

해상환경에서 IEEE 802.16e의 RSSI 및 CINR 측정 분석

Measurement Analysis of RSSI and CINR of IEEE 802.16e in an Ocean Environment

정성훈*, 김병찬*, 양규식*

Sung-Hun Jung*, Byung-Chan Kim* and Gyu-Sik Yang*

요 약

IT 선박 융합의 중심인 e-navigation의 전략 개발에 있어서 4S(Ship to Ship, Ship to Shore) 통신은 e-navigation의 핵심 기술로써 선박에 탑재된 GMDSS를 만족하는 통신 장비들과 육상의 다양한 통신 인프라까지 통합하고 표준화시키는 것을 목표로 하고 있다. 본 논문에서는 기존의 선박 통신환경인 저속의 HF/MF/VHF 통신 매체 등을 대체하거나 보완할 수 있는 기술로 국제표준으로 채택된 국내 기술인 IEEE 802.16e를 해상환경에 적용시키고자 중계국이 설치된 육상의 해안국과 선박에 탑재한 관련 장비간의 다양한 실험 조건을 설정하고, 통신 신호에 대한 진단 모니터링을 실시하여 RSSI 및 CINR을 측정하였다. 이 실험 결과를 바탕으로 해상환경에서 발생할 수 있는 다양한 문제점과 해결방안을 모색하고, 신호의 최대 통달거리와 전송 데이터의 처리율을 통한 통신 가용성을 분석하였다. 실험 결과, 연근해 해상의 이동 중인 선박의 시속 80km 속도에서도 약 20km까지 고속의 멀티미디어 정보를 송수신할 수 있어 해상환경에서도 충분히 활용될 수 있음을 검증하였다.

Abstract

4S (Ship to Ship, Ship to Shore) communication is the key to strategic development of e-navigation, a core element of IT vessel convergence. 4S communication is intended to integrate and standardize various communication infrastructures on land and communication equipment complying with communication equipment equipped in ships. This paper aims to apply the Korean technology IEEE 802.16e adopted as an international standard, to replace and compensate for existing vessel communication media such as low speed HF/MF/VHF to the ocean environment. To this end, various experimental conditions between the coast station where a relay station was installed and related equipment equipped on a ship are set. Communication signals were monitored and the RSSI and CINR were measured. Based on experimental analysis and results, various challenges and solutions which may occur in ocean environment were sought, and communication availability was analyzed through transmission data throughput, at the maximum effective distance range of the signal. It was proven that high speed multimedia data could be exchanged for up to 20 km even among 80km kph ships moving around near the sea, ensuring that this technology could be applied to the ocean environment.

Key words : WIBRO, RSSI, CINR, IEEE 802.16e, e-navigation

* 한국해양대학교 차세대 IT선박융합기술센터(Korea Maritime university Advanced IT & Ship Convergence Center)

· 제1저자 (First Author) : 정성훈

· 투고일자 : 2009년 11월 10일

· 심사(수정)일자 : 2009년 11월 13일 (수정일자 : 2009년 12월 22일)

· 게재일자 : 2009년 12월 30일

I. 서 론

정부는 2007년부터 세계적인 조선 산업의 환경 변화에 대응하기 위해 조선 산업과 정보기술 산업의 융합에 대해서 관심을 갖기 시작하였다. 특히 산업자원부, 방송통신위원회, 국토해양부 그리고 교육과학기술부의 관련 부서에서 더욱 많은 관심을 보여 왔다. 2008년 지식경제부는 산업·IT·에너지 등 산업분야 R&D 통합에 2008년 4조원을 투자하였고 그중 IT융합 [1] 분야에 2012년까지 총 1조원의 투자를 계획하고 있다. IT·조선의 융합 분야에 대한 중점 연구내용을 살펴보면, 선박용 유무선 융합과 차세대 전자항법 체계(e-navigation) [2],[3], 항해시스템 등 지능형 선박 개발이 포함되어 있으며, e-navigation 핵심 기술 개발과 선박 IT 장비 및 조선 산업용 S/W개발, 국제 인증 획득지원 등은 조선해양 IT산업의 마스터플랜에서 그 근거를 찾을 수 있다.

본 논문은 e-navigation의 3대 전략개발의 핵심요소인 선박, 육상, 통신 중 통신부문으로 현재 연근해에서 사용 중인 고주파(HF)/초단파(VHF) 등의 저속통신기반 환경을 보완할 수 있는 대안으로 제시되고 있는 와이브로에 대한 성능분석과 해상환경에 와이브로의 적용 가능성을 연구하였다 [4],[5],[6].

II. e-navigation과 와이브로

2-1 e-navigation

e-navigation은 빠르게 발전하는 IT기술을 해양 선박에 적용하여 다양한 선박 운항 정보와 해양환경 정보를 제공하고 선박의 안전운항, 인명 조난 구조 활동, 해양 안전 보장, 해양환경 보호활동 및 해양자원의 보전 등에 효율적으로 사용하기 위해 제안된 것이다. e-navigation을 정의하자면 해상에서의 안전과 보안 및 해양환경을 보호하기 위해 운항과 관련 서비스를 향상시킬 목적으로 전자적 방법에 의해 선박과 육상간의 해상정보의 조화로운 수집, 통합, 교환, 표현 및 분석을 제공하는 것이라 할 수 있다.

