

선박환경에서 에너지 효율성을 고려한 TDMA기반 고속 WPAN시스템의 전송파라미터 분석

준회원 박영민*, 이우영*, 정회원 이성로**, 종신회원 이연우*

Energy Efficient Transmission Parameters Analysis of TDMA Based HR-WPAN System for Ship Environment

Young-Min Park*, Woo-Young Lee* *Associate Members*,
Seong-Ro Lee** *Regular Member*, Yeonwoo Lee*^o *Lifelong Member*

요약

본 논문에서는 선박용 해양텔레매틱스(Maritime Telematics)를 위한 무선 PAN(WPAN: Wireless Personal Area Network) 시스템의 에너지 효율성을 결정하는 전송파라미터를 분석하여 최적의 전송파라미터 선택 방안을 제시한다. 본 논문에서 고려하는 WPAN 시스템은 IEEE 802.15.3의 TDMA 기반의 HR(high rate)-WPAN으로 선박네트워크에 적용할 경우에 고려되어야하는 전송 파라미터를 분석하고 에너지를 절약할 수 있는 전송파라미터 결정방식에 대하여 제안한다. 특히 선박환경에서 에너지 소모량과 밀접한 채널 파라미터인 경로손실(path loss)을 결정하는 선박의 구성재질(철골구조의 대형선박, FRP소재의 중소형선박)과 HR-WPAN 전송파라미터들에 따른 에너지 소모량을 분석하고 에너지 효율성을 극대화할 수 있는 선택방안을 제시한다. 시뮬레이션 결과 각 선박환경에 따라 전송률 선택방식, 전송전력 조절 방식 및 데이터 분할(fragment)크기의 선택에 따라 에너지 효율성능이 결정됨을 보였고 최적의 선택방안을 제시하였다.

Key Words : CWPAN, Energy Efficient, TDMA, SAN, Maritime Telematics

ABSTRACT

This paper proposes the optimal transmission parameter selection method for an energy efficient Wireless Personal Area Network (WPAN) system which is applicable to the Maritime Telematics targeting for various ship models. Since the transmission parameter selection is an important factor for WPAN system to decide its energy efficiency, we propose an energy consumption model for ship area network (SAN) employing IEEE 802.15.3 based TDMA HR-WPAN model and analyzes the effect of transmission parameter selection on the performance of energy consumption. In particular, the main performance decision parameter of the SAN applying HR-WPAN is path loss, since it is very varied according to the material of shipbuilding such as steel (large ship), FRP (medium size ship) and compound wood (small ship). Thus, we analyzed and demonstrated that the proper transmission parameter selection among transmit power, PHY data rate and fragment size for each ship model guarantee the energy efficiency.

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-C1090-0902-0010). 또한, 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-313-D00648).

* 목포대학교 정보공학부 정보통신공학전공 ** 목포대학교 정보공학부 정보전자공학전공 (°: 교신저자 ylee@mokpo.ac.kr)

논문번호: KICS2009-07-303, 접수일자: 2009년 7월 20일, 최종논문접수일자: 2009년 9월 10일

I. 서 론

최근 유비쿼터스 통신 연결성(connectivity)에 대해 커져가는 요구로 인하여 보다 증대되고 있는 관심을 유도하기 위해 WPAN(wireless personal network)와 같은 기술의 도입으로 개인 통신 장치가 기존의 확립된 인프라 구조가 없이도 서로 통신이 가능하게 되었다. WPAN 장치들은 대개 에너지 소모에 있어서 많은 제약을 받는 환경에서 동작하기 때문에 기존의 무선 네트워크 컴포넌트보다 더 적은 평균 전력 소모만으로도 동작할 수 있어야 한다. 즉, 무선 센서 네트워크 응용에서와 같이 넓은 영역에 걸쳐 분산된 많은 수의 장치들을 위해 자주 배터리를 바꾸어 주는 것이 거의 불가능한 일일 뿐만 아니라, 각 장치에서는 제약된 배터리 수명으로 인하여 에너지 효율적 동작은 WPAN 장치들에 있어서 가장 필수적인 요구사항이다.

