

다중경로 환경이 VDES 시스템에 미치는 영향 및 성능분석

류형직* · 김혜진* · 김원용* · 박개명** · 김준태** · 유진호**

*메스타, **한국선급

Effect and Performance Analysis of Multipath Environments on VDES Systems

Hyung-Jick Ryu* · Hye-Jin Kim* · Wong-Yong Kim* · † Kae-Myoung Park · † Jun-Tae Kim · † Jin-Ho Yoo

*COMESTA Inc., Daejeon, 305-509, Korea

**Korean Register, Busan, Korea

요약 : 본 논문에서는 VDES 시스템과 해상 통신용 다중경로 채널 모델을 소개하고, 다중경로 환경이 비트오률(BER)성능에 미치는 영향을 모의 시험을 통해 분석한다. 또한 다중경로 환경에 대응할 수 있는 방안으로 시간영역 적응형 등화기 적용을 제안하고, 그 결과를 검토하여 적응형 등화기 적용의 필요성에 대하여 확인하도록 한다.

핵심용어 : VDES, IALA G1139, 다중경로, 적응형 등화기, LMS, RLS

Abstract : In this paper, we introduce VDES system and multipath channel model for maritime wireless digital communication. And we studied the influence of multipath for bit-error ratio performance by computer simulation. Next we propose time-domain adaptive equalizer to treat the influence of multipath, and review the simulation result for necessity of applying the adaptive equalizer.

Key words : VDES, IALA G1139, Multipath, Adaptive Equalizer, LMS, RLS

1. 서론

VDES(VHF Data Exchange System)는 VHF 무선 주파수 대역을 통해 선박과 선박 또는 해안국과의 통신을 위한 차세대 해상무선통신 시스템으로 최근까지 연구가 활발히 이뤄지고 있다. VDES 시스템은 ITU-R M.2092 권고안으로 시작, 최근 IALA로 업무가 이관되었고, IALA G1139 지침으로 개발, 현재까지 G1139-edition 2 (IALA,2018)버전이 공개되었으며, 최근 edition 2.1에 대한 논의가 진행 중이다. VDES시스템에 대하여 국내에서는 해양수산부 의뢰 하에 e-Navigation사업의 3핵심과제로 국제 표준 선도기술로 연구개발이 진행되고 있다.

IALA위원회는 ENAV(E-Navigation information services and communications)로 불리는 정기 회의를 개최하여 VDES 시스템 규격 정의한다. 최근 회의는 IALA ENAV23으로 2019년 4월에 개최된다.

최근 IALA ENAV23회의에서 논의되고 있는 주요 의제 중 하나는 VDES시스템의 수신 성능 문제와 이를 개선하기 위한 방안들이다. 특히 VDES시스템 중 지상 통신의 경우 해안 지형 및 해수면 반사 영향에 따른 다중경로 환경에서의 수신

성능이 문제이며, 이에 대한 대응 방안들이 제안되고 있다. 이와 관련하여 최근 일본 JRC에서는 G1139-ed2 권고안에서 정의한 전송모드 외 추가적으로 Multi-carrier 전송모드를 제안하고 있다(Masayuki-JRC,2019).

본 논문에서는 이와 같은 다중경로 환경이 VDES 시스템에 미치는 영향에 대하여 모의 시험을 통하여 분석하고, 이를 대응하는 방법으로 적응형 등화기 활용에 대하여 연구한다.

본 논문의 2장에서는 VDES 시스템 및 채널모델을 기술하고, 3장에서 다중경로 환경에 대응하기 위한 방안으로 적응형 등화기에 대하여 기술한다. 4장에서는 다중경로 환경 하에서 적응형 등화기를 적용한 VDES시스템의 모의 시험 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. VDES 시스템 및 채널 모델

본 장에서는 VDES 지상 전송 모델과 채널 특성에 대하여 소개한다.