e-navigation이 안전하고 효율적인 항해를 주된 목

적으로 기존 항해설비와 새로 개발되는 항해설비, 전자장치를 전체적이고 시스템적으로 이용하는 전략을 개발할 것을 제안하기까지 과정을 살펴보면 2005년 12월 IMO MSC 제81차 회의에서 일본, 마셜 제도, 네덜란드, 노르웨이, 싱가포르, 영국, 미국 등이 공동의제로 제출되어, 2006년 5월 MSC 81 [7] 의 워크프로그램으로 승인 2008년까지 E-Navigation Strategy 개발완성을 계획하였으며, AIS, ECDIS, IBS/INS, ARPA, LRIT, VTS, GMDSS 등의 성능향상, 인간중심 통합으로 해난사고 방지목적을 포함한 ATOMOS IV, MarNIS 등 EU의 대형 연구 프로젝트에서 시작되었다 [8],[9],[10].

e-Navigation시스템은 지구 전역을 커버하는 최신 전자해도(ENC), 고신뢰 전자위치신호시스템, 선박항행 전자정보, 항행정보전송, 통합항행정보표시, 충돌회피시스템, 새로운 GMDSS개발과 정보전달 등의 장비 및 인프라의 개발이 필요하다.

2-2 와이브로 시스템 기술

와이브로 시스템 [11] 에 할당된 2.3GHz [12] 주파수대역은 당초 1998년 2월 WLL용으로 할당 되었으나 이용률이 저조하여 정통부는 한정된 주파수 자원의 효율적 활용을 위해 2002년 10월 와이브로 서비스용으로 재 할당 받아 현재 사용되고 있다. 또한 방송통신위원회는 2004년 7월 와이브로 면허 정책과 규격 국제화를 위한 수단으로 IEEE 802.16 규격을 기반 규격으로 발표 하였으며, 와이브로 트래픽 특성 예측과 와이브로 시스템 특성을 고려하여 9MHz 채널 대역폭과 3개의 사업자, 사업자간 4.5MHz 보호 대역폭, 2.4GHz 대역의 무선 LAN 보호를 위해 10MHz 보호 대역폭등을 결정하였다.

와이브로의 표준규격은 한국정보통신기술협회(TTA) 프로젝트 그룹을 중심으로 IEEE 802.16 [13] 규격과 고속 휴대 인터넷 서비스가 가능한 IEEE 802.16e [14] 규격을 기반으로 표준화 작업 및 서비스 개발을 추진하고 있다.

와이브로는 이동성 측면에서 볼 때 무선 LAN과 이동 통신 시스템의 중간 정도인 60km/h 정도의 중저속 이동성을 보장하며, 데이터 전송속도 측면에서는 이동 통신 시스템과 초고속 유선망의 중간 정도인

3Mbps급 정도의 속도를 지원해 주고 있어 제 4 세대 이동통신의 전 단계라 할 수 있다.

현재 ETRI에서 개발 중인 와이브로 시스템은 단말기, 기지국, PAR로 구성된다. 단말기와 기지국간 무선접속규격은 IEEE 802.16 (IEEE 802.16-2004, IEEE P802.16-2004/Cor1 /D2, IEEE P802.16e/D7)에 기반을 둔 TTA “2.3GHz 휴대인터넷표준”을 따른다 [15],[16].

III. 채널 품질 측정

채널 품질 측정 [17] 은 RSSI와 CINR 신호 품질 측정과 이에 관련된 통계량은 기지국 선택/할당과 버스트 적응 프로파일 선택 등과 같은 프로세스에 도움을 준다. 채널 동작은 시간적으로 변하기 때문에 평균과 표준 편차를 이용하여 정의한다. RSSI와 CINR 통계량 측정의 구현과 이를 보고하는 것은 필수 기능이다.

RSSI 측정이 수행되는 프로세스는 수신기 복조를 필수적으로 요구하지 않기 때문에 RSSI 측정은 낮은 신호 레벨에서도 신뢰성 있는 채널 강도 평가를 할 수 있다. 반면 CINR 측정이 수신기 폐쇄를 요구하더라도 이러한 측정은 간섭, 소음 레벨 및 신호 강도를 포함하여 수신기의 실제 작동 상태에 대한 정보를 제공한다. RSSI 측정 자료의 수집이 기지국에 의해 강제로 요구될 때, 단말은 구현에 따라 특화된 RSSI 측정을 하게 된다. RSSI 측정의 결과물로, 단말에서는 RSSI의 평균과 표준 편차의 추정 값을 유도하고 이를 갱신하며, REP-REP 메시지를 통해서 이 추정치를 보고한다.

평균과 표준편차 통계 자료는 각각 dBm 및 dB 단위로 보고된다. 이와 같이 보고서를 작성하기 위해서 통계 자료는 -40dBm에서 -123dBm까지 범위에서 1dBm의 증분으로 양자화 되고, 이 범위 밖의 값은 기준 내의 가장 인접한 외항에 할당된다.

단일 메시지의 RSSI를 추정하기 위한 방법은 개별적인 구현에 따라 다르지만, 단일 메시지로부터 취해진 단일 신호 강도 측정에 대한 상대적인 정확도는 $\pm 4\text{dB}$ 로 설정하도록 한다. 이 사항은 입력 RSSI의 전

체 범위에 대한 경우이다. 부가적으로 이와 같은 단일 메시지 측정이 측정되는 범위는 여러 방면에서 보고된 최종 평균 통계량에 대한 -40dBm에서 -123dBm 범위를 초과하여 3dB만큼 확장되어야 한다.

