

Mesh Network 기반의 항만통신 인프라 구축방안

최형립* · 이두원** · 유동호*** · 권해경**** · 전용식***** · 이호인*****

A Study on the Construction of Port Communication Infra based on Mesh Network

Hyung-Rim Choi · Doo-Won Lee · Dong-Ho Yoo · Hae-Kyoung Kwon · Yong-Sik Jeon · Ho-In Lee

목 차

- | | |
|-------------------|---------------------|
| I. 서론 | IV. 무선 메쉬 네트워크 구축방안 |
| II. 문헌연구 | V. 결론 |
| III. 무선통신 구축현황 분석 | |

Key Words: Port Communication, Port Network, Wireless Communication, Mesh Network

Abstract

The study herein has focused on offering foundation infrastructure in order for seamen who arrive at Korean ports to use internet service smoothly in waiting time and free time. It also concentrated on how to build communication infrastructure for efficient operations when improving existing ports and developing new ports. For this, it has grasped the tendency of researches concerning the existing port communication and has also investigated the status and problems of communication infrastructure being used currently in ports.

So it has suggested several realistic development methods based on mesh network and has reviewed them in terms of the stability, economic feasibility and efficiency. Additionally, this research offers the results of the performance test conducted on major equipment in market by the suggested methods.

This research can be a good guideline in building wireless communication systems of ports and is expected to contribute to creating traffic volume by improving the image of ports.

▷ 논문접수: 2009.04.25 ▷ 심사완료: 2009.05.28 ▷ 게재확정: 2009.06.02

* 동아대학교 항만·물류시스템학과 교수, hrchoi@dau.ac.kr, (051)200-5613, 대표집필

** (주)케이피씨 CEO, dwlee@kpcnet.com, (051)203-2512, 공동저자

*** 경남발전연구원 전문연구원, eastsky@gndi.re.kr, (055)239-0128, 교신저자

**** 엔지엘(주) 컨설팅팀 팀장, hkkwon@nglp.kr, (051)462-7411, 공동저자

***** 엔지엘(주) 컨설팅팀 팀장, jysik@nglp.kr, (051)462-7411, 공동저자

***** 부산신항만주식회사 정보기술팀 팀장, hilee@pncport.com, (051)601-8300, 공동저자

I. 서론

전 세계 주요 항만들은 지속적으로 증가하고 있는 물동량을 보다 많이 처리하기 위해 기존 생산성 향상을 위한 운영방식 개선이나 첨단 하역장비 도입 이외에 고객(선사, 화주 등)을 위한 서비스 개발에 노력을 기울이고 있다.

이러한 활동들 중 최근 선진항만들 사이에서 새로운 서비스로 대두되고 있는 것이 항만에 정박 중인 선박 내 선원들이 자유롭게 인터넷을 사용할 수 있도록 지원하는 것이다.

이와 같이 원활한 인터넷서비스를 지원하기 위해서는 기존 항만에 설치되어 있는 AP(Access Point¹⁾)의 제원(도달거리, 속도 등)으로는 한계가 있으며, 보다 광범위한 영역을 커버하고 사용자가 문제없이 인터넷에 접속할 수 있는 환경이 구축되어야 한다. 우리나라의 경우 이러한 서비스 부문의 기술력은 세계 최고의 수준이나 현재까지 항만의 이용자를 위한 기술 적용 노력이 미흡했다고 판단된다. 따라서 이러한 기술력을 활용하여 항만 이용자를 위한 서비스(인터넷 사용, One-Stop 처리 등) 환경이 조속히 구축되어야 할 필요가 있다.²⁾

이러한 환경을 구축하기 위해 본 연구에서는 항만의 기존 무선 환경에 대한 문제점을 분석하고 기존 항만의 무선 환경 문제해결을 위한 방안으로 최근 대두되고 있는 mesh 네트워크를 기반으로 현실성 있는 몇 가지 구축 방안을 수립하고 각 방안별 실제 테스트의 수행 및 특성을 제시함으로써 추후 항만 운영자가 무선 인프라를 효율적으로 구축하는데 가이드라인으로 활용할 수 있도록 하고 항만 이용자의 만족도 및 인지도를 향상시키는데 기반이 되도록 하는데 본 연구의 목적이 있다.

II. 문헌연구

1. 정보통신 개념

정보통신은 사전적으로 볼 때 “개체간의 각종 정보를 격지(공간적) 사이에서 주고받는 것”을 의미한다. 이를 위해서는 개체의 특성도 중요하지만 개체를 연결해주는 통신 인프라의 구성 방법이 중요하다. 통신 인프라는 TCP/IP³⁾를 기본으로 하며, 안정성을 보장하고 대량의 트래픽에 견고한 네트워크 형성을 위하여 백본 네트워크의 이중화, 확

1) 통신망에 있어서 네트워크 측과 사용자 측의 접속점.

2) 신계선, "항만경쟁력 결정요인 분석과 부산 신항의 발전 전략에 관한 연구", 한국항만경제학회지, 제23권 제1호, 2007.3. p.141.

3) 데이터 통신에서 정보를 주고 받을 때 사용하는 통신규약인 프로토콜의 일종.

정성, 로드 밸런싱을 고려하여 구축해야 한다. 이를 통해 네트워크의 신뢰도 및 성능이 보장되고, 시스템의 확장, 데이터 및 인원 증가 등을 유연하게 수용할 수 있게 되며, 외부망과의 호환성 유지 및 유지보수가 용이해진다.⁴⁾

통신은 크게 유선⁵⁾과 무선⁶⁾방식으로 나눌 수 있는데 두 방식은 각각의 특징을 가지고 있는데 이를 정리하면 <표 1>⁷⁾과 같다.

<표 1>에서와 같이 대역폭이나 연결의 안정성 측면에서는 유선통신방식이 무선통신 방식 보다 우월하다. 하지만 이동성이나 구축비용의 측면에서는 무선통신이 유선통신에 비하여 유리하다. 따라서 효율적인 통신 인프라를 구축하기 위해서는 사용자가 사용하는 업무환경, 요구 성능, 경제성 등 다양한 측면이 고려되어야 한다. 즉, 사용자가 고정적인 지점에서 안정적인 통신을 원하면 유선통신을 사용하는 것이, 유동적인 즉 움직임이 많은 현장의 업무를 수행해야 한다면 무선통신 환경을 구축하는 것이 보다 효율적일 것이다.