이러한 WPAN 기술은 LR(low rate)-WPAN과 HR(high rate)-WPAN 기술로 분류되어 다양한 분야에 적용되고 있다. 특히, WPAN 기술의 선박내에 적용하려는 시도는 최근 다양하고 활발히 진행되고 있다. 선박 내에 적용되는 LR-WPAN기술은 주로 선박의 주요 장치에 대한 모니터링용으로 적용되는 사례로 볼 수 있다. 예를 들어 선두, 갑판, 엔진룸, 샤프트, 각종 밸브, 탱크, 선체 등에 센서를 부착하여 선체의 휘는 정도, 진동, 압력, 유량, 수량, 압력, 온도, 습도 등의 측정 데이터를 선장실 등에 위치한 싱크노드에서 수신하여 모니터링 시스템을 구축하는 것으로 LR-WPAN을 사용하여 이를 현실화할 수 있다. 반면에 IEEE 802.15.3 HR-WPAN 기술은 QPSK-TCM, DQPSK-TCM, 16QAM-TCM, 32QAM-TCM와 64QAM-TCM 등과 같은 변조방식을 사용하여 11Mbps, 22Mbps, 33Mbps, 44Mbps, 55Mbps와 같은 다섯 가지의 고속 데이터 전송율을 지원한다. 이러한 HR-WPAN기술은 설치방식이나 ad-hoc 망 구성방식의 편의성에 의하여 WLAN기술에서 적용할 수 없는 영역에서 WPAN의 대체기술이나 대응기술로 고려가 가능하다. 또한 선박내의 장치의 고도화, 멀티미디어화 및 전송데이터의 대용량화 추세에 의하여 HR-WPAN가 후보기술로서 고려될 수 있다.

본 논문에서는 이러한 HR-WPAN기술을 바탕으로 선박내의 장치나 기타 고속 데이터 전송이 필요한 장치의 네트워크 구성을 고려한다. 특히 IEEE 802.15.3 TDMA 기반의 HR-WPAN 시스템을 적용

대상으로 하고 선박네트워크에 적용할 경우에 고려되어야 하는 전송 파라미터를 분석하고 에너지를 절약할 수 있는 전송파라미터 결정방식에 대하여 제안한다. 특히 선박환경에서는 대형선박의 경우 철골(steel) 구조가 많은 반면 중소형 선박은 FRP소재의 선박이므로 전송전력 대비 경로손실의 차이가 성능을 결정하는 가장 큰 파라미터이므로 이것을 중심으로 HR-WPAN 시스템을 선박내 네트워크(SAN: Ship Area Network)을 구성하는 데 있어서의 성능을 분석하여 제시한다. 시뮬레이션 결과 선박환경에 따라서 고정 전송률 선택방식과 전송전력 조절 방식의 선택이 중요함을 보였다. 본 논문의 2장에서는 WPAN과 SAN의 시스템 모델을 기술하고, 3장에서는 에너지 소모식을 바탕으로 한 에너지 효율성 관련 시스템 파라미터에 대한 설명한다. 4장에서는 선박환경에서의 HR-WPAN의 전송 시스템 파라미터에 따른 성능분석 결과를 제시하고, 결론을 5장에서 맺는다.

II. 시스템 모델

2.1 HR-WPAN 모델

본 논문에서는 그림 1과 같은 WPAN 표준 피코넷(piconet) 모델을 가정한다. 이러한 피코넷에서 통신에 참여하고 있는 장치들 중의 하나는 비콘(beacon) 신호에 대한 시간 정보를 지원하고 QoS를 관리하는 피코넷 조정자(piconet coordinator, PNC)로서의 역할을 수행한다.