안테나 커넥터에서 관심을 갖고 있는 신호의 RSSI를 추정하기 위한 한 가지 가능한 방법을 다음 식 1과 같다.

$$RSSI = 10 \frac{G_{rf}}{10} \frac{1.2567 * 10^4 V_c^2}{(2^{2B})R} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |Y_{I/Q}[k,n]| \right)^2 m W \quad (1)$$

단, B : ADC 정도 ADC 비트 수

R : ADC 입력 저항(Ohm)

V_c : ADC 입력 클립 레벨(Volts)

G_{rf} : 안테나 커넥터로부터 ADC 입력까지의 아날로그 이득

$Y_{I \text{ or } Q}[K, N]$: 신호 K에 포함된 I 혹은 Q 분기의 ADC 출력에서의 n번째 샘플

N : 샘플수

가장 먼저 다수의 단일 메시지에서 유도되는 선형 평균 RSSI 통계는 다음 식 2를 사용하여 갱신해야만 한다.

$$\hat{\mu}_{RSSI}[k] = \begin{cases} R[0] & K=0 \\ (1-\alpha_{avg})\hat{\mu}_{RSSI}[k-1] + \alpha_{avg}R[k] & K>0 \end{cases} m W \quad (2)$$

단, k: 메시지에 대한 시간 인덱스로 초기 메시지는 K=0으로 인덱스 되고, 다음 메시지는 K=1로 인덱스화가 진행 된다

R[k] : 메시지 k 동안 측정된 W 단위의 RSSI

α_{avg} : 기지국에 의해 정의된 평균화 파라미터

다음으로 dBm 단위의 평균 추정치를 다음 식 3에서 유도한다.

$$\hat{\mu}_{RSSI \text{ dBm}}[k] = 10 \log(\hat{\mu}_{RSSI}[k]) \text{ dBm} \quad (3)$$

다음으로 dB 단위인 표준 편차를 계산하기 위하여 다음 식 4를 사용하여 기대치-제곱 통계량을 갱신해

야만 한다.

$$\hat{\chi}^2_{RSSI}[k] = \begin{cases} |R[0]|^2 & K=0 \\ (1-\alpha_{avg})\hat{\chi}^2_{RSSI}[k-1] + \alpha_{avg}|R[k]|^2 & K>0 \end{cases} \quad (4)$$

마지막으로 다음 식 5를 적용하여 결과를 구하면 된다.

$$\hat{\sigma}_{RSSI\ dB} = 50\log\left(\tilde{x}^2_{RSSI}[k] - (\hat{\mu}_{RSSI}[k])^2\right) \text{ dBm} \quad (5)$$

메시지 시간 인덱스는 매 프레임마다 증가 된다. 이때 보고된 RSSI 값은 연결된 BS 세그먼트 프레임 프리앰블의 총 수신 전력의 추정치이다. BS에서 물리적인 CINR 측정을 강제로 요구할 경우, 단말에서는 구현에 따라 특화된 CINR 측정을 수행해야 한다. CINR 측정의 결과물로 CINR의 평균 및 표준편차의 추정치를 유도하고 갱신하며, REP-RSP 메시지를 통해 이와 같은 추정치를 보고하고 고속피드백채널(CQICH)을 통해 물리적인 CINR의 평균에 대한 추정치를 보고해야만 한다. 만약 REP-RSP에 대해서 다른 부호화 과정이 정의되지 않았다면 부호화 과정이 필요하다. 부호화 과정에서 평균과 표준편차는 dB단위로 보고된다. 이와 같은 보고서를 작성하기 위해 통계는 최소 -10dB에서 최대 53dB까지 범위에서 1dB 증가분으로 양자화 되며, 이 범위 밖의 값은 기준 내의 가장 인접한 외항에 할당된다.

단일 메시지의 CINR을 추정하기 위한 방법은 개별적인 구현에 따르지만 단일 메시지에서 유도된 CINR 측정에 대한 상대적 정확도와 절대적 정확도는 각각 $\pm 1\text{dB}$ 와 $\pm 2\text{dB}$ 로 규정되었다. 규정되어 있는 정확도는 가장 강인한 부호화율의 SNR의 3dB에서 시작하여 가장 약한 부호화율의 SNR의 10dB 상위까지의 CNR 값 범위에 적용한다. 만약 프리앰블에 대한 물리적 CINR 보고하라는 명령을 받으면 프리앰블의 부반송파에 대한 CINR로 보고한다. 예를 들면 주파수 재사용 구성이 3인 경우 보고된 CINR은 프리앰블의 변조된 부반송파에 대한 CINR의 추정치이어야 한다. 그리고 주파수 재사용 구성이 1인 경우 보고된 CINR은 보호 부반송파 DC 부반송파를 제외한 1에서 변조되지 않은 부반송파의 신호는 CINR 측정시 잡음이나 간섭으로 간주된다. 보고된 값은 프레임의 첫

번째 영역의 증폭되지 않은 부반송파들에 대한 평균 CINR을 나타낸다. 결국 프리앰블 증폭을 사용하여 원하는 신호와 간섭 잡음을 계산할 때 전체에 대한 보상을 한다. 즉, 구체적인 순열 영역에 대하여 물리적인 CINR 보고에 대한 지시가 있는 경우 보고된 값은 측정이 요구되는 영역의 증폭되지 않은 데이터 부반송파의 평균 CINR을 나타내기 때문에 파일럿 증폭을 사용하여 보상한다.