<표 2> 유선과 무선 통신의 장단점

구분	유선통신	무선통신
대역폭	• 수Mbps ~ 수십Mbps	• 수십Kbps ~ 수백Mbps
연결 안정성	• 간섭에서 안정적임	• 간섭에서 불안정함
사용자 이동성	• 유선이 구축된 범위로 제한적임	• 유효범위 내에서 자유로움
주요 대상 바이스	• 데스크탑 컴퓨터 등 유선단말기	• PDA, 랩탑 등 무선단말기
구축 비용항목	• 장비비, 공사비	• 장비비

그러나 이러한 유선과 무선의 장·단점이 있음에도 불구하고 항만과 같은 환경적 제약이 존재하는 곳은 무선통신 위주의 통신 인프라를 구축하는 것이 일반적이고 무선 통신 인프라도 사용자의 목적에 맞는 장비가 구축되어야 할 것이다.

2. 항만 무선통신 분야 기존 연구

기존 항만의 무선통신에 대한 연구는 대부분이 업무위주의 요구사항을 파악하는 수준에 그치고 있고 실제 적용을 통해 그 효과를 검증한 사례는 찾아보기 어려우며 항만

4) 김진식 · 이정신, "군산 새만금 신항만의 효율적 운영을 위한 첨단 통합정보시스템 구축 방안", 2008년 9월 국제학술대회, 2008. p.15.
 5) 전송로(傳送路)에 도선을 사용하는 방법으로 이루어지는 전기통신.
 6) 전자기파(電磁氣波)를 매개(媒介)로 행하여지는 전기통신.
 7) 전자신문사, "2003 인터넷 연감", 2003.7. p.25.

의 특수성(보안지역)으로 인해 항만의 주요 이용자라 할 수 있는 선원들을 대상으로 한 실제적인 연구가 진행되지 못한 것으로 판단된다.

서기열 등(2006)은 항만에서 정보네트워크 사용자의 요구사항은 분석하였으나 현실적인 구현방안을 제시하는데 미흡함이 있다.⁸⁾

서기열 등(2007)은 해상 정보네트워크의 요구사항과 현재 이를 지원하는 시스템에 대해서는 체계적으로 분석하였으나 항만의 주요 사용자별 서비스 보다는 업무에 따른 네트워크 활용범위를 제한하였다. 또한 부산항의 지형을 이용하여 현실적인 구축방안을 제시하였으나 주변 무선 환경까지는 고려하지 않았다.⁹⁾

Jaya Shankar Pathmasuntharam et al.(2007)은 항만의 지형과 선박을 이용하여 메쉬 네트워크의 특성을 살린 방안을 제시하였으나 주요 항만의 네트워크 현황에 대한 분석이 이루어지지 않아 항만환경이 상이한 지역에 적용하기 위한 현실성이 부족해 보인다.¹⁰⁾

따라서 우리나라 항만의 통신현황을 고려하여 입·출항하는 선박의 대다수 사용자들이 이용할 수 있는 현실적인 네트워크 구성방안에 대한 연구가 필요하다.

Ⅲ. 무선통신 구축현황 분석

1. 항만 무선통신 개념

항만의 무선통신은 다양한 작업을 위해 통제센터와 작업자, 작업자 간 의사소통을 위한 인프라로 인식되는 것이 일반적이는데 이러한 항만은 지형 및 업무적인 특수성으로 인해서 대부분 무선통신을 사용하며 그 종류 및 주요특징은 <표 2>¹¹⁾와 같다.

무선통신은 사용하는 주파수 대역에 따라서 유효대상영역이 나뉘며 통신방식과 처리속도에 따라서 콘텐츠의 종류와 수준이 결정된다. 이 같은 구분을 근거로 항만의 무선통신을 분석해보면 인식거리가 짧지만 처리속도가 높은 지역은 AP를 이용한 무선통신을 주로 사용하며 항만 내/항계부근에서는 음성통신 기반의 VHF가 주된 통신장비이다. 거리가 먼 원해의 경우에는 고가이지만 위성통신을 이용한다.

8) 서기열·오세웅·조득재·박상현·서상현, "E-Navigation을 위한 항만 정보네트워크 구현방안", 한국해양정보통신학회논문지, Vol.10, No.11, 2006. pp.1927-1933.

9) 서기열·오세웅·조득재·박상현·서상현, "Mesh Network 기반의 해상 정보 네트워크 시스템 설계", 한국해양정보통신학회논문지, Vol.31, No.6, 2007. pp.497-502.

10) Jaya Shankar Pathmasuntharam, Joe Jurianto, Peng-Yong Kong, Yu Ge, Mingtuo Zhou2, and Ryu Miura2, "High Speed Maritime Ship-to-Ship/Shore Mesh Networks", 『Institute for Infocomm Research』, 2007.

11) 부산지방해양항만청, 여수지방해양항만청, (주)케이티 내부자료.

2. 국내 항만의 무선통신 구축현황

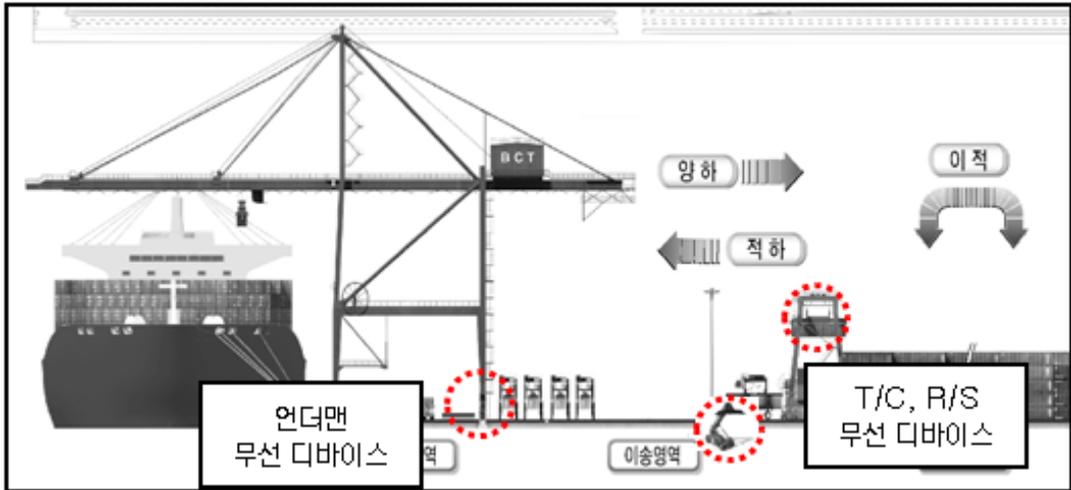
항만의 무선통신 구축현황은 터미널별 크기, 운영방식, 장비의 종류 등 각기 상이한 특성이 있어 기존 구축현황 분석을 위해서는 여러 형태의 컨테이너터미널 중 가장 표준에 가깝다고 판단되는 G항만을 직접 방문하여 실무 전문가와의 면담, 장비 설치위치 및 성능 등을 분석하였다. G항만은 공유수면을 매립하여 개발하였고 총 크기는 6,150m × 2,350m이며 5만톤급 선박 20대와 2만톤급 선박 3대가 동시 접안할 수 있는 표준적인 형태이며 대규모 항만이다.