2.1 VDES 시스템 모델

† 교신저자 : 종신회원, tgjeong@hhu.ac.kr

* 종신회원, tgj@chol.com

VDES 시스템은 IALA G1139 지침에 따라 TDMA 방식의 다중접속 지원하며, 전송신호는 Syncword, Link ID, Data필드와 신호 앞뒤로 Ramp-up, Ramp-down구간을 포함한 Burst구조로 정의된다.

이와 같은 구조의 VDES신호는 다중경로 무선채널 $h[n]$ 을 통과한 후 수신되며, 다음 식(1)과 같이 표현될 수 있다. $w[n]$ 은 AWGN 잡음이며, h 는 2.2절에서 설명된다.

$$r[n] = s[n] \times h[n] + w[n] \quad (1)$$

다음은 VDES 송수신 기능블록을 나타낸다.

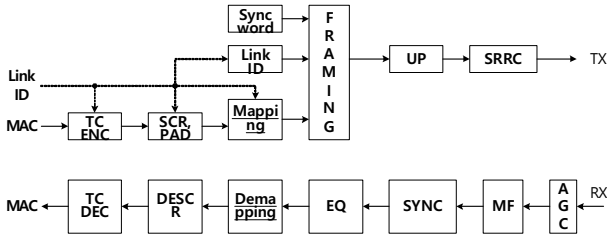


Fig. 1 Block diagram of VDES Transceiver with Equalizer

본 연구에서 동기블록은 다중경로 무선채널 환경에 대한 영향 분석에 초점을 맞추기 위하여 ideal한 것으로 가정한다.

2.2 채널 모델

본 연구에서는 VHF 대역에 대한 해안 통신환경을 분석한 Šáfar(2017)의 채널 측정 결과를 적용하였다. 이 다중경로 채널 프로파일은 영국의 연안에서 측정된 결과를 바탕으로 도출되었으며, 3탭 Tapped-delayline으로 모델링 되었다. 다음 표는 VDES 대역폭모드 중 3가지 모드에 대한 Tapped-delayline 모델 파라미터와 프로파일을 나타낸다.

Table 1 on Ipswich site, Rician Channel model parameter for shore-to-ship, Static vessel with Channel Tap Delay resolution (Šáfar,2017)

Channels	Channel BW(kHz)	Tap Delay Res.(us)	Delay	Power [dB]	K-factor
VDE100	100	10.4	[0, T, 2T]	[0, -13, -25]	[9.0, 3, -]
VDE50	50	21.7	[0, T, 2T]	[0, -21, -25]	[3.7, 2.2, -]
ASM	25	47.6	[0, T, 2T]	[0, -28, -35]	[11.0, -, -]

(T=Tap Delay Resolution)

Šáfar(2017)의 채널 프로파일에는 측정된 위치 및 이동성 여부에 따라 다양한 프로파일들이 정리되어 있다. 본 연구에서는 Ipswich지역에서 획득된 모델 중 고정된 선박과 해안국간 통신 채널 프로파일을 적용 한다. Ipswich지역의 고정선박 프로파일은 ASM, VDE 50kHz 및 VDE 100kHz에 대하여 정의한다.

Ipswich지역의 고정선박 프로파일 중 특히 VDE50(50kHz 대역폭모드에 대한 프로파일)은 ASM 및 VDE100 보다 1st path상의 Rician K-factor가 상대적으로 작아 보다 열악한 환

경으로 예상된다.

3. LMS 및 RLS 채널 추정 알고리즘

다중경로 환경에 대한 일반적인 대응 방안 중 하나로 적응형 등화기를 고려할 수 있다. 일반적인 적응형 등화기는 LMS (Least Mean Square)알고리즘과 RLS(Recursive Least Square)알고리즘이 있으며, 구현 복잡도 측면에서 보통 LMS 알고리즘을 선호한다. 본 연구에서는 해상통신 상 지형 및 파도 등에 의해 보다 열악한 통신 환경이 형성될 가능성이 있기 때문에 LMS 및 RLS 두 가지 채널추정 알고리즘을 고려하도록 한다.