STC 영역에서 물리적인 CINR로 보고를 지시받았을 때 단말에서는 결합된 후의 CINR의 평균값을 보고하며, 이때 단일 패킷이 측정되는 범위는 마지막으로 보고된 평균 통계치에 대한 제한인 -10dB에서 53dB의 범위에서 각 방향으로 3dB씩 확장된다.

단일 메시지의 CINR을 측정하기 위한 방법은 다음 식 6을 이용하여 신호 전력의 합과 각각의 데이터 샘플에 대한 나머지 오차의 합의 비를 계산한 것이다.

$$CINR[k] = \frac{\sum_{n=0}^{n-1} |s[k,n]|^2}{\sum_{n=0}^{n-1} |r[k,n] - s[k,n]|^2} \quad (6)$$

단, $r[k,n]$: 프레임 단위에서 시간 k에 측정된 메시지에 있는 n번째 수신한 샘플

$s[k,n]$: 일치하는 검파된 샘플 또는 파일럿 샘플 (채널 상태 가중치 포함)

한편, 메시지 시간 인덱스는 매 프레임마다 증가 되기 때문에 단말에서는 시간 인덱스마다 메시지와 REP-RSP based 보고와 고속 피드백-based 보고에 대한 평균 CINR 추정치를 유지하고 있어야만 한다. 만약 CINR 구성이 변하였다면, 즉 CQICH IE 또는 REP-REQ 메시지에서 CINR 보고 구성이 각각 이전의 것과 다른 경우라면 단말에서는 해당 메시지에 포함된 시간 인덱스를 0으로 reset시킨다.

평균 CINR 통계량은 다음 식 7, 8을 적용하여 다수의 단일 메시지에서 유도할 수 있다.

$$\hat{\mu}_{CINR\ dB}[k] = 10\log(\hat{\mu}_{CINR}[k]) \quad (7)$$

$$\hat{\mu}_{CINR}[k] = \begin{cases} CINR[0] & K=0 \\ (1-\alpha_{avg})\hat{\mu}_{CINR}[k-1] + \alpha_{avg}CINR[k] & k > 0 \end{cases} \quad (8)$$

단, CINR[k]: 메시지 k에 대한 CINR의 선형 측정 지로 이 값은 지정된 정확도를 전달하는 임의의 메커니즘에 의해서 식 9와 같이 유도 할 수 있다.

α_{avg} : 기지국에서 규정한 평균 파라미터

$$\hat{\chi}^2_{CINR}[k] = \begin{cases} |CINR[0]|^2 & K=0 \\ (1-\alpha_{avg})\hat{\chi}^2_{CINR}[k-1] + \alpha_{avg}|CINR[k]|^2 & K > 0 \end{cases} \quad (9)$$

이 결과를 다음 식 10에 적용하면 된다.

$$\hat{\sigma}_{CINRdB} = 5\log(|\hat{\chi}^2_{CINR}[k]| - (\hat{\mu}_{CINR}[k])^2) \text{ dB} \quad (10)$$

평균 파라미터인 α_{avg} 는 DCD 메시지 TLV에서 전달하는데 구체적으로 규정되지 않은 경우 평균 파라미터의 초기 값은 4분의 1이다. 만약 평균 파라미터 α_{avg} 가 REP-REQ에 의해 단말에게 전달되면 이 값은 REP-RSP에서 보고한 물리적인 CINR 추정치를 구할 때에만 사용되고 다른 REP-REQ 메시지에 의해 변화될 수 있다. 만약 단말에 CQICH Allocation IE를 통하여 평균 파라미터가 주어지면 이 값은 빠른 피드백 채널을 통해 보고된 물리적인 CINR 값의 추정치를 구하기 위해서만 사용되며 이 값도 마찬가지로 다른 CQICH Allocation IE에 의해 변경될 수 있다. 이때 DCD에 의해 전달된 평균 파라미터 값은 REP-REQ 메시지나 CQICH Allocation IE를 통해 전달된 평균 파라미터 값을 우선시 하지 않는다.

채널 주파수 선택도와 링크의 성능간의 관계를 간단히 알기 위한 가중치 파라미터인 β 곡선에 대한 유효 CINR의 파라미터는 unsolicited REP-RSP TLV를 이용하여 단말에서 기지국으로 전송된다. 기지국에서 단말에 요청하면, 단말에서는 다음과 같은 유효 CINR(dB)의 2차 근사식을 계산하며, 일반적으로 2차 근사식은 β 곡선에 실험적으로 구한 유효 CINR 값을 곡선에 가장 가깝도록 함으로써 식 11과 같이 구할 수 있다.

$$Effective - CINRdB(\beta dB) = a + b*\beta \text{ dB} + c*\beta^2 \text{ dB} \quad (11)$$

단, $\beta : \text{dB} = 10 \log \beta$

a, b, c 값들은 단말에서 추정된 값으로 a는 Y-intercept를, b는 선형 파라미터를 그리고 c는 2차 파라미터를 각각 의미한다.

IV. IEEE 802.16e의 성능 측정

4-1 성능 기준

성능 측정을 위한 기준으로 간섭과 잡음대비 전송 비율(CINR)과 수신신호강도(RSSI)가 있으며, 단위시간당 전송률을 측정하여 계산한 처리율(Throughput)을 이용하여 성능을 측정한다.