이러한 대규모 항만의 경우 개활지로 무선인프라가 갖춰지면 통신에 장애가 없으나 철제로 만들어져 있는 컨테이너를 장치하면서 통신장애지역 즉 음영지역이 발생하게 된다. 이에 따라 각 항만에서는 다양한 통신 수단의 사용이 검토되어 왔다.

<표 3> 항만 무선통신 구성형태

구분	항만 작업통신	해상교통관제통신	위성통신
주요 통신수단	AccessPoint	VHF (Very High Frequency)	INMARSAT
비용 구축비용 이용비용	<ul style="list-style-type: none"> • 저가 • 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 다소 고가 • 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 고가 • 고가
기능	<ul style="list-style-type: none"> • 부두 내부 작업 관련 통신 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상교통 관제업무 • 조난, 긴급, 안전, 비상통신, 호출 • 도선사/항만예선 호출 	<ul style="list-style-type: none"> • 전 세계 선박통신
대상지역	<ul style="list-style-type: none"> • 항만 내 	<ul style="list-style-type: none"> • 항만 내/항계부근 • 해상교통밀집해역 	<ul style="list-style-type: none"> • 전 세계
통신방식	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 통신 	<ul style="list-style-type: none"> • 음성통신 	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터통신
처리속도	<ul style="list-style-type: none"> • 54Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> • 수십 MHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 128Kbps
문제점	<ul style="list-style-type: none"> • 100~150m 정도의 좁은 유효인식거리 • 잦은 핸드오버로 인한 데이터 유실 	<ul style="list-style-type: none"> • 한정된 채널로 통신 교신량 과다 시 병목현상 발생 • 개방형 통신구조로 보안성 결핍 	<ul style="list-style-type: none"> • 구축 및 통신비용 고가

기존 항만에서 무선통신서비스를 구축하는 주요 목적은 항만 내 작업자 및 이동형 장비의 작업관련 데이터를 처리하기 위해서이다(<그림 1>참조).



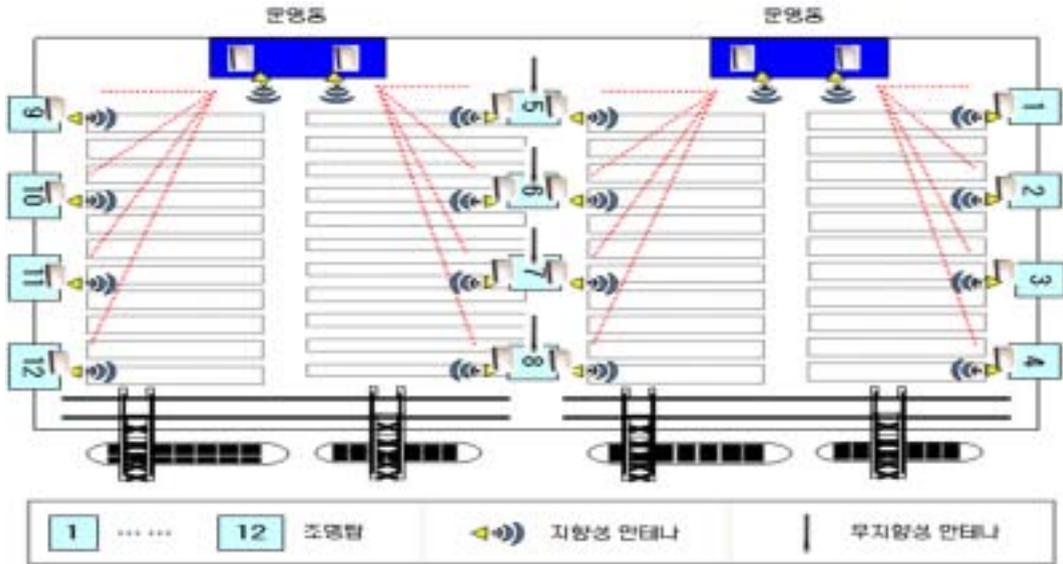
<그림 1> 터미널 무선통신 서비스 대상

구성형태는 조명탑에 AP가 설치되어 터미널 현장에서 발생하는 데이터를 취합한다. 취합된 데이터는 유선을 통해서 운영동에 있는 서버에 최종적으로 취합된다. <그림 2>¹²⁾는 G 항만의 무선통신 구성도이다.

그러나 AP의 경우는 100~150m 정도의 짧은 인식거리로 인해 잦은 hand-over¹³⁾와 간섭¹⁴⁾이 발생하여 데이터를 잃어버리는 문제가 발생한다.¹⁵⁾

또한 유선으로만 확장이 가능하기 때문에 기존에 인프라가 구축되어 있는 조명탑으로 설치지역이 제한된다. 예를 들어 수평형 항만의 경우는 장비가 장치장의 컨테이너들 사이에 위치하게 되어 컨테이너 단적수가 높은 경우는 무선통신의 음영지역이 발생하게 된다. 이 경우 유선을 통해 확장 공사를 실시해야 하는데 그렇게 될 경우 작업을 중단하고 선로 및 장비를 설치해야 하는 애로가 있다. 그러나 무선을 통해서 확장이 가능하다면 작업과 관계없이 음영지역 주변으로 무선 네트워크를 구성하고 기존의 네트워크망과 연결하면 해결된다.

- 12) 조명탑: 항만 내에서 야간작업을 지원하기 위하여 조명시설을 갖춘 탑.
 지향성안테나: 특정한 방향으로 세계 전파를 방사하거나, 특정한 방향에서 오는 전파를 특히 잘 받아들일 수 있도록 설계한 안테나.
 무지향성안테나: 전파의 방사를 전 방향성을 띄도록 설계한 안테나.
- 13) 통화 중 상태인 이동 단말(mobile station)이 해당 기지국 서비스 지역(cell boundary)을 벗어나 인접 기지국 서비스 지역으로 이동할 때 단말기가 인접 기지국의 새로운 통화 채널에 자동 동조되어 지속적으로 통화 상태가 유지되는 기능.
- 14) 같은 주파수의 파동이 합성되거나 상쇄될 때 나타나는 현상.
- 15) 한정준, "차세대 인터넷에서의 호스트 이동성 지원 방안에 대한 연구", 『세종대학교 대학원: 정보통신공학과』, 2003.12. p.69.