3.1 LMS 알고리즘

LMS 알고리즘(Sayed, 2008)은 오차에 대한 평균제곱을 최소화하는 알고리즘이다. 이를 위하여 오차를 생성하고, 이를 filter계수에 지속적으로 반영한다. LMS알고리즘은 간략히 식(2)~(3)로 나타낼 수 있다. $x(n)$ 은 수신된 신호, $e(n)$ 은 오차값, $h_c(n)$ 은 채널 추정 계수이다.

$$e(n) = d(n) - h_c(n) \times x(n) \quad (2)$$

$$h_c(n+1) = h_c(n) + \mu \times e^*(n) \times x(n) \quad (3)$$

3.2 RLS 알고리즘

RLS알고리즘(Sayed, 2008)은 weighted least squares error function인 $C(w_n) = \sum \{\lambda^{n-1} \times e^2(i)\}$ 를 최소화 할 수 있는 계수를 찾는 알고리즘이다. RLS알고리즘은 간략히 식(4)~(7)로 나타낼 수 있다. $x(n)$ 은 수신된 신호, $d(n)$ 은 deterministic심볼, $a(n)$ 은 오차신호, $w(n)$ 은 채널 추정 계수, λ 는 forgetting factor, P 는 Identity행렬이다.

$$a(n) = d(n) - x^T(n) \times w(n-1) \quad (4)$$

$$g(n) = P(n-1) \times x(n) \times \{\lambda - x^T(n) \times P(n-1) \times x(n)\}^{-1} \quad (5)$$

$$P(n) = \lambda^{-1} \times P(n-1) - g(n) \times x^T(n) \times \lambda^{-1} \times P(n-1) \quad (6)$$

$$w(n) = w(n) + a(n) \times g(n) \quad (7)$$

4. 모의 시험 결과 및 분석

VDES 시스템의 대역폭모드 및 전송모드 Link ID로 구분되며, ASM 9종류 및 VDE 9종류가 있다. 본 연구에서는 대표적으로 ASM Link ID#5, VDE50k: Link ID#14~16, VDE100k: Link ID#17~19를 대상으로 Ipswich의 고정선박 프로파일을 적용하여 모의 시험을 수행하였다.

다음 그래프는 Link ID별 AWGN 및 Ipswich지역의 고정선박 프로파일을 적용한 경우에 대한 비트오율 성능을 나타낸다. Ipswich 지역의 고정선박 프로파일을 적용하는 경우 비등화기, LMS 및 RLS 채널 추정 알고리즘의 등화기 적용

버전으로 구분하여 성능을 분석하였다.