간섭과 잡음대비 전송비율(CINR)은 OFDM 기술을 사용하는 시스템의 신호 품질을 평가하는 기준으로 단위는 dB이며 측정은 Pilot Power를 통하여 측정되고 BS(Base Station)이 REP-REQ MAC 메시지를 통하여 단말에 요청하고, REP-RSP를 통해 단말은 BS에 보고한다. 일반적으로 20dB 이상이면 매우 양호한 신호이고, 0dB 이상이면 통신이 가능한 신호 품질을 의미한다. 그 이하이면 통신 불가 신호품질이다.

수신신호강도(RSSI)는 수신기에서 수신되는 신호 전력이 얼마인지 그 수치를 측정한다. 단위는 dBm이다. 수신기(PSS; Personal Service Station)에 들어오는 신호전력을 의미한다. 안테나의 이득이나 회로내부의 손실은 고려하지 않는다. 일반적으로 -50dBm 이상이면 매우 양호한 수신신호강도를 나타낸다. -80dBm 이상이면 수신신호를 의미 있는 데이터로 해석할 수 있는 신호강도이다. 그 이하는 의미 없는 신호로 해석한다. 현재 데이터를 수신하는 안테나로부터 관찰된 신호의 에너지를 검출하여 두 지점 간의 거리를 인식하고, 이로부터 신호도달시간(TOA), 도착시간차이(TDOA) 방식에 적용하여 위치를 인식할 수 있다. 통신회선의 단위시간당 실효 전송량으로 실험에서 FTP를 지속적으로 진단 모니터링 프로그램(DM)에서 발생한다. 이를 통해 얻어지는 단위 시간당 전송률(bit/sec)을 측정한다.

4-2 성능측정 환경

해상환경에 최적화를 위한 와이브로의 가능성 테스트와 성능분석 및 측정을 위한 해상환경은 다음과 같다.

1차 측정에서 해상 환경을 살펴보면 부산에서 일본 후쿠오카 방향으로 진행하는 선박에 설치된 단말 안테나 높이는 10m, RAS의 신호출력은 20W 로 유지 하였으며, 선박의 운항속도에 대한 비교를 위하여 1차 측정에서는 시속 40km로 진행되었다.

2차 측정을 위한 해상 환경은 일본 후쿠오카에서 부산으로 향하는 쾌속선으로 시속 80km의 고속 환경에서 PSS의 움직임 속도에 따라 어느 정도 성능변화가 있는지를 분석한다. 선체의 단말 안테나 높이는 5m이다.

표 1. 송신 장치의 구성

Table 3. Transmitter's configuration

구분	규격 및 특징
응용	시내 및 시외용
주파수/BW	2,300~2,327MHz/8.75MHz
FA 수/Sector	Max. 1FA/3Sector
RF 출력	20W/FA/Sector
ACR-RAS	100-Fx or 100-Tx
기계적 구조	랙크 형, 실내/실외 용
랙크 크기	985(H)×600(W)×600(D)mm
무게	130kg
전원	AC 220V
전력 소비	실내용: 1.2KW

표 2. 측정 데이터 항목

Table 2. Item of measurement data

TIME_STAMP	Lon	Lat	Altitude	Speed (km/h)	Distance (m)	RSSI [dBm]	CINR [dB]	Tx Power [dBm]	Throughput (kbps)
2008-11-19 11:01:46	129.135	35.061	32.8	3	2.88	-71	21.00	2	2916.224
2008-11-19 11:01:47	129.135	35.061	33.1	4	2.41	-74	18.25	6	2742.144
2008-11-19 11:01:48	129.135	35.061	33.1	5	3.46	-71	20.25	0	2894.464
2008-11-19 11:01:49	129.135	35.061	33.4	6	2.41	-71	22.75	12	2773.76
2008-11-19 11:01:50	129.135	35.061	33.7	5	3.34	-64	23.25	-3	3812.48
2008-11-19 11:01:51	129.135	35.061	33.9	6	2.23	-70	21.75	1	3778.816
2008-11-19 11:01:52	129.135	35.061	33.9	6	2.23	-82	16.75	21	721.152
2008-11-19 11:01:53	129.135	35.061	33.7	6	2.23	-74	17.50	2	913.92
2008-11-19 11:01:54	129.135	35.061	33.5	6	2.41	-78	16.25	6	1175.04

사용된 와이브로의 송수신 장치 중 송신 장치는 RAS, 와이브로 기지국으로 구성되며 규격 및 특징은 표 1과 같으며, 수신 장치의 구성은 PSS, 와이브로 단말기로 규격 및 특징은 표 3과 같다. 측정을 위한 네트워크의 구성은 와이브로 기지국인 RAS과 와이브로 단말기인 PSS, 전파환경측정도구인 DM와 파일전송 테스트를 위한 FTP로 이루어져 있으며, RAS의 안테나는 지향성 안테나이고, 빔 폭은 중심선을 중심으로 좌우로 30도이다.

표 3. 수신 장치의 구성

Table 3. The configuration of the receiving device

구분	규격 및 특징
기술규격	IEEE 802.16e
사용주파수 범위	2.30~2.39GHz
주파수 정밀도	±100Hz 이내
외관	96×41×15.5 mm
중량	54g
송신출력	200mW
동작온도	-20도~+50도
상대습도	0~85 %
제조사 및 모델명	삼성전자, SCH-H120

선박에서 장비를 설치한 후 전파환경측정도구인 진단 모니터 프로그램(DM)을 사용하여 신호를 검출할 때 데이터의 항목은 표 2과 같으며 항목에 대한 설명은 다음과 같다.