<그림 2> 터미널 무선통신 구축 현황

기존 AP의 문제점을 안정성, 경제성, 효율성 측면으로 구분하여 정리하면 <표 3>과 같은데 이러한 문제점은 기존의 사용자 요구와 현재의 요구가 달라졌고 새로운 무선통신 기술의 발달에 기인한다.

종합하면 현재의 인프라를 통해서도 변화하고 있는 항만 사용자의 요구를 충족시키는데 한계가 있어 새로운 기술이 접목된 서비스 개발이 필요하다. 그러기 위해 본 연구에서 대안으로 보고 있는 무선 메쉬 네트워크 기술에 대한 분석과 이를 기반으로 한 방안 개발 및 테스트 수행을 통해 현실적인 대안을 제시하고자 한다.

<표 4> 유선 AP의 문제점

구분	내용
안정성	<ul style="list-style-type: none"> • 선로는 다중화가 가능하나 AP는 다중화가 어려움 • AP 또는 선로 고장 시 복구시간이 오래 소요됨
경제성	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 네트워크 인프라가 구성되지 않은 확장 시 공사비 + 장비설치비로 인한 비용 증가
효율성	<ul style="list-style-type: none"> • 짧은 유효인식거리로 인한 잦은 hand-over로 데이터 손실 가능성이 있음 • 무선통신 기술의 발달에 따른 사용자 요구 수용에 애로

IV. 무선 메쉬 네트워크 구축방안

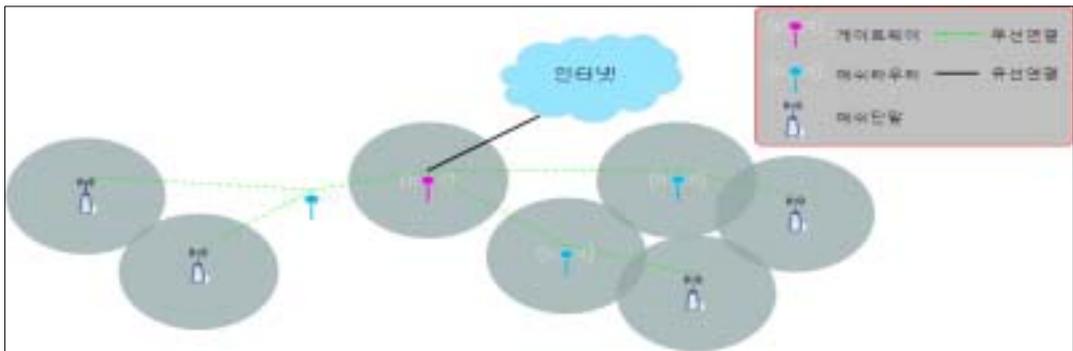
1. 무선 메쉬 네트워크 개념

전술한 바와 같이 기존 무선 통신의 문제를 해결하기 위해서는 보다 먼 거리를 고속으로 정보를 송·수신하기 위한 대안이 필요한데 이러한 요구에 적합한 대안이 최근 대두되고 있는 무선 메쉬 네트워크이다.

무선 메쉬 네트워크는 메쉬라우터들이 무선 멀티 홉 메쉬 형상으로 자동설정 연결되어 동작되는 메쉬 무선랜 구조를 말한다(<그림 3>참조).¹⁶⁾

무선 메쉬 네트워크 구축의 전제조건은 크게 두 가지로 메쉬 장비간의 백홀(backhaul)연결을 위한 장비간의 가시성(Sight of View)확보와 안정적인 전원지원(Power Supply)이다.

또한 무선 메쉬 네트워크의 특징은 유선을 통해서 유효영역을 확장하는 기존 방식보다 구축의 편리성, 신속성과 운영에서의 유연성 그리고 비용 측면에서의 경제성을 가진다.



<그림 3> 무선 메쉬 네트워크의 구조

<표 5> 무선 메쉬와 일반 AP 시스템 기능비교

구분		무선 메쉬	옥외용 일반 AP
구축기간		장비설치시간	유선구축시간 + 장비설치시간
비용	장비비	고가	저가
	유선구축비	없음	고가

16) 이계상, "IEEE 802.11 프로토콜 기반 메쉬 무선랜의 성능분석", 2005. p.255.

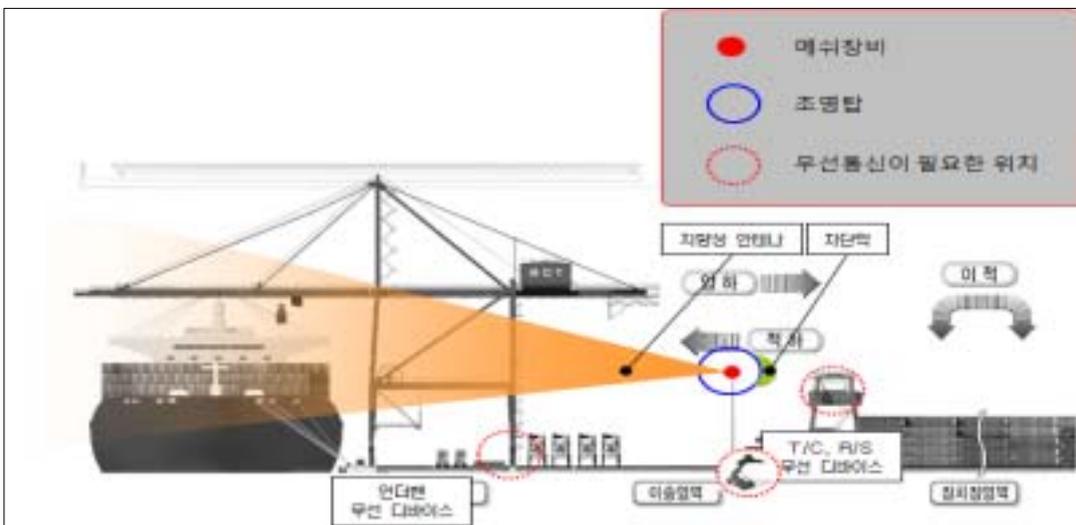
2. 구축 환경 설정

기존 항만에 구축되어 있는 네트워크 인프라로는 제공 할 수 없었던 선박 인터넷 서비스를 제공하기 위해서는 무선통신 방식으로 구축해야 하는데 이를 위해서는 <표 5>에서와 같이 안정성, 경제성, 효율성 측면에서의 전제조건을 충족시킬 수 있는 환경이 설정되어야 한다.