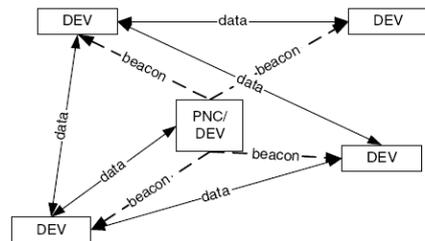


그림 1. WPAN 표준 네트워크 모델

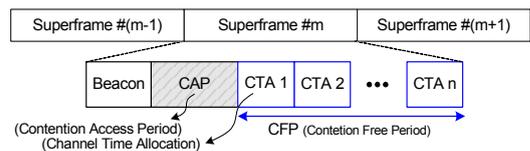


그림 2. WPAN의 슈퍼프레임 구조

그림 2 WPAN 표준 슈퍼프레임 구조에서 CAP (contention access period) 기간 동안에는 명령이나 비동기 데이터를 통신을 위한 슬롯이고, TDMA방식을 사용하여 채널시간을 할당 (channel time allocation, CTA)은 CFP(Contention Free Period) 구간을 사용하여 예약한다¹¹. CTA 동안 같은 피코 넷에서 다른 장치들로부터의 간섭 없이 장치들은 데이터를 전송할 수 있으므로 특정 QoS 조건을 가진 데이터 프레임은 전달하는데 사용된다. 본 논문에서는 TDMA 기반의 WPAN 시스템의 참조 모델로서 IEEE 802.15.3 고속 (High-Rate, HR) WPAN 시스템을 고려한다. 이 시스템은 11/22/33/44/55Mbps의 다섯 가지의 데이터 전송율을 지원한다. 데이터 프레임 사이즈는 최대 2048byte이고, 최대 전송 전력은 0에서 10 dBm을 지원한다.

2.2 선박내 HR-WPAN 시스템 모델

본 논문에서 고려하는 선박내 HR-WPAN 시스템 모델의 개념도는 그림 3에 보인바와 같다. 여기서 HR-WPAN의 네트워크 구성은 그림1의 WPAN 표준 네트워크 구성 모델인 피코넷을 바탕으로 하고, PNC를 중심으로 스타구조나 메쉬구조로 WPAN을 구성할 수 있다. 각 DEV들은 선박내의 측정센서와 연동하여 센싱된 데이터를 PNC에 전달하는 역할을 수행한다.

선박 내에서는 다음과 같은 위치에 센서를 부착하고 측정할 수 있는 데이터의 유형은 표 1과 같다.

특히 본 논문에서는 선박의 특이한 환경에서 HR-WPAN의 적용시 고려되어야 하는 전송 파라미터를 분석하고 에너지를 절약할 수 있는 전송파라미터 결정방식에 대하여 제안하고자 한다. 따라서 선박내 네트워크 환경에서 전송전력소모에 가장 큰 영향을 미치는 선박의 재질에 대한 영향을 분석한다. 일반적으로 대형선박의 경우 steel 구조가 많은

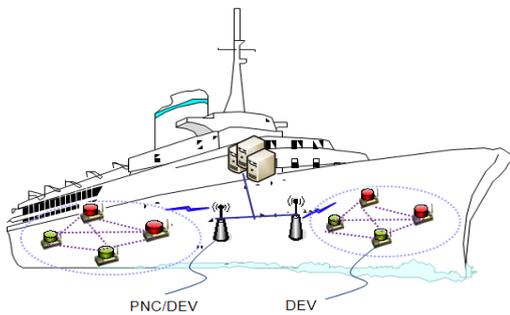


그림 3. 선박내 HR-WPAN 구성도

표 1. 선박내 WPAN 설치시 센서 설치 위치와 용도

위치	용도
선두	파도에 의한 선박의 휘는 정도 및 진동 측정
갑판	파도에 의한 선박의 휘는 정도 측정
엔진룸	온도, 습도, 진동, 압력 측정
샤프트	휘는 정도, 진동 측정
탱크(식수, 연료)	유량 및 수량 측정
선체	Hull Stress(배의 휘는 정도) 측정
선장실	싱크노드를 통한 측정데이터 수집, 모니터링, 데이터베이스화 및 알람서비스

반면 중소형 선박은 FRP소재의 선박이므로 전송전력 대비 경로손실의 차이가 좁은 영역 내에서 네트워크 구성하는 피코넷 환경에서의 성능을 결정하는 가장 중요한 전송 파라미터로 고려 할 수 있다¹⁴.

표 2와 같이 선박의 구성 재질에 따라서 다른 전송 투과성과 손실율은 WPAN 시스템에서 총괄적으로 전송신호가 겪는 path loss의 형태로 표현할 수 있을 것이다. WPAN 시스템 전송 파라미터에 따른 정확한 실측치나 모델링값이 존재하지 않으므로 본 논문에서 표 3과 같이 소형선박의 경우에는 일반적인 WPAN path loss 값을 설정한 반면, steel 선박이나 FRP 중소형선박의 경우에는 path loss 값을 높게 설정하여 철강이나 기타 다른 재질에 의한 전파 감쇄의 영향을 고려한다.