- TIME_STAMP : 신호를 센싱한 날짜와 시간

- Lon/Lat : 경·위도 (선박 자체, GPS)
- Altitude : 수위(수면의 높이)
- Speed : 선박의 속도(km/h)
- Distance : 진행거리(m)
- RSSI : 수신 신호 강도 (dBm)
- CINR : OFDM 기술을 사용하는 시스템의 신호 품질 평가 기준(dB)
- Tx Power : 송신 강도(dBm)
- Throughput : 단위 시간당 전송률(kbps)

4-3 성능 측정 및 분석

1차 측정은 부산에서 후쿠오카 방향으로 운항하는 선박으로 진행방향에 따라 신호의 세기가 점점 작아진다.

그림 1의 수신 신호 강도를 나타내는 RSSI가 양호한 신호세기인 -80dBm 이상으로 유지되는 거리가 19km이다. 따라서 현재 해안에 설치된 RAS의 신호 출력인 20W로 의미 있는 데이터 전송이 가능한 거리는 약 20km임을 알 수 있다. 이를 확장하기 위해서는 무선 접근 지점의 신호출력을 높이거나 안테나의 높이, 방향 등을 조정할 필요가 있다고 판단된다.

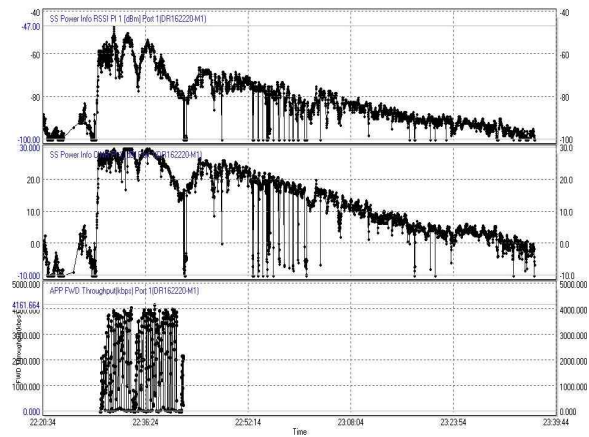


그림 1. 1차 신호품질(CINR, RSSI)
Fig. 1. 1st Signal Quality

그림 2는 1차 평균 처리율로 데이터 송수신이 성공적으로 이루어진 거리에서 구해진 값만을 보인다. 가장 멀리 측정이 된 거리가 7.5km(그림 1의 22:42:26 지점)이다. RSSI가 7.5km 거리에서 순간적으로

-80dBm에서 -100dBm으로 급감한 이후 22초만(그림 1의 22:42:26~22:42:47 구간)에 곧바로 -80dBm으로 회복하였으나 그 이후에는 데이터 송수신이 실패하여 Throughput이 0으로 유지되고 있다. 그 이후 -80dBm 이하로 떨어지는 19km까지 순간적인 열악한 신호수신이 간헐적으로 있으나 -80dBm 이상을 유지하고 있음에도 불구하고 처리율이 0인 것은 휴대 인터넷 단말의 송신 출력이 미약하다고 판단된다. 그림 2의 3250kbps에서 시작되어 2500kbps로 끝나는 점선 부분은 1차 측정 결과의 Throughput이 유효한 구간의 데이터의 평균을 구한 값으로 진행거리에 따라 처리율이 감소하고 있다는 것을 알 수 있다.

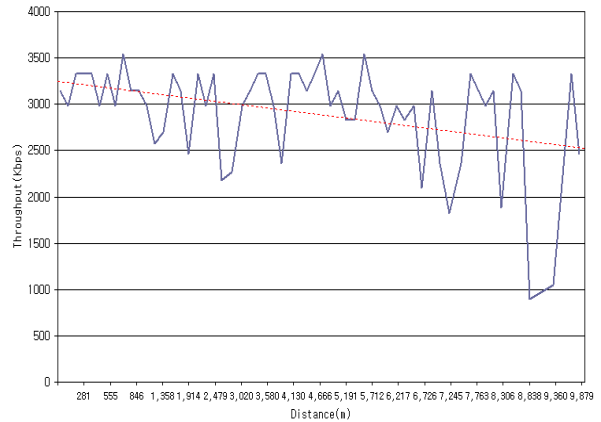


그림 2. 1차 평균 처리율
Fig. 2. 1st Average Throughput

2차 측정은 일본 후쿠오카 해상에서 부산 해안 방향으로 접근하면서 측정되어 앞서 1차 측정 결과와는 달리 시간에 따라 가로축 거리 값이 점차 작아짐으로 측정된 해상 거리는 약 20km에서 17km 사이(16:47:47~16:50:16의 중간 지점)에 RSSI 수신신호품질이 순간적으로 악화 되는 순간이 있지만 그래픽에 따라 결과를 분석 하면 -80dBm 이상으로 품질이 개선되는 지점이 약 23km이다. 이후 그 이하로 떨어지다가 회복하는 거리가 약 17km 지점이다. 따라서 이 지점부터는 이 신호로 데이터 수신에 성공할 수 있고 1차 측정 때의 19km까지의 RSSI 값보다 약 2km 정도 짧아졌다고 할 수 있는데 이는 측정 시간대가 2차 해상 실험은 오후 5시경이고 1차는 밤 11시경으로 전과 환경이 2차 해상 실험 때가 상대적으로 열악

하기 때문에 보이며 또한 휴대 인터넷 단말기 안테나 역시 1차 해상 실험 때 보다 약 5m 정도 낮아진 점도 고려되어야 하며 이동속도가 1차 해상 측정보다 약 2배가 빠른 점도 영향을 미친 것으로 판단된다. CINR 경우에는 0dB로 회복되는 거리가 35.6km 지점이다.