<표 6> 무선 메쉬 네트워크 구축을 위한 전제조건

구분	내용
안정성	• 다중화를 통한 끊어짐 없는 서비스의 제공
경제성	• 시스템 구축을 위한 적정 비용
효율성	• 네트워크 서비스의 성능 - 처리성능(Throughput) - 응답시간(Response time) - 핑 성공율(Ping success rate)

또 현실적인 실험환경을 위해 현재의 일반적인 항만을 모형화 시켰으며 서비스 이용 대상은 항만 이용자 중 선박이 접안되어 있는 동안의 선내에서 서비스를 이용하는 선원들이라 전제하고 이러한 사용자에게 서비스를 제공하는 장비와 설치지점은 모든 구축방안에서 동일하게 가정하였다.



<그림 4> 접안선박을 위한 무선통신 구축방안

또한 기존에 무선 네트워크 서비스 대상 장비와의 간섭이 발생하지 않게 하기 위해서 지향성 타입의 안테나 및 해당 영역의 안정적인 데이터 송수신을 위한 차단막을 사용한다.

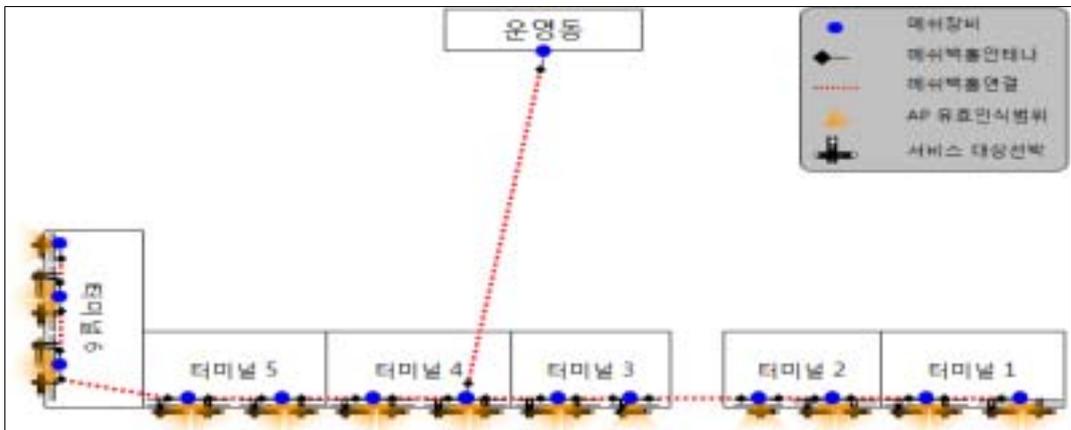
3. 구성방안

1) 점 대 점 단일화 구성방안

첫 번째로 ‘점 대 점 단일화 구성방안’ (이하 방안 1)은 운영동과 사용자에게 서비스 하는 장비의 연결을 단일화하는 것이다(<그림 5>참조).

게이트웨이가 되는 운영동의 메쉬 장비와 터미널 내부에 설치되는 메쉬라우터를 단일화하여 구성함으로써 장비의 수를 최소화하는 경제성에 초점을 맞춘 방안을 생성하였다.

이러한 방안 1은 경제성 측면에서 효과적이거나 단일화된 연결로 장애에 대해서 취약하며 네트워크 트래픽이 많으면 병목현상이 발생할 수 있다. 또한 터미널 1, 6 등의 메쉬라우터에서 거리가 먼 쪽의 메쉬단말은 홉핑 수가 많아서 데이터 손실율이 높아질 가능성이 있다.

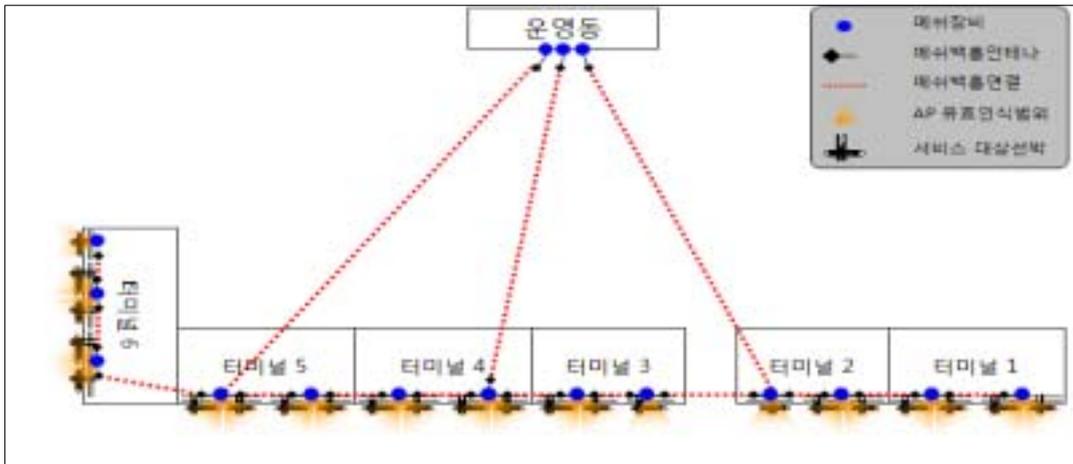


<그림 5> 점 대 점 단일화 구성방안

2) 점 대 점 다중화 구성방안

두 번째로 ‘점 대 점 다중화 구성방안’ (이하 방안 2)은 운영동과 사용자에게 서비스 하는 장비를 다중화하여 연결하는 것이다.

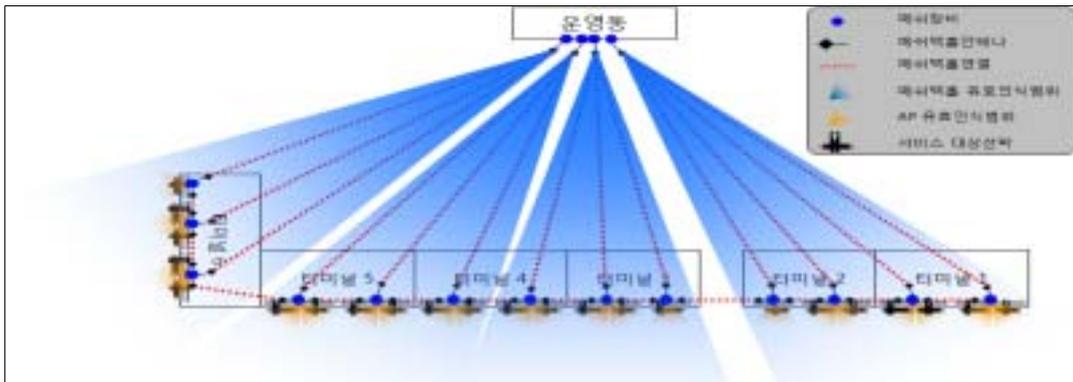
게이트웨이가 되는 운영동에 메쉬 장비를 3대 설치하여 방안 1에서 취약했던 장애와 트래픽 병목현상의 문제를 해결할 수 있다. 또한 방안 1과 비교하여 평상 시 최대홉수가 7에서 4로 줄어 효율성을 높일 수 있다. 그러나 메쉬장비 2대와 백홀용 안테나 4대가 더 필요하므로 방안 1에 비해 경제성 측면에서 초기투자비가 많이 발생하는 단점이 있다.



