

컨테이너 터미널의 무선 네트워크 분석과 서비스 품질 향상 방안

준회원 한 승 호*, 정회원 박 현 성*, 김 종 덕*, 김 용 진**

Analysis of Wireless Network in Freight Container Terminal and Methods for Service Quality Enhancement

Seung-ho Han* Associate Member,
Hyun-sung Park*, Jong-deok Kim*, Yong-jin Kim** Regular Members

요 약

컨테이너 터미널과 같은 대규모 야외 산업 현장에 IEEE 802.11 기술을 적용하여 무선 네트워크를 구성하는 사례가 늘고 있다. 이러한 네트워크는 기존 가정, 사무실, 학교 등에서 사용 중인 IEEE 802.11 무선 네트워크에 비해 넓은 서비스 범위, 단말의 잦은 이동, 통신 안정성에 대한 높은 요구 등을 특징으로 하고 있다. 이러한 네트워크의 중요성은 증가하고 있지만 이에 대한 실증적 분석 및 평가를 수행한 기존 연구는 찾기 어려우며 이로 인해 이들 네트워크에서 발생할 수 있는 문제들에 대한 구체적 이해가 부족하다. 우리는 여러 차례의 현장 조사 및 실험을 통해 컨테이너 터미널의 무선 네트워크에 대한 실증적 분석을 수행하였다. 분석을 통해 대상 네트워크는 재전송율이 50% 이상일 정도로 안정성이 떨어지며 단말 이동 시 통신 단절 현상이 자주 발생함을 확인하였다. 이러한 품질 저하나 장애의 원인을 밝히고 이를 극복하거나 완화 시킬 수 있는 방안들은 제안한다. 제시한 방안에는 무선 메쉬 기술의 도입, 위치 정보 및 이동 패턴 등을 활용한 핸드오프, 신호 세기 및 채널 조정 등이 있다. 향후 유사 연구를 위해 무선 네트워크 분석을 위해 적용한 실험 방법론, 사용한 실험 도구와 그 한계점 등도 설명하였다.

Key Words : IEEE 802.11 무선랜, 컨테이너 터미널, 무선 네트워크, 핸드오프, 로밍

ABSTRACT

The number of industry wireless networks based on IEEE 802.11 WLAN technology deployed in large outdoor work sites, such as freight container terminal, is increasing these days. Wider service coverage, frequent movements of stations and high requirement on service reliability are main characteristics of these networks compared to the conventional IEEE 802.11 networks used in home, office and school. While the importance of these networks gets higher, we can hardly find previous studies including concrete analysis on these networks based on actual experiments. We carried out several field experiments at a freight container terminal to analyze its IEEE 802.11 network and found out some problematic situations, such as over 50% retransmission rates and frequent disruption of communication link while a station is moving. We explain why these problematic situations happen and suggest some solutions, such as application of mesh technology, smart handoff based on location and movement pattern and adjustment of signal strength and channel allocation. Methods and tools used in the experiments are also detailed in the paper which may be helpful for similar future studies.

* "이 논문 또는 저서는 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임" (지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

* 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신 연구실(mobile@pusan.ac.kr)

** (주)삼선대컨테이너터미널 (yjkim@pect.co.kr)

논문번호 : KICS2008-10-446, 접수일자 : 2008년 10월 10일, 최종 게재 논문통보일자 : 2009년 2월 5일

I. 서 론

기존 산업에 IT 기술을 적용하여 해당 산업의 생산성을 향상시키고 나아가 새로운 융합 서비스 및 부가 가치를 창출하려는 시도가 활발하다. 무선 통신은 이러한 융합 서비스 실현에 필수적인 기술 요소이다. 상업적으로 가장 성공한 무선 통신 기술의 하나인 IEEE 802.11^[1] 무선랜은 이러한 융합 서비스 실현에 있어 특히 주목을 받고 있는 기술이다. 실제 사무실, 가정, 학교, 공항, 커피판매점 등에서의 무선 인터넷 접속을 위해서 뿐 아니라 대규모 산업 현장의 다양한 정보 처리를 위한 기반 네트워크로서 무선랜을 활용하는 사례가 늘고 있다.