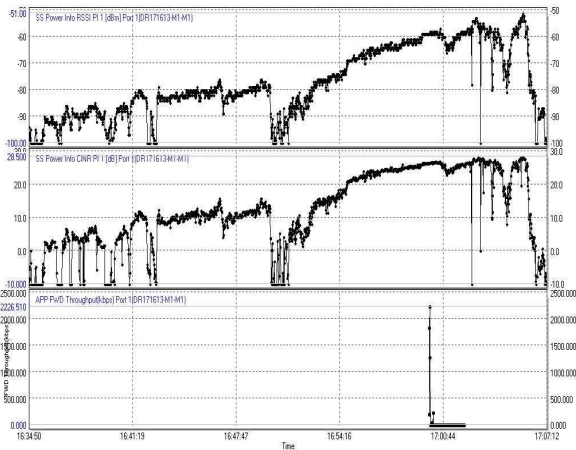


그림 3. 2차 신호 품질(CINR, RSSI)
Fig. 3. 2nd Signal Quality

그림 3은 앞서 측정된 1차 해상 측정 결과와 비교하면 약 2.4km가 짧아진 결과이고, 앞서 RSSI와 같이 측정된 시간대와 측정된 높이, 그리고 PSS 단말 이동속도의 차이에 의해 발생된 결과로 추정되며, X축 Time의 처리율을 보면 17:00:44 구간에서 FTP 송수신이 이루어졌음을 알 수 있다.

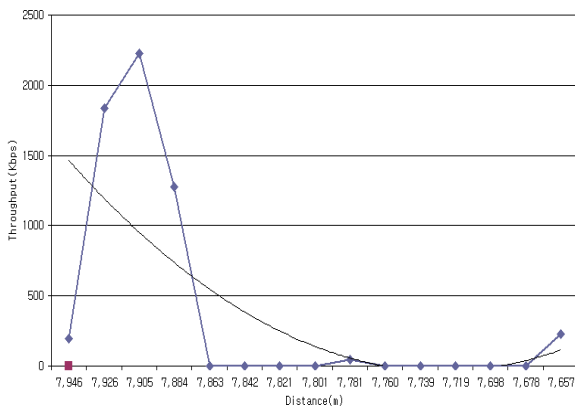


그림 4. 2차 평균 처리율
Fig. 4. 2nd Average Throughput

2차 측정의 평균 처리율(그림 3의 17:00:44 지점)은 그림 4와 같이 단 6개의 값(7,946km~7,657km 구간)만 구할 수 있었으며, 측정이 불가능한 경우가 많았다.

하지만 6개의 값으로 처리율을 추정 한다면 약 1Mbps 이하의 속도가 나오는 것을 알 수 있고 측정된 처리율도 앞서 측정된 값보다 약 1/3 수준이었다. 이는 휴대 인터넷 단말기 역시 이동속도에 영향을 받기 때문이다.

1, 2차 성능측정의 분석 결과 현재의 육상 와이브로를 동일한 조건으로 해상에서 적용할 때 충분한 광대역 이동 데이터 통신이 가능함을 확인하였다. 다만 육상보다 처리율에서 약 2Mbps(download) 만큼 성능 열화가 오는 원인을 찾아야 할 것이다. 1차 측정에서 전파환경이 더욱 좋아지는 야간에 10m 높이의 PSS 안테나 높이, 그리고 시속 40km의 단말 이동속도에서 RSSI, CINR, 처리율 등 모든 측면에서 향상된 결과를 얻었으며, 위의 환경 변수가 성능에 많은 영향을 미침을 알 수 있다. 2차 측정에서의 중간높이인 5m의 PSS 안테나 높이, 80km/h 고속의 단말 이동속도를 가진 상태에서는 약간 떨어지는 성능을 보였다. 무선 접근 지점(RAS)의 출력 증강, 지향성 안테나의 방향조정, 휴대 인터넷 단말(PSS)의 높이, 출력, 이동속도가 주요 성능변화의 요인으로 작용하였으며, 최적의 성능 및 효율을 얻기 위하여 반드시 고려되어야 할 것이다.