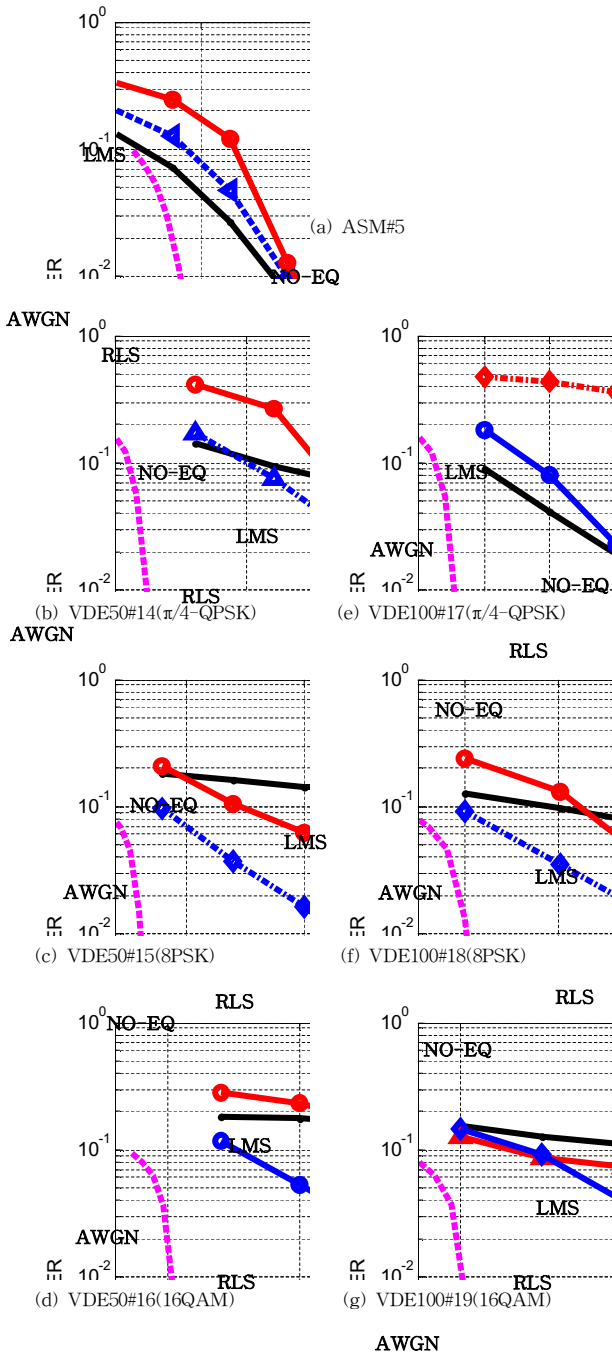


Fig. 2 BER Performance with Equalizer method or None-Equalization

Ipswich 지역의 고정선박 프로파일에서 ASM 대역모드는 가장 온화한 환경으로 Rician K-factor가 가장 크다. 그 결과 Fig.2 (a)에서 BER 성능은 적응형 등화기 없이도 다중경로 환경에서 BER = 1.0e-3 대의 성능을 보인다. LMS 및 RLS 추정 방식 등화기를 사용하는 경우 BER = 1.0e-4에서 AWGN 성능 대비 6.5dB 열화되는 정도로 구현 가능한 것으로 확인되었다. 그 외의 VDE50 및 VDE100 채널 프로파일에서는 등화기가

없는 경우 BER error-floor 현상이 확인되었다. 특히 VDE50의 경우 가장 열악한 환경으로, Fig.2(b)~(d)에서 LMS 추정 알고리즘을 적용한 등화기는 BER error-floor가 있는 것으로 확인되었다. 이와 같은 채널 환경에서는 RLS 추정 알고리즘이 필요한 것으로 판단된다. VDE100의 경우, Fig.2(e)~(g)에서 $\pi/4$ -QPSK의 경우 LMS 추정 알고리즘으로도 어느 정도 동작하는 것으로 분석되었다. 8PSK 및 16QAM은 반듯이 RLS 추정 알고리즘이 필요한 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 VDES 시스템 및 해상 통신용 다중경로 채널 모델을 소개하고, 다중경로 환경이 비트오류 성능에 미치는 영향을 모의 실험을 통해 분석하였다.

모의 실험 결과, 다중경로 환경에서는 적응형 등화기 적용이 필요하며, 채널 추정 알고리즘으로는 RLS 방식의 성능이 우수한 것으로 확인되었다. 일반적으로 구현 복잡도 문제로 LMS 알고리즘이 적용되는데, RLS 알고리즘에 비하여 대응이 부족할 수 있음이 확인되었다.

추후 연구에서는 실 해역 전송 시험 결과를 바탕으로 등화기의 구현 여부 또는 방식에 대하여 복잡도 대비 비트오류 성능을 비교 판단하여 다중경로 환경에 대한 대응 방안을 확정할 예정이다.

사 사

이 논문은 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원과 한국형 e-Navigation 사업단의 지원을 받아 수행된 "TMO 차세대 해양안전 종합관리체계 기술개발" 연구 결과 중 일부이다.

참 고 문 헌

- [1] IALA(2018), Guideline G1139, The Technical Specification of VDES, Edition 2, December 2018
- [2] Jan Šáfář(2017), The VHF Data Exchange System, A New Communications System for Maritime, 2017
- [3] Masayuki Takahashi (JRC, 2019), 1: Adding Multicarrier 16QAM to VDE-TER modulation method,
- [4] Ali H. Sayed, Adaptive Filters, IEEE Wiley-Interscience, 2008