컨테이너 터미널은 RFID (Radio Frequency Identification), RTLS (Real-Time Location System) 등 최근 많은 주목을 받고 있는 유비쿼터스 요소 기술들을 적극적으로 도입하여 생산성 및 안정성을 제고하려는 시도가 활발한 대표적 IT 융합 분야이다. 통신망은 RFID나 RTLS와 같은 신기술 적용에 필수적인 기술 요소이다. 그러나 이러한 신기술 도입이 아니더라도 컨테이너 하역 및 운송 과정에 관여하는 다양한 장비들의 관제, 정보 시스템과의 통신 등을 위해서라도 통신망은 필수적이다. 통신 대상 장비들의 이동성으로 인해 무선 네트워크가 필요하며 우리나라의 컨테이너 터미널들은 2000년대 들어서 무선랜을 적용하기 시작하였고 현재는 대부분의 컨테이너 터미널들에서 무선랜을 활용하고 있다.

컨테이너 터미널과 같은 대규모 산업 현장에서의 무선랜은 사무실, 가정, 학교, 공항, 커피판매점 등의 전통적 활용 분야의 무선랜과 비교할 때 통신 서비스 지역의 크기, 네트워크 구조, 서비스 요구 특성에서 많은 차이가 있다. 서비스 지역은 훨씬 넓고, 넓은 서비스 지역을 지원하기 위한 많은 장비로 네트워크 구조는 더 복잡하며, 망의 안정성이 가장 중요한 서비스 요구 사항이 되며, 이동성의 원활한 지원과 같은 새로운 요구도 발생한다. 이러한 차이들은 기술적 도전이 되고 이에 대응하기 위한 연구, 개발 노력이 필요하다.

실제 무선랜 활용 분야 확대에 대응한 성능 개선, 기능 보강, 서비스 다양화에 관한 많은 연구가 있었고 현재도 활발히 진행 중이다. 그런데 개발된 기술의 실용적 가치를 높이고 향후 기술 개발의 방향을 도출하거나 조정하기 위해서는 무선랜의 실제 적용 사례에 대한 구체적 분석 및 평가가 필요하다. 그러나 무선랜의 실제 적용 사례에 대한 구체적 분석 및 평가, 특히 컨테이너 터미널과 같은 대규모 산업

현장에 대한 연구나 관련 자료를 찾기는 쉽지 않았으며 이것이 본 연구의 계기가 되었다.

본 논문이 기여하는 바는 다음 세 가지로 정리할 수 있다. 첫 째, 실제 컨테이너 터미널의 무선 네트워크 구조 및 트래픽 특성 등에 대한 구체적 정보를 포함하고 있다. 특히 재전송율이나 핸드오프와 관련한 구체적 정보를 바탕으로 대상 네트워크가 가진 문제를 구체적으로 밝혔다. 앞서 지적하였지만 대규모 산업 현장에 적용된 무선랜에 대한 구체적 분석 및 평가 연구 사례는 찾기 어렵다. 둘째, 분석을 바탕으로 문제의 원인을 찾아내고 이를 극복하거나 완화하기 위한 방안을 제시한 점이다. 제시한 방안에는 무선 메시 기술의 도입, 위치 정보 및 이동 패턴 등을 활용한 핸드오프, 신호 세기 및 채널 조정 등의 내용이 포함되어 있다. 세 째, 무선랜 분석을 위해 사용한 실험 도구 및 방법론, 한계점 등에 대한 기술이다. 이것은 향후 유사 연구에서 시행착오를 줄이는 역할을 할 것으로 기대한다.

본 논문에서 아쉬운 점은 네트워크 성능 개선을 위해 제안한 방법들을 실제 적용하여 그 효과를 검증하지 못한 점이다. 제안한 방법들을 적용하기 위해서는 신규 장비를 설치하거나 기존 장비나 단말을 수정하는 등의 작업이 필요한데 실제 사용 중인 산업체의 네트워크에 이러한 변화를 가하는 것은 현실적으로 매우 어려웠다. 다만 이러한 제안들은 관련 업체의 네트워크 신규 구축이나 업그레이드 시에 참고가 될 수 있을 것으로 기대한다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. II장에서는 연구 대상인 컨테이너 터미널의 환경, 터미널에서 이루어지는 작업, 터미널에 설치된 무선 네트워크의 개괄적 구조 및 설치 현황, 사용자 애플리케이션의 트래픽 특성 등을 정리한다. III장에서는 무선 네트워크 분석을 위해 수행한 실험을 설명한다. 즉 실험의 목적, 실험 준비와 과정, 실험 도구와 특성 등을 기술한다. IV장에서는 실험 결과를 분석 정리하고 문제점을 파악한다. 특히 신호 세기와 채널, 이동성과 핸드오프 등을 중요하게 다룬다. V장에서는 분석의 결과로 도출된 문제점들을 중심으로 서비스 품질 향상을 위한 개선 방안을 제시한다. VI에서 향후 연구 방향과 결론으로 마무리 한다.