<그림 6> 점 대 점 다중화 구성방안

3) 점 대 다점 다중화 구성방안

세 번째로 ‘점 대 다점 다중화 구성방안’ (이하 방안 3)은 홉핑을 짧게 하기위해서 운영동에서 사용자측의 장비로는 점 대 다점 안테나를 사용해서 연결하고 사용자측 장비마다 백홀용 안테나를 설치하는 것이다.



<그림 7> 점 대 다점 다중화 구성방안

게이트웨이에 메쉬장비 4대를 설치하여 메쉬라우터와 단말의 모든 장비와 직접 통신할 수 있도록 구성하였다. 타 구성방안 보다는 홉핑수가 현격히 줄어들어 서비스 이용에 거의 장애가 발생하지 않아 사용자 측면에서 매우 효율적이라 할 수 있다. 하지만 방안 1보다 메쉬장비 3대, 백홀 안테나 15대와 방안 2보다는 메쉬장비 1대, 백홀 안테

나 11대가 더 필요하므로 가장 많은 초기투자비가 필요한 단점이 있다. 이상의 방안1, 2, 3을 비교하면 <표 6>과 같다.

<표 7> 무선 메쉬 네트워크 구성 방안별 특성

구분	방안 1	방안 2	방안 3
게이트웨이-라우터 백홀연결방식	점 대 점 단일연결	점 대 점 다중연결	점 대 다점 다중연결
장비대수	메쉬장비 14대와 백홀안테나 26대 소요	메쉬장비 16대와 백홀안테나 30대 소요	메쉬장비 17대와 백홀안테나 41대 소요
특징	<ul style="list-style-type: none"> 가장 적은 수의 장비 소요 터미널 4의 메쉬라우터에서 트래픽이 집중되며 장애에 취약함 	<ul style="list-style-type: none"> 방안 1에서 메쉬 2대, 백홀안테나 4대의 장비를 추가하여 점 대 점 연결을 3중화 방안 1의 장애 취약과 병목현상 완화 	<ul style="list-style-type: none"> 점 대 다점 연결로 모든 메쉬 단말에서 게이트웨이로 직접 연결 가장 많은 수의 장비 소요

앞서 제시된 구축방안별 안정성, 경제성, 효율성 측면을 종합하여 분석하면 <표 7>과 같다.

<표 8> 구성방안 비교분석

구분		방안 1	방안 2	방안 3	비고	
안정성	다중화	라우터 - 단말	X	X	O	3>2>1
		게이트웨이 - 라우터	X	O	O	
경제성	장비 대수	메쉬	14대	16대	17대	1>2>3
		백홀안테나	26대	30대	41대	
효율성	최대 흡수	정상 시	7홉	4홉	1홉	2>1
		예외 시	통신불가	7홉	5홉	
	백홀대역폭		1BW	1BW	5BW/16	
	평균흡수		55/13	35/13	1	
평균처리율		BW - BW / (LR*55/13)	BW - BW / (LR*35/13)	5BW/16 - (5BW/16) / (LR*1)		

안정성 측면에서의 다중화는 2가지 이상의 무선연결을 가지는 것을 의미하며 하나의

연결이 끊어졌을 경우 백업용으로 나머지의 연결을 사용할 수 있어서 단일화된 경우보다는 안정적이라 하겠다.

경제성은 시스템의 목표를 달성하기 위한 가장 최소한의 시스템 구축 대수(비용)를 말한다. 사용자 서비스용 안테나 등 메쉬와 백홀안테나를 제외한 부분은 모두가 동일한 조건이다.

효율성은 최대의 성능을 발휘할 수 있는 방안을 의미하며 이는 홉수를 통해서 비교할 수 있다. 일반적으로 홉핑(hopping)을 할 때 전파의 세기가 감쇄되어 처리성능(Throughput)이 떨어진다.

3가지의 방안들 중에서 안정성을 고려하면 방안 3이 노드들 간에, 노드와 게이트웨이 간에 다중화가 모두 가능하여 가장 안정성이 높은 방안이다. 다음으로는 방안 2가 노드와 게이트웨이 간의 다중화는 가능하나 노드들 간의 다중화는 지원되지 않는다. 방안 1은 두 가지의 경우를 모두 지원하지 않는다.

경제성 측면에서는 방안 1이 메쉬 14대, 백홀안테나 26대로 구축이 가능하여 구축비용이 최소한이며, 다음으로 경제적인 것은 방안 2로 메쉬 15대, 백홀안테나 28대로 구축이 가능하다. 방안 1과의 차이점은 운영동과 메쉬노드간의 다중화를 위해서 운영동에 메쉬 3개가 설치되어 메쉬 2대, 백홀안테나 4대가 더 필요해진다. 경제성이 가장 좋지 못한 구조는 방안 3으로 메쉬 17대, 백홀안테나 41대가 필요하다. 방안 3에서 백홀안테나가 41대나 필요한 것은 운영동과 터미널간의 점 대 다점 구조로 직접적으로 연결하기 위해서이다.

효율성 측면에서는 방안 3이 정상 시 최대 1홉, 장비고장 등의 예외 시 최대 5홉으로 가장 성능이 높으며, 방안 2가 정상 시 최대 4홉, 예외 시 최대 7홉으로 다음이며, 방안 1이 정상 시 최대 7홉이나 예외 시 통신이 불가능해진다.

백홀대역폭과 관련하여 방안 1과 방안 2는 점 대 점 연결이므로 1BW이며, 방안 3은 점 대 다점관계로서 다중화되어 있는 백홀대역폭의 평균값으로 $(BW + BW/4)/4 = 5BW / 16$ 이다. 방안 2는 방안 1보다는 효율성면에서 우수하다고 할 수 있으나 방안 3은 LT(처리성능 손실분)에 따라서 방안 1과 2와 비교해서 효율성이 달라진다.

그리고 게이트웨이를 기준으로 평균홉수를 산출하면 다음과 같다.

- 방안 1은 사용자와 연결되는 장비가 2~7홉핑으로 각2대, 1홉핑 1대로 $((7+6+5+4+3+2)*2+1*1)/13 = 55/13$
- 방안 2는 4홉핑 2대, 3홉핑 4대, 2홉핑 6대, 1홉핑 3대로 $4*2+3*4+2*6+1*3 = 35/13$
- 방안 3은 13대 모두가 1홉핑이 가능해서 $13/13=1$

또한 평균처리성능은 다음과 같이 정리할 수 있다.