표 2. 선박환경 설정 파라미터

	Parameter	Value
Path loss	Steel 선박	60 dB
	FRP (중소형선박)	55 dB
	소형선박	50 dB

III. TDMA기반 에너지 소모량 분석

그림 1과 그림 2에 기술된 WPAN 시스템 모델의 에너지 소모를 분석한다. 데이터 분할(fragment) 크기 L , 데이터 전송율 R , 전송 전력 P_t 를 사용하여 프레임을 전송할 때 요구되는 에너지는 다음 식 (1)에 의해서 기술된다²¹.

$$E_{frame}(L, R, P_t) = T_{frame}(L, R) P_{tx}(P) \quad (1)$$

위 식에서 T_{frame} 은 프레임의 전송 시간이며, P_{tx} 는 프레임을 전송하는데 요구되는 전체 전력이며,

다음과 같이 정의된다^[2].

$$P_{tx} = P_{c_mod} + \frac{P_t}{\eta} \quad (2)$$

P_t 는 엄밀한 의미에서 전송기의 출력 전력이다. η 는 전력 증폭기의 효율성을 나타낸다. P_{c_mod} 는 기저 밴드 프로세서들을 포함한 전송기의 변조 회로에서 소모되는 전력이다. 성공적인 전송인 ACK 모드로 데이터 프레임을 전송할 때, 장치는 ACK 프레임을 기다리거나 받으면서 추가적인 에너지를 소모해야 한다. IEEE 802.15.3 표준에서 단기 프레임간 공간 (Short Inter프레임 Space, SIFS)의 끝에서 ACK 프레임이 도착하는 최악의 경우의 에너지 소모식은 다음과 같이 정의된다.

$$E_{SIFS} = T_{SIFS} \cdot P_{rx}^* \quad (3)$$

여기서, T_{SIFS} 는 SIFS의 구간이며, P_{rx}^* 은 전송과 감지(carrier sensing)에서 소모되는 전력이다. 이때, P_{rx}^* 은 실제 데이터 수신에서 소모되는 전력보다 적으며, 본 논문에서는 실제 데이터 수신 전력의 40%를 대략적으로 가정하여 $0.4P_{rx}$ 이다. 그러나 만약 기대되고 있는 ACK 프레임이 SIFS 구간에서 올바르게 수신되지 못한다면, 장치는 전송 시도에 따라 오는 RIFS (Retransmission Inter-frame Space) 기간 후에 장치는 프레임을 재전송한다. 만약 ACK 프레임이 SIFS의 끝부분과 RIFS의 끝부분 사이에 도착하지 않는다면, 전송 실패로 인해서 RIFS 동안 소모되는 전력은 $E_{RIFS} = T_{RIFS} \cdot P_{rx}^*$ 이다. 여기서 T_{RIFS} 는 RIFS의 기간시간이다. ACK 프레임을 수신하는 동안 소모되는 에너지는 $E_{ACK} = T_{ACK} \cdot P_{rx}$ 이다. 여기서 T_{ACK} 는 한 ACK 프레임의 전송 시간을 나타내고, 수신모드에서 장치의 전체 전력 소모 P_{rx} 는 식 (4)와 같다^{[2],[3]}.

$$P_{rx} = P_{c_demod} + P_r \quad (4)$$

P_r 은 수신 front-end에서 소모되는 전력이며, P_{c_demod} 는 기타 기저대역 프로세서 (baseband processors)를 포함하는 복조기 회로에서 소모되는 전력을 나타낸다.

본 논문에서는, 변조 회로에서 소모되는 전력 (P_{c_mod})과 복조회로에서 소모되는 전력(P_{c_demod})은 [2]에서 기술 되었듯이 같은 값인 P_c 로 설정하였다. L_{MSDU} 크기로 전체 MSDU(MAC Service Data Unit)

의 전송을 고려할 때, 전송장치는 L_{MSDU}/L 개의 프레임들을 전송해야 한다. 따라서 전송 에러를 고려하지 않고 전체 MSDU를 전송하는데 요구되는 전력은 다음과 같이 기술된다.

$$\begin{aligned} E_{MSDU}(L, R, P_t) &= \left\lceil \frac{L_{MSDU}}{L} \right\rceil \cdot E_{frame}(L, R, P_t) + E_{frame}(L_{remain}, R, P_t) \\ &+ \left\lceil \frac{L_{MSDU}}{L} \right\rceil \cdot (E_{SIFS} + E_{ACK}) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 L_{remain} 은 MSDU가 고정 크기 L 로 분할된 후의 남은 데이터의 길이이다. 프레임 에러에 의해 발생하는 재전송을 고려했을 때, 평균 처리량은 식 (6)에 의해서 계산되며, 계산된 처리량은 MAC 계층에서 맵핑된 QoS 요구량을 나타내는 TH_{req} 이상의 값 이어야 한다.