II. 대상 환경 분석

2.1 컨테이너 터미널의 환경 및 작업

컨테이너 터미널은 배가 안전하게 접안할 수 있

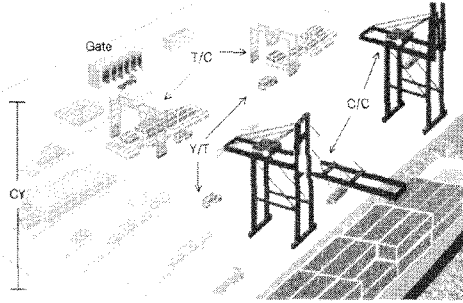


그림 1. 항만 컨테이너 터미널 환경

도록 하는 구조물인 안벽(선석이라고도 함, Berth, Quay, Pier), 안벽에 접해 크레인들이 컨테이너를 배에서 내리거나 실는 하역 공간(Apron), 컨테이너들을 쌓아두는 야적장(CY: Container Yard), 터미널의 출입구에 해당하는 게이트(Gate) 등으로 구성되어 있다 (그림 1 참조). 하역 공간에 있는 크레인들을 C/C¹⁾라고 하는데 이들은 컨테이너를 배에서 내려 Y/T에 싣거나, Y/T가 운반해 온 컨테이너를 배로 실는 작업을 수행한다. Y/T는 하역 공간과 야적장 사이에서 컨테이너를 운반하는 트럭형태의 장비이다. 야적장에 있는 크레인들을 T/C라고 하며 이들은 Y/T가 운반해 온 컨테이너를 야적장에 적재하거나 야적장의 컨테이너를 Y/T에 싣는 작업을 한다. R/S나 F/L 등은 T/C와 유사한 작업을 수행한다. 외국의 첨단 컨테이너 터미널에서는 Y/T나 C/C, T/C 등을 무인화, 자동화하는 경우도 있지만 국내의 경우 일부 터미널을 중심으로 실험적, 제한적으로 도입되고 있다.

그림 2의 좌측은 컨테이너 터미널의 야적장(CY: Container Yard)의 모습인데 많은 수의 컨테이너가 밀집하여 여러 단으로 적재되어 있는 모습을 확인할 수 있다. 컨테이너들은 금속 재질로써 전파가 통과하기 힘들고 전파의 반사와 이로 인한 간섭이 크다고 알려져 있다. 이러한 재질 및 배치의 특성으로

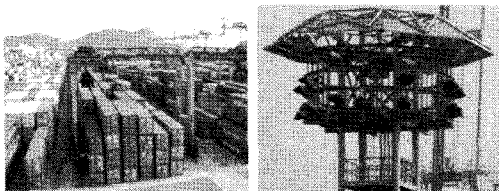


그림 2. 컨테이너가 밀집한 항만물류 환경(좌)과 무선 네트워크 인프라들이 설치되는 조명탑(우)

인해 컨테이너 터미널의 전파 특성은 일반 개활지와는 큰 차이를 가질 것으로 예상할 수 있다.

그림 2의 우측은 컨테이너 터미널의 조명탑의 사진이다. 조명탑은 야간작업을 위한 조명등을 설치한 높이 20~30m에 이르는 구조물이다. 조명탑을 언급하는 이유는 많은 터미널에서 조명탑에 무선 통신을 위한 AP를 설치하고 있기 때문이다. 이는 무선 통신을 위한 별도의 시설을 설치하거나 구축하는 것이 비용이나 공간적 제약으로 어렵기 때문이다. 그리고 컨테이너들이 다단으로 높게 적재되어 있는 환경 특성을 고려할 때 높은 위치에 AP를 설치함으로써 AP의 LOS (Line Of Sight)를 확보할 수 있는 범위가 늘어나기 때문이다. 단 조명탑의 수나 위치는 고정되어 있음에 유의하여야 한다. 따라서 조명탑에 종속된 AP 설치는 통신망 구축의 유연성을 저해하고 결과적으로 다수의 음영지역을 유발시킬 수 있다.