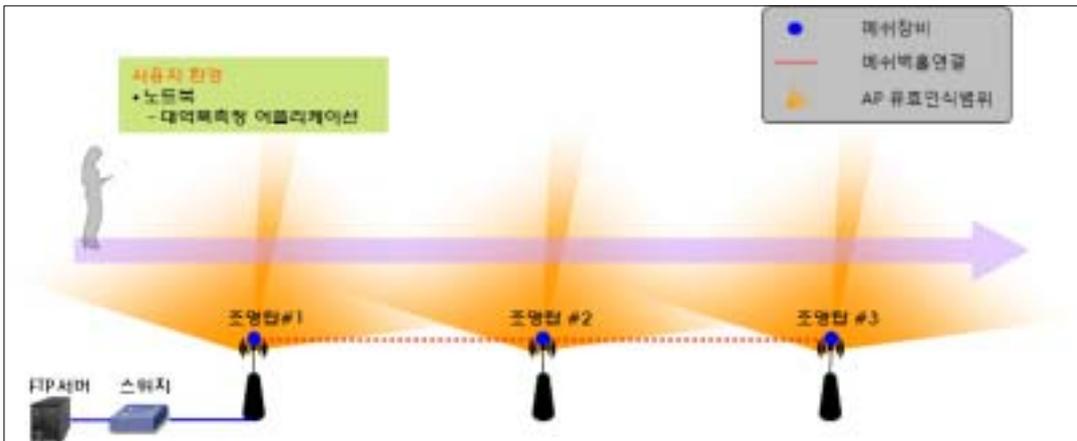
- $AT = BW - LT = BW - BW / (LR * HC)$ (1)

- AT: Average Throughput (평균처리성능)
- LT: Loss of Throughput (처리성능 손실분)
- BW: BandWidth (대역폭)
- LR: Loss Rate (손실율)
- HC: Hopping Count (홉핑수)

이상의 분석결과와 각각의 방안별 장점이 있는데 이러한 장점들은 Mesh Network 기반의 인터넷 서비스를 제공하고자하는 항만 운영자의 목적에 맞는 방안을 선택하는데 가이드라인이 될 수 있을 것이다.

4. 성능평가

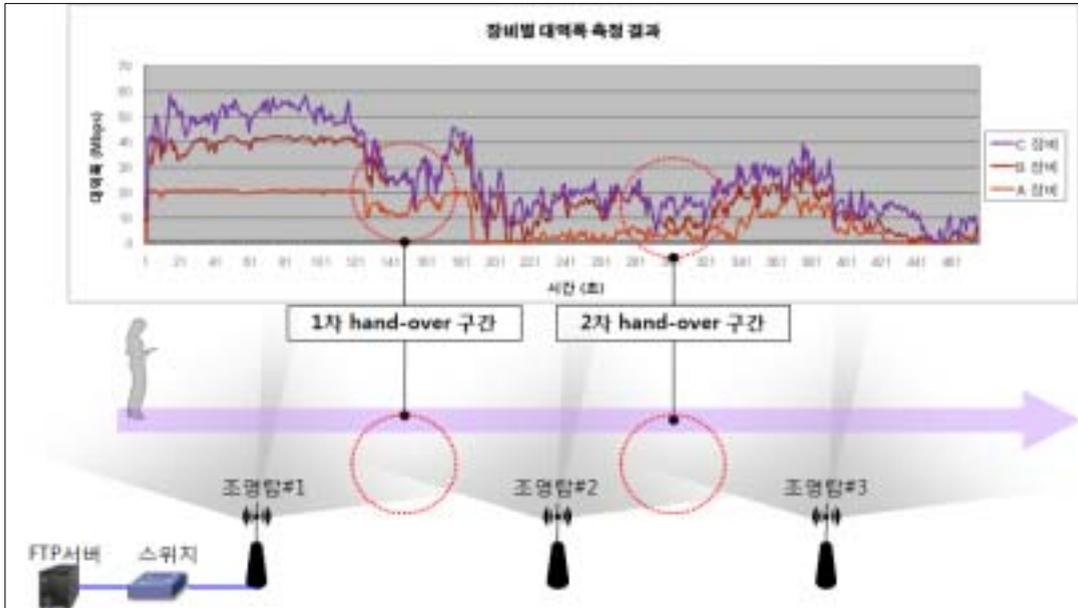
본 연구의 신뢰성 검증 및 실제 항만에 메쉬 네트워크를 구축하였을 때 어느 정도의 성능을 발휘하는지를 파악하기 위하여 <그림 8>의 형태로 무선 메쉬 네트워크를 구성하여 대역폭 테스트를 실시하였다.



<그림 8> 무선 메쉬 네트워크 테스트 구성

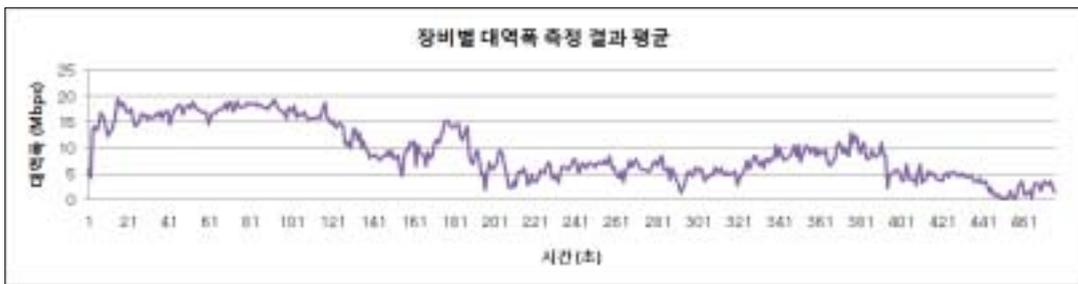
메쉬 장비가 설치되는 조명탑은 총 3곳이며 조명탑#1에 스위치 장비와 FTP서버를 두었다. 각 조명탑은 메쉬백홀연결이 되어 있으며 사용자가 노트북에 어플리케이션을 설치하여 조명탑#1에서 조명탑#3으로 이동하면서 대역폭을 측정하였다. 조명탑과 사용자의 거리는 수직으로 50m 정도이며 사용자가 도보로 측정한 거리는 총 500m 정도이다.

상용화되어 있는 제품 3가지를 선정하여 대역폭을 테스트 실시하였으며 <그림 9>, <그림 10>과 같은 결과를 도출하였다.