$$\begin{aligned} TH = & (1 - FER) \cdot \sum_{k=1}^k L_{MSDU,k} \\ & \sum_{k=1}^k \left[\left\lceil \frac{L_{MSDU,k}}{L} \right\rceil \cdot T_{frame}(L, R) + T_{frame}(L_{remain,k}, R) \right. \\ & \left. + \left\lceil \frac{L_{MSDU,k}}{L} \right\rceil \cdot FER \cdot T_{RIFS} \right. \\ & \left. + \left\lceil \frac{L_{MSDU,k}}{L} \right\rceil \cdot (1 - FER) \cdot (T_{ACK} + T_{SIFS}) \right] \geq TH_{req} \end{aligned} \quad (6)$$

FER은 프레임 오류율을 나타내며, 현 채널 상태를 반영한다. FER은 채널의 환경 요인, 즉 AWGN 또는 다중 경로 페이딩(multipath fading) 채널 등에 따라 달라질 수 있다. 일반적으로 AWGN 채널 환경을 고려할 수 있으므로 본 논문에서는 AWGN을 고려한다. 무선 채널에서 전송 오류를 고려할 때, 식(7)에서 정의한 MSDU 전송을 위한 평균 에너지 소비량은 식 (7)과 같이 기술될 수 있다.

$$\begin{aligned} E_{MSDU,k}(L, R, P_t) = & \left(\left\lceil \frac{L_{MSDU,k}}{L} \right\rceil \cdot E_{frame}(L, R, P_t) \right. \\ & \left. + E_{frame}(L_{remain}, R, P_t) \right. \\ & \left. + \left\lceil \frac{L_{MSDU,k}}{L} \right\rceil [(E_{SIFS} + E_{ACK})(1 - FER)] \right. \\ & \left. + E_{RIFS} \cdot FER \right) \cdot \sum_{i=0}^q FER^i \end{aligned} \quad (7)$$

q 는 프레임이 폐기되기 전에 재전송을 시도한 횟수의 상한이다. 위와 같은 수식들을 근거로 하여 할당된 CTA 기간 동안 전송 장치에 의해서 소모된 전체 에너지 소모량을 계산할 수 있다. CTA가 각 노드가 전송 해야할 데이터의 양에 근거하여 각 노

드에 할당되는 것을 가정한다. CTA 기간 동안 K 개의 MSDU들을 전송하기 위해서 소모되는 총 에너지 소모량은 식 (8)과 같다.

$$E_{CTA} = \sum_{k=1}^k E_{MSDU,k}(L, R, P_t) \quad (8)$$

IV. 시뮬레이션 모델 및 결과

4.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 HR-WPAN 네트워크의 선박환경에서의 성능을 검증하고 전송파라미터에 따른 총 에너지 소모량을 분석하여 대형, FRP중소형, 소형선박에서 에너지 효율성을 증대시킬 수 있는 전송파라미터를 결정하는 것이 중요하다. 제한된 에너지 소모량 분석식을 통하여 에너지 소모를 결정하는 HR-WPAN 전송파라미터들 (즉, 전송전력(P_t), 전송데이터율(R) 및 전송 데이터 분할크기(fragment size, L))에 대하여 성능분석을 시뮬레이션을 통하여 수행한다. 또한 효율적으로 에너지 소모를 제어하고 파라미터들의 영향을 분석하기 위하여 전송파라미터들 중에서 영향을 분석하고자 하는 고정 파라미터 이외의 파라미터들은 식 (8)을 근거로 하여 최소의 에너지를 소모하도록 파라미터를 선택하는 알고리즘을 사용하여 설정하였다⁵⁾. 성능평가를 위하여 IEEE 802.15.3 HR-WPAN 시스템의 파라미터를 기준으로 CFP를 그림 2의 몇몇 CTA 기간을 통하여 실험한다. IEEE 802.15.3 표준에 명시된 대로, 데이터 분할 크기(L)를 최대 2048 byte까지로 하고 전송전력은 최대 0과 10dBm사이로 설정하여 결과를 분석하였다. 본 논문에서는 HR-WPAN 시스템의 파라미터를 표 3과 표 4와 같이 가정하여, 전송데이터(MSDU) 크기가 7000 byte이고 CTA에서 전송된다