2.2 무선 네트워크

그림 3은 연구의 대상이 된 컨테이너 터미널의 구성도이며 안벽 길이 1500m, 야적장 면적 685,000㎡, 전체 면적은 1,012,000㎡ 정도의 크기를 가진다. 동그라미 표시는 조명탑을 중심으로 설치된 무선랜 AP들을 나타내는데 숫자는 사용하고 있는 802.11b 채널을 의미하며 설치된 전체 AP의 수는 약 30개 수준이다.

AP는 대부분 조명탑에 설치되어 있다. 특히 야적장 및 하역 공간에 있는 AP들은 모두 조명탑에 설치되어 있다. 조명탑과 터미널의 정보 센터 사이에는 광 선로(Optical Network)를 이용한 유선망이 구축되어 있다. 조명탑간의 간격은 200m 정도이며, 평균적으로 2개의 조명탑마다 AP가 설치되어 있다. 따라서 각 AP는 약 400m마다 설치가 되어있으므로 반경 250m 이상의 셀 커버리지를 가져야 터미널 전역을 지원할 수 있을 것으로 예상할 수 있다. AP들은 IEEE 802.11b 표준 기반 제품들로 2.4GHz 대역에서 최대 11Mbps의 전송 속도를 제공할 수 있다. AP에는 12dbi의 이득을 가지는 무지향성 안테나를 설치하였으며 할당된 채널은 그림 3에서 표시한 바와 같다. 2.4Ghz 대역의 직교 채널인 1, 6, 11번 채널을 사용하고는 있지만 인접한 셀에서 동일한 채널을 사용하고 있는 점이 눈에 띈다. AP들은 모두 동일한 ESSID 값을 가지도록 설정하고 네트워크 보안을 위해서 IEEE 802.11 기본 보안 기능인 WEP 128bits (26 Hex Digits)를 사용한다.

1) T/C(Transfer Crane), C/C(Container Crane), Y/T(Yard Tractor), R/S(Reach Stacker), F/L(Fork Lift)

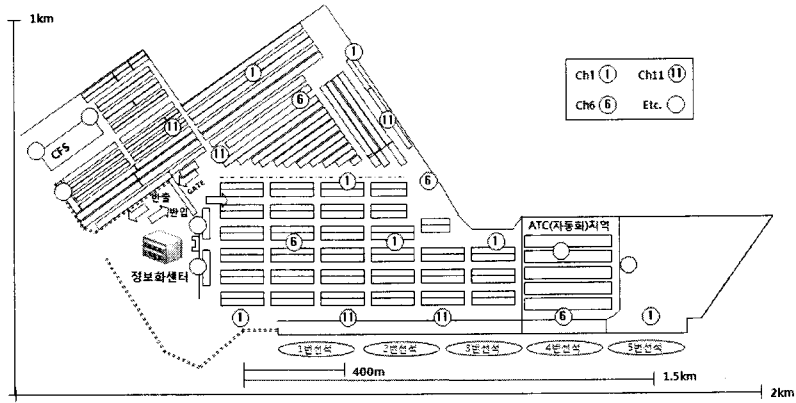


그림 3. 항만에서 조명탑을 중심으로 설치되어 있는 무선 네트워크 인프라의 예

표 1. 실험 시 컨테이너 항만에서 사용 중인 장비(클라이언트들)의 수

구분	장비 수	기타
C/C	14 EA	
T/C	31 EA	
Y/T	78 EA	
R/S & F/L	14 EA	
Etc	43 EA	외주차량 포함
합계	180 EA	

C/C, T/C, Y/T, F/L, R/S 등의 장비들에는 무선 네트워크를 이용하는 정보단말이 부착되어 있다. PAD를 사용하는 Y/T 78대, 미니PC를 사용하는 C/C가 14대, T/C가 31대, R/S와 F/L을 합쳐 14대 등 무선 네트워크를 이용하는 단말의 수는 모두 합쳐 180여대가 있다(표 1). 이들 단말에 설치된 무선 랜 인터페이스 카드는 PCMCIA(Y/T용), PCI(일반 장비인 C/C, R/S, F/L, T/C) 형태이며 5dbi의 이득을 가지는 무지향성 외장형 안테나를 연결하였다. 각 단말들은 DHCP 등을 이용한 동적으로 IP 주소를 할당 받는 형태가 아니라 사설 IP 주소 공간에서 고정적으로 주소를 할당 받는다. 이는 서비스 대상 단말을 제한하고 무선 접속 순간의 부하를 최소화하기 위한 것으로 보인다.