<그림 9> 무선 메쉬 네트워크 각 장비별 테스트 결과

<그림 9>에서와 같이 A, B, C 각 장비별로 어느 정도 수준차이를 보이기는 하였지만 대체적으로 비슷한 추세의 결과를 나타내었다.



<그림 10> 무선 메쉬 네트워크 테스트 결과 평균

앞서 테스트를 수행한 A, B, C장비들의 결과를 기반으로 <그림 10>과 같이 테스트 결과의 평균데이터를 분석해 보면 조명탑#1의 유효영역에서는 평균 15Mbps 정도의 안정적인 대역폭 성능이 측정되었다. 하지만 조명탑#1과 조명탑#2 사이에서는 1차 hand-over가 발생하였고 그 순간에는 7~8Mbps 정도의 다소 불안정한 성능이 측정되었

으며 C장비의 경우는 연결이 끊어지는 현상이 보이기도 하였다.

조명탑#2의 유효영역에서는 평균 5Mbps 정도의 성능을 보였다. 다소 일정한 모습을 보이기도 하였지만 A 장비의 경우는 2~3Mbps 정도로 성능이 많이 떨어지는 현상을 보였다.

2차 hand-over 구간에서는 다수의 끊어지는 현상을 보이며 불안정한 연결상태가 나타났다.

조명탑#3의 유효영역에서는 3~4Mbps 정도의 일정한 대역폭 성능을 나타내며 안정적인 연결이 유지되었다.

이러한 연구는 실제 구축 시 사용자에게 다양한 선택의 기회를 제공하고 보다 안정적인 인프라 구축을 가능하게 하는데 의의가 있다고 판단되는데 향후 메쉬 네트워크 구축 시 다음과 같은 의사결정 요인이 고려되어야 할 것으로 사료된다.

- 예외상황에 유연한 안전망 우선
- 저비용 우선
- 효율적 성능 우선

이러한 의사결정 요인은 상호간에 trade-off 관계가 존재하며 구축 시에는 작업의 성격, 서비스 제공의 범위 및 수준별 다양한 상황이 복합적으로 시스템 구축에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구는 기존 항만의 통신 인프라가 최근 변화하고 있는 항만 이용자들의 요구에 대응할 수 없음에 착안하여 항만 이용자들의 요구를 만족시킬 수 있는 효과적인 방안으로 Mesh Network 기반의 항만통신 인프라 구축방안을 제시하였다.

이를 위해 통신관련 기존 연구와 항만의 통신 인프라 현황에 대해 상세히 분석하여 문제점을 도출하였다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 Mesh Network의 안정성, 경제성, 효율성 측면을 고려하여 몇가지 방안을 가지고 실제 현장에서 테스트를 수행하여 각 상황별 적합한 방안이 무엇인지 결과를 제시하였다. 다시 말해 Mesh Network 기반의 항만통신 인프라를 구축하고자 할 때 정보의 안정적 공급, 저비용 등의 기준에 따라 적합한 방안을 선정할 수 있을 것이다.

이러한 연구의 결과는 향후 새롭게 개발될 항만이나 통신 인프라 개선이 필요한 항만, 그 외 유사한 환경을 지니고 있는 곳에 무선 통신 인프라를 구축하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 본 연구의 결과인 Mesh Network 구축 방안은 단순히 인프라를 구축하는데

그치는 것이 아니라 콘텐츠와 함께 제공되어야 그 가치를 인정받을 수 있을 것으로 사료되는바 향후에는 이러한 인프라를 활용하여 업무별 · 항만 이용자별 어떠한 형태로 활용할 수 있을지, 또 그 효과는 어떠한지에 대한 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김진식 · 이정신, "군산 새만금 신항만의 효율적 운영을 위한 첨단 통합정보시스템 구축 방안", 2008년 9월 국제학술대회, 2008, pp. 1-18.
2. 서기열 · 오세웅 · 조득재 · 박상현 · 서상현, "E-Navigation을 위한 항만 정보네트워크 구현방안", 한국해양정보통신학회논문지, Vol.10, No.11, 2006, pp. 1928-1933.
3. 서기열 · 오세웅 · 조득재 · 박상현 · 서상현, "Mesh Network 기반의 해상 정보 네트워크 시스템 설계", 한국해양정보통신학회논문지, Vol.31, No.6, 2007, pp. 497-502.
4. 신계선, "항만경쟁력 결정요인 분석과 부산 신항의 발전 전략에 관한 연구", 한국항만경제학회지, 제23권 제1호, 2007.3. pp.115-148.
5. 이계상, "IEEE 802.11 프로토콜 기반 메쉬 무선랜의 성능분석", 2005, pp. 255-259.
6. 전자신문사, "2003 인터넷 연감", 2003.7. pp.1-1526.
7. 한정준, "차세대 인터넷에서의 호스트 이동성 지원 방안에 대한 연구", 『세종대학교 대학원: 정보통신공학과』, 2003.12, pp. 1-197.
8. Jaya Shankar Pathmasuntharam, Joe Jurianto, Peng-Yong Kong, Yu Ge, Mingtuo Zhou, and Ryu Miura, "High Speed Maritime Ship-to-Ship/Shore Mesh Networks", 『Institute for Infocomm Research』, 2007.

< 요약 >

Mesh Network 기반의 항만통신 인프라 구축방안

최형립 · 이두원 · 유동호 · 권해경 · 전용식 · 이호인

본 연구는 우리나라 항만의 이용자 중 선박의 선원들에게 대기시간 및 여가시간에 원활한 인터넷을 사용할 수 있도록 기반 인프라를 제공함과 더불어 기존 항만의 개선 및 새로운 항만 개발 시 효율적인 작업을 위한 통신 인프라를 어떻게 구축할 것인가에 초점을 맞추었다.

그러기 위해 기존 항만통신과 관련한 연구의 동향을 파악하고 현재 항만에서 사용되고 있는 통신 인프라의 현황 및 문제점을 파악하였다.

파악된 문제점을 해결하기 위해 최근 대두되고 있는 Mesh Network 장비를 기반으로 몇 가지 현실적인 구축방안을 제시하였고 방안들을 대상으로 안정성, 경제성, 효율성 측면에서 검토하였다.

추가로 실제 국내에 출시되어 있는 주요 장비를 활용하여 성능 테스트를 수행하였는데 지점별 정보전달 속도 및 유효범위 등을 파악할 수 있었다.

이러한 결과는 향후 항만의 무선통신 인프라 구축 시 가이드라인으로서의 역할을 담당할 수 있고 나아가 항만 이미지 제고에 기여하여 물동량 창출에도 일부 일익을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

□ 주제어: 항만통신, 항만 네트워크, 무선통신, 메쉬 네트워크