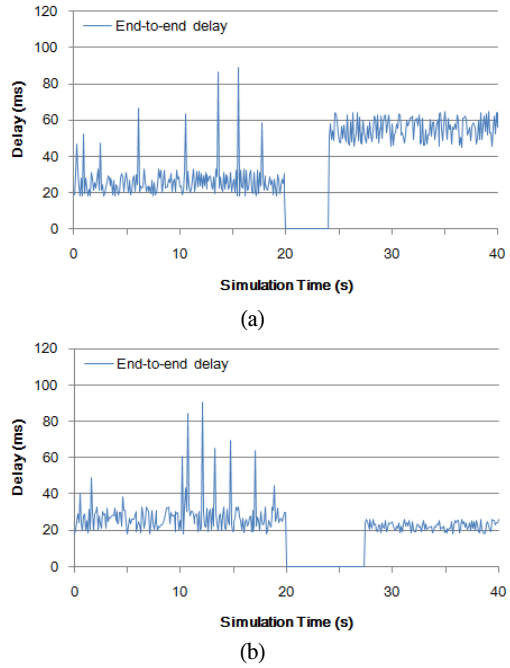


그림 5. End-to-end 패킷 전달 지연시간 (a) 기존 방안 (b) 제안한 방안
Fig. 5. End-to-end delay of the packet delay (a) original scheme (b) proposed scheme

정보를 수신하는 과정에서 핸드오버 지연이 발생하였으며, 차후 이에 대한 성능저하에 대한 연구가 필요하다.

핸드오버 완료 후 WLAN 액세스를 통한 통신의 end-to-end 지연시간은 제안한 방안이 기존 방안보다 성능이 우수함을 확인하였다. 기존 방안에서는 네트워크의 평균 지연시간이 45ms에서 65ms로 핸드오버 이전 시점보다 성능이 저하된 반면에 제안한 방식은 15ms에서 23ms로 핸드오버 이전 시점보다 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 트래픽 경로 선택 기법을 통해 핸드오버에 대한 지연시간을 증가하였지만, 핸드오버 이후 보다 나은 end-to-end 지연시간을 제공하여 사용자의 응용서비스에 대한 성능이 저하되는 것을 방지하였다.

그림 6은 기존 방식으로 UE가 CN으로부터 수신한 패킷 수와 본 논문에 제안한 방식으로 UE가 CN으로부터 수신한 패킷 수를 그래프로 나타내 비교한 것이다. 제안한 방식의 CN은 2초 동안 UE에게 68개의 패킷을 송신하였으며, 두 그래프를 비교하였을 때 기존 방식이 제안한 방식보다 손실된 패킷 양이 많은 것을 확인할 수 있다. 제안한 방식은 핸드오버를 수행하지 않고 LTE 네트워크 연결을 유지한 결과 2초 동안 68개의 패킷을 받았으며, 기존 방식은 WLAN 네트워크로 핸드오버를 수행하여