표 3. IEEE 802.15.3 물리 계층 파라미터

Parameter	Value
Preferred fragment size (bytes)	64, 256, 512, 1280, 2536, 1792, 2048
Header duration for 11 Mbps	31.27 μ s
Header duration for 22, 33, 44, 55 Mbps	22.54 μ s
T_{ACK}	22.54 μ s
T_{SIFS}	10 μ s
T_{RIFS}	27.27 μ s

표 4. 에너지 파라미터

Parameter		Value
Pc		400 mW
Pr		50 mW
Path loss	Steel 선박	60 dB
	FRP 중소형선박	55 dB
	소형선박	50 dB
η (PA efficiency)		0.1

고 가정한다. CTA 시간지연은 0.006초일 경우를 고려하고, 10개의 WPAN 장치에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

그림 4에서는 각 선박환경에 따라 다르게 설정된 path loss에 따라 분석된 HR-WPAN의 에너지 소모량에 대한 시뮬레이션 결과를 보였다. 그림에서는 채널의 상태에 따라 데이터 분할크기, 데이터 전송률 파라미터를 적응적으로 변경시키는 알고리즘을 사용하였으므로, 각 고정 전송 전력에 대해서 비교하였다. 비교 분석결과, 에너지 소모가 많을 것으로 예상되는 steel ship의 경우 가장 에너지 소모량이 큼을 알 수 있다. 그렇지만 전송 전력이 $P_t=8dBm$ 으로 설정되고 다른 전송파라미터를 적응적으로 제어하는 경우에는 FRP ship의 $P_t=0dBm$ 보다 우수한 에너지 효율 성능을 보임을 알 수 있다. 따라서 선박의 소재가 전파에 의한 에너지 소모가 많을 경우에는 전송전력을 높게 설정하여 고정적으로 전송할 경우 만족할 만한 성능을 기대할 수 있을 것이라는 결론을 얻을 수 있다.

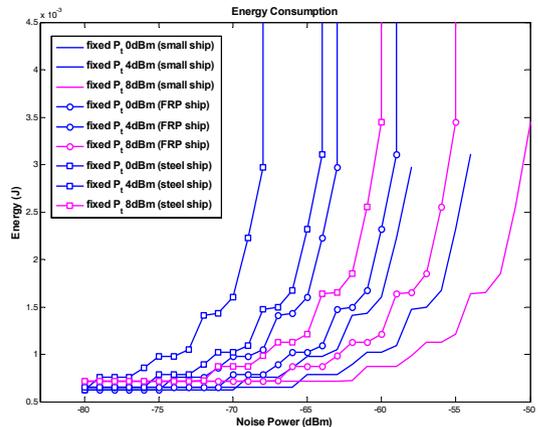


그림 4. 고정 전송전력(P_t) 전송파라미터에 대한 선박의 종류(path loss)에 따른 잡음전력대비 에너지 소비량 비교 성능

그림 5에서는 채널의 상태에 따라 전송 데이터를 (PHY rate)를 고정시킨 상태에서 데이터 분할크기, 전송 전력을 채널의 상태에 따라 적응적으로 변경시키는 경우에 대한 에너지 소모량을 각 선박환경별로 비교하였다. 고정 전송률이 33Mbps인 경우 잡음전력이 -65dBm이하에서 모든 선박환경에서 우수한 에너지 효율을 보였으나, 잡음전력이 높은 경우에는 전송 데이터율을 감소시키거나 고정 전송전력을 높이는 경우에 에너지 효율이 높은 성능을 보였다.

그림 6에서는 데이터 분할크기를 고정시킨 상태에서 전송 전력 및 전송 데이터율을 채널의 상태에 따라 적응적으로 변경시키는 경우에 대한 에너지 소모량을 각 선박환경별로 비교하였다. 고정 데이터 분할크기가 1024byte인 경우 대체로 선박환경에 관계없이 에너지 소모량이 비교적 작음을 알 수 있다. 이는 잡음전력의 증가에 상관없이 일정한 에너지 소모량을 보임을 알 수 있는데, 이를 통해 전송환경의 제약이 없는 경우 MSDU의 fragment size를 크게 하는 것이 전송에너지 효율면에서 유리하다고 결론 지을 수 있다. 선박환경별로 에너지 소모 성능을 비교한 결과, 소형선박(small ship)의 경우 데이터 분할크기와 거의 상관없이 모든 잡음환경에서 고루 우수한 성능을 보였다. 반면에 대형선박의 경우 잡음전력이 낮은 환경에서는 데이터를 분할하여 전송하는 방식이 어느 정도 에너지 효율성을 기대할 수는 있지만, 대체적으로 잡음전력이 -65dBm이상인 환경에서는 전혀 효율성을 기대할 수 없다.