실험을 진행한 무선 네트워크에서는 망 관리를 위한 별도의 시스템을 구축하여 사용하지는 않았다. 설치한 AP에서 제공하는 기본 관리 기능을 활용하거나 “Ping” 명령과 같은 기본 도구를 사용하는 수준이다. 따라서 네트워크 오류가 발생할 경우 단말 사용자가 이를 인지하여 별도로 구축된 음성 통신망을 통해 망 관리자에게 상황을 알리고 대응하게 한다.

2.3 사용자 애플리케이션의 통신 요구 특성

항만이라는 특수한 환경이 가지는 여러 가지 특성과 함께 고려해야 할 사항은 항만 물류 정보화 프로세스에서 사용자 애플리케이션의 요구 사항들이다. 이때 서비스를 제공하는 주체는 컨테이너 터미널의 정보화를 관장하는 정보화 (IT) 센터가 될 것이고 서비스를 제공 받는 클라이언트들은 T/C, C/C, R/S, F/L, Y/T 등이 될 것이다.

그림 4는 항만에서 일어나는 업무 시나리오의 예로써 배가 선석에 접안한 상황에서 정보 애플리케이션이 하는 역할에 대해 설명한다. 하역 작업을 필요로 하는 배가 선석에 접안하였을 때 서비스 주체인 정보화 센터는 하역된 컨테이너들을 지정한 위치로 옮기도록 필요한 클라이언트들에게 명령하고 해당 클라이언트로부터 작업 진척 상황을 보고 받기를 원한다. 즉, 정보화 센터는 컨테이너를 C/C가 하역하고 Y/T가 실은 후 야적장으로 이동하여 R/S가 쌓고 T/C가 정확한 위치로 컨테이너를 옮길 수 있도록 필요한 제어 데이터를 하달한다. 그리고 정보화 센터는 이러한 작업 중 일어나는 상황들에 대해 보고 받기를 원한다.

이러한 항만 물류 자동화 프로세스 과정에 우리가 주목해야 할 사항은 데이터 전송량이다. 항만 물류 환경이라고 해서 사용해야 할 애플리케이션에 제한이 있는 것은 아니지만 현 시점에서는 대부분

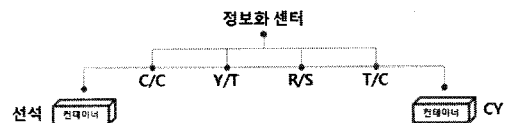


그림 4. 컨테이너 터미널에서 선적/하역 작업 시 관계하는 개체들의 업무 관계도의 예

이 컨트롤에 한정된 데이터들이 주를 이루고 있다. 즉, 현재 애플리케이션들의 요구 사항은 많은 대역폭을 필요로 하는 멀티미디어나 웹 서비스 데이터 등의 성향을 가지지 않는다. (하지만 향후 발전된 항만 정보 인프라에서는 관리자의 음성, 컨테이너 적재 및 이동과 관련한 동영상 등의 실시간 멀티미디어 서비스로 확대될 것으로 예상된다.)

따라서 현 시점에서 본 논문이 다루는 데이터는 위치 데이터, 시간 데이터, 관리 데이터 등의 제어에 관련한 데이터들로 가정한다. 이러한 데이터들은 안전한 전송을 최우선으로 하는 적은 대역폭의 컨트롤 데이터를 의미한다.

III. 현장 실험과 조사 방법론

본 장에서는 현재 서비스 중인 항만물류 환경에서 무선 네트워크 서비스의 문제점들에 대해 살펴본다. 이러한 문제점들을 도출하기 위해 사용한 실험 방법에 대해 소개하며 그 타당성에 대해 설명한다.