V. 결 론

와이브로 기술이 기지국과 단말기의 출력향상, 안테나의 수신감도 및 안테나 이득 개선, 와이브로 시스템의 프레임구조 최적화 등을 고려한 현재의 통신 환경에서 통달거리의 확장이 몇 km까지 가능한지를 측정하였으며, 현재 선박에서 사용 중인 HF/VHF 등의 저속통신망을 보완할 수 있는 통신망으로의 대안이 될 수 있음을 확인하였다. 1차 해상 측정에서는 전파환경이 더욱 좋아지는 야간에 10m 높이의 PSS 안테나 높이, 그리고 시속 40km의 단말 이동속도를 가진 성능을 구하였고, 또 환경변화가 성능에 많은 영향을 미침을 알 수 있었다. 2차 해상 실험에서는

5m 높이의 PSS 안테나 높이, 고속의 단말 80km/h를 가진 상태에서 성능을 파악하였다. 1차 해상 실험 보다는 약간 떨어지는 성능을 보였다. 무선 접근 지점의 출력 증강, 지향성 안테나의 방향조정, 휴대 인터넷 단말의 높이, 출력, 이동속도에 따른 성능변화를 파악할 수 있었으며 이러한 환경 요소들을 조정함으로써 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

현재 해상 이동통신 분야는 신호의 유효통달거리를 늘리기 위해 하드웨어적인 구성과 소프트웨어적인 다양한 방법론, 네트워크 모델링의 개선 및 새로운 기술들에 대한 연구가 끊임없이 진행되고 있다. 와이브로 기술이 기지국과 단말기의 출력향상, 안테나의 수신감도 및 안테나 이득 개선, 와이브로 시스템의 프레임구조 최적화 등을 고려한 현재의 통신환경에서 통달거리의 확장이 해안국을 경유한 육상중계국으로부터 해상으로 최대 몇 km까지 가능한지를 실선 실험과정을 수행하여 성능측정 및 분석을 실시하였으며, 와이브로 기술이 e-navigation의 육·해상 통신 인프라로써 충분히 활용될 수 있음을 확인하였다. 이러한 와이브로의 성능분석 결과를 통해 와이브로가 최적의 이동 광대역 전송매체로서 해상환경에서 활용될 수 있기를 기대한다.

감사의 글

본 논문은 e-navigation 대응 IT-선박융합 핵심기술 개발[2008-F-046-01]사업으로 수행된 연구 결과이다.

참 고 문 헌

- [1] 최문기, “융합시대의 IT R&D 방향”, *한국통신학회지*, 제25권 1호, pp.25~31, 2008.
- [2] 田淵一浩, e-NavigationをめぐるIMOの動向, 海上技術安全研究所. 国際連携センター. 2007.
- [3] 서기열, 서상현, “차세대 해상항법체계(e-Navigation)의 구현 방향”, *대한전자공학회지*, 제34권 11호, pp. 37~45, 2007.
- [4] 김병찬, 정성훈, 임재홍, “해상 환경에서 e-Navigation을 위한 WIBRO적용에 관한 연구”, *한국시물레이션학회 춘계학술대회논문집*, pp.85~89, 2009.
- [5] 김병찬, “해상이동광역통신망 적용을 위한 와이브로 성능 분석 및 모델링”, 한국해양대학교 박사학위논문, 2009.
- [6] ByungChan Kim, SungHun Jung, GyuSik Yang, "A Performance Evaluation for applying e-Navigation on WIBRO in Marine Environment", The 2009 International Conference on MITA, Korea Multimedia Society, pp.379~380, 2009.
- [7] IMO MSC 81/23/10, "Development of an e-navigation Strategy", Maritime Safety Committee 81st Session Work Program, pp.1~6, 2005.
- [8] IMO NAV 52/INF.2, "ITU Matters, including radio communication ITU-R study group 8 matters", pp. 1~12, 2006.
- [9] Sally Basker, e-navigation: The way ahead for the maritime sector, 2005.
- [10] IALA, E-NAV Committee input to the IMO NAV Correspondence Group TOR on e-NAV, 2006.
- [11] 김영일, 안지환, 황승구, “Wibro와 WiMax 기술”, *한국통신학회지*, 제22권 9호, pp. 112~127, 2009.
- [12] TTA, Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service, TTAS.KO-06.0098. 2004.
- [13] IEEE Standards 802.16-2004, "802.16 Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", 2004.
- [14] IEEE Standards P802.16e, "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands", 2005.
- [15] TTA, 2.3GHz휴대인터넷표준-물리계층 및 매체접근제어 계층, 한국정보통신기술협회, 2005.
- [16] IEEE 802.16m-07/001, "Initial Work Plan for IEEE P802.16m Draft & IMT-Advanced Submission", IEEE 802.16 TGm, 2007.
- [17] 배성수, 최동훈, 최규태, “와이브로 기술과 시스템”, 세화도서출판, 2006.

정 성 훈 (鄭聖勳)



2002년 2월 : 동명정보대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 2004년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학석사)
 2007년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사)
 2003년 3월~현재 : 부산경상대학 멀티미디어컴퓨터과 겸임교수, 한국해양대학교 차세대 IT선박융합기술센터 4S팀 연구원
 관심분야 : e-navigation, ENC, 네트워크통신, 임베디드 시스템, 모바일 콘텐츠, e-러닝

양 규 식 (梁圭植)



1974년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과(공학사)
 1984년 2월 : 건국대학교 전자공학과(공학석사)
 1991년 2월 : 건국대학교 전자공학과(공학박사)
 1995년 3월~현재 : 한국해양대학교 공과대학 교수, 차세대 IT선박융합기술센터 4S 팀장
 관심분야 : e-navigation, 해양통신시스템, 안테나공학

김 병 찬 (金秉贊)



2002년 2월 : 동명정보대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 2005년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학석사)
 2009년 8월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사)
 2008년 7월~현재 : 한국해양대학교 시간강사, 차세대 IT선박융합기술센터 4S팀 연구원
 관심분야 : 네트워크, 와이브로, 물류통신, 무선주파수 표준화