한편 그림 4와 그림 5의 결과를 통합적으로 비교해 볼 때, 대형선박의 경우 잡음전력이 낮은(-70~-65 dBm) 이하의 환경에서는 고속의 전송 데이터

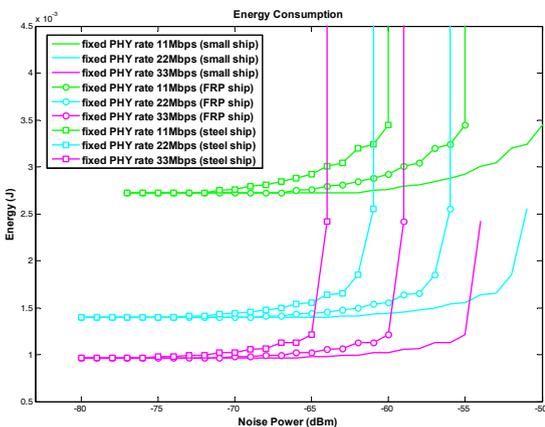


그림 5. 고정 전송데이터율(R) 전송파라미터에 대한 선박의 종류(path loss)에 따른 잡음전력대비 에너지 소비량 비교 성능

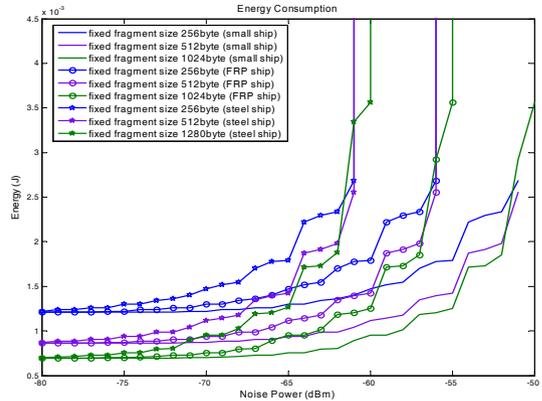


그림 6. 고정 데이터 분할크기(fragment size) 전송파라미터에 대한 선박의 종류(path loss)에 따른 잡음전력대비 에너지 소비량 비교 성능

율 (33Mbps) 전송방식이나 데이터 분할크기가 큰 전송방식 (1024byte)으로 전송파라미터를 설정하여 전송하는 것이 에너지 효율 면에서 유리하다. 여기서 전송된 데이터 수율(throughput)은 식 (6)에서 제시한 바와 같이 TH_{req} 이상의 값을 만족하도록 시뮬레이션 모델을 설정하였다. FRP선박의 경우 전송파라미터 선택의 폭이 다양하지만 전송 전력과 전송 데이터율을 적응적으로 제어하고 데이터 분할크기를 고정하는 전송방식이 대체적으로 우수한 에너지 효율성능을 보인다는 결론을 얻을 수 있다. 마지막으로 소형선박의 경우에는 모든 경우에서 상대적으로 우수한 에너지 효율성능을 얻을 수 있었고, 그 중에서도 데이터 분할크기를 고정으로 하고 전송데이터율과 전송 전력을 적응적으로 제어하는 전송방식이 가장 우수한 에너지 효율성능을 얻을 수 있었다. 또한 잡음전력이 -70dBm이하로 낮은 경우에는 전송 전력과 데이터 분할크기 파라미터를 고정하는 방식은 성능에 큰 영향을 주지 않지만 데이터 전송률은 33Mbps로 고정하는 선택이 에너지 효율면에서 유리하다. 반면 잡음전력이 높은 환경에서 모든 선박의 경우 우수한 성능을 얻기 위해서는 낮은 데이터 전송률로 고정하거나 높은 전송전력으로 고정하여 선택하는 방식이 유리하다는 결론을 얻을 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 선박환경에 적용하기 위한 TDMA기반의 HR-PAN시스템의 전송 파라미터를 분석하여 에너지를 절약할 수 있는 전송파라미터 결정방안에 대하여 제안하였다. 대형 steel 선박과 중소형