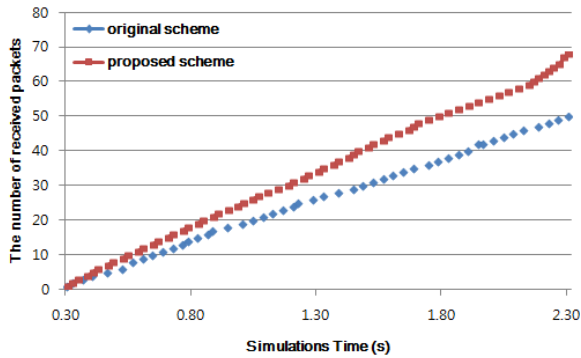


그림 6. 수신한 패킷 수
Fig. 6. Received packets

18개의 패킷을 손실하여 50개의 패킷을 수신하였다. 결과적으로 네트워크 인터페이스 선택 기법을 통해 패킷 손실률 측면에서의 성능 저하 방지를 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 해양 네트워크 환경에서 이기종 네트워크를 가지는 이동 노드가 오프로딩 하는 과정에서 네트워크 환경에 따라 information server를 통해 적합한 이동 노드 트래픽의 경로를 선택하는 기법을 제안하여 원활한 해양 통신 서비스를 제공할 수 있는 방안을 제시하였다. 제안한 방안을 통해 오프로딩 사전에 QoS 측정을 통해 네트워크 상태를 점검하고 측정된 정보를 통해 적합한 오프로딩 트래픽 경로를 결정하는 것을 확인하였다. 또한 information server에서 주변 네트워크 정보를 이용하여 선택된 네트워크 정보를 포함하는 Get_Information_Request/Response 메시지를 정의하였고, 이러한 정보를 제공하기 위해 핸드오버 수행 시 end-to-end 지연 시간과 패킷 손실률 등의 QoS 정보를 업데이트 하는 절차를 정의하였다.

오프로딩 경로 선택 기법을 이용한 핸드오버 성능 개선 효과는 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 시뮬레이션 결과에 의해 제안한 기법이 후보 네트워크 중에서 가장 최적화된 네트워크를 찾아 그 정보를 이동 노드에게 제공해주는지 증명하였고, 이를 통해 end-to-end 지연 시간과 패킷 손실률 측면에서 성능 개선 효과를 지녔음을 확인할 수 있었다.

References

[1] H. Cui, L. Zhu, S. Yang, and J. Li, "A novel

network selection algorithm of service-based dynamic weight setting," *Wireless Pervasive Computing 2009 4th Int. Symp. (ISWPC 2009)*, pp.1-5, Melbourne, Australia, Feb. 2009.

[2] 3GPP, *Architecture Enhancements for Non-3GPP Accesses (Release 11)*, 3GPP TS 23.402 V11.4.0, Sep. 2012.

[3] J. S. Park and S. W. Min, "A study of performance measurement of QoS on VoIP networks," *Korean Int. Commun. Inform. Sci. (KICS)*, vol. 34, no. 4, pp. 387-393, Apr. 2009.

[4] I. Ali, A. Casati, K. Chowdhury, K. Nishida, E. Parsons, S. Schmid, and R. Vaidya, "Network-based mobility management in the evolved 3GPP core network," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, no. 2, pp. 58-66, Feb. 2009.

[5] M. J. Park, S. W. Min, and B. K. Kim, "An efficient PFMIPv6 and WLAN interworking scheme for fast handover," *Korean Int. Commun. Inform. Sci. (KICS)*, vol. 37B, no. 33, pp. 174-180, Mar. 2012.

하 상 혁 (Sang Hyuk Ha)



2011년 2월 광운대학교 전자통신공학과 공학사
2013년 2월 광운대학교 전자통신공학과 공학석사
<관심분야> IMS, LTE, 임베디드시스템

민 상 원 (Sang Won Min)



1998년 2월 광운대학교 전자통신공학과 공학사
1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사
1996년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사
1990년~1999년 LG정보통신

선임연구원

1999년~현재 광운대학교 전자통신공학과 교수
<관심분야> 유무선통신망, IMS, 미래인터넷기술,

차세대통신망, 공학교육

박 선 (Sun Park)



1996년 2월 전주대학교 전자계산학과 이학사

2001년 2월 한남대학교 정보통신학과 공학석사

2007년 2월 인하대학교 컴퓨터정보공학과 공학박사

2008~2009년 호남대학교 컴퓨터공학과 전임강사

2010년 전북대학교 인력양성사업단 박사후 과정

2010년 12월~현재 목포대학교 정보산업연구소 연구전임교수

<관심분야> 정보검색, 데이터마이닝, 데이터베이스, 해양IT정보융합디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 고려대학교 전자공학과 공학사

1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사

1996년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사

1997년 9월~현재 목포대학교

공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템