3.1 실험의 목적

우리는 항만에 설치된 무선 네트워크 인프라인 AP가 어떻게 서비스되고 있는지를 파악하기 위하여 현장 실험을 계획하였다. 현장 실험 전 항만 정보화 관계자로부터 서비스 클라이언트들이 잦은 네트워크 단절 현상이 발생한다는 문제를 듣고 이 문제에 대한 해결 방안에 특히 중점을 두었다. 이러한 네트워크 서비스 단절 현상은 앞 장에서 설명한 컨트롤 데이터의 안정적인 전송에 매우 큰 문제점으로 작용한다. 다음은 항만 현장 실험을 통해 얻고자 하는 원시(Raw) 데이터의 목록을 정리하였다.

- 임의의 위치에서 수집 가능한 무선 프레임 원시 데이터
- 임의의 위치에서 수집한 무선 AP들의 신호 세기 정보
- 서비스 클라이언트들의 이동 패턴 기록
- 서비스 클라이언트들의 접속 / 재접속 / 핸드오프(Handoff) 기록 데이터

3.2 실험 준비와 과정

그림 5는 조명탑을 중심으로 설치된 AP들 위치(A에서 I까지) 중 검은색 동그라미로 표시한 위치 - B, C, D, E, F, G에서 무선 네트워크 탐지 도구(KISMET^[2])를 탑재한 시스템을 설치하여 무선 프레임들을 수집하였다. 이러한 위치를 설정한 이유는

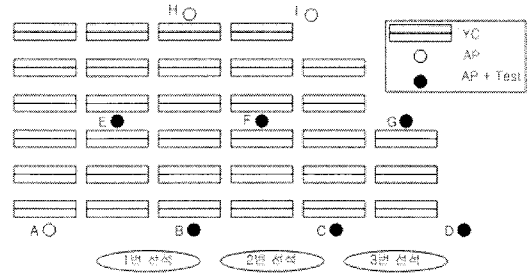


그림 5. 항만 실험에 설치된 AP들의 무선 네트워크 트래픽 수집 위치 (B - G)

B, C, D 위치를 선석과 인접한 위치 그룹으로 묶고 E, F, G를 부두 내 컨테이너 야적장(CY)로 그룹을 지어서 두 위치 그룹 간의 특성을 비교하기 위해서이다. 이 때 무선 랜카드가 장착된 AP의 서비스 클라이언트인 T/C, C/C, R/S, F/L, Y/T는 평소와 다름없이 자신들의 작업을 진행한다.

우리는 B, C, D, E, F, G 위치에서 각자 독립된 무선 프레임들을 수집(개별 모드)하기 위하여 노트북에 PCMCIA 랜카드와 GPS를 장착하고, KISMET의 설정파일에서 각각 AP에 맞는 필터를 설정하여 설치하였으며 이때 PCMCIA의 무선랜 안테나는 1dbi의 이득을 가지는 내장 안테나를 사용하였다.

이와 별도로 C 위치에서는 항만에서 사용하는 전체 패킷(전체 모드)을 수집하기 위하여 데스크톱PC에 PCI랜카드와 GPS를 장착하고, KISMET의 설정파일에서는 필터링을 하지 않았으며, 안테나는 9dbi의 이득을 가지는 무지향성 안테나를 장착하여 사용하였다.

현장 실험은 총 2차례에 걸쳐 진행되었다. 처음부터 2차례의 실험을 계획한 것은 아니었으나 1차 실험을 수행 후 원시 데이터 분석을 진행하는 과정에서 실험의 오류와 미흡한 사항들이 발견하여 2차 실험을 진행하였다.

3.3 수집도구의 특성과 실험 방법론

무선 네트워크 2 계층의 프레임 수집 도구로써 KISMET^[2]을 선택한 이유는 GPS를 이용하여 위치 정보 등을 동시에 수집가능하고 오픈 소스로 진행되는 프로젝트이면서도 우수한 성능을 보이는 도구라고 판단하였기 때문이다.

AP들이 멀티채널의 이점을 활용하기 위해 802.11b의 직교 채널인 1, 6, 11 번 채널을 번갈아 할당하여 사용하고 있으므로 개별 모드에서는 해당 채널만 필터링하여 해당 AP의 프레임만 수신하였고 전체 모드에서는 자신의 채널을 바꾸어 가며 (Hopping) 무선 프레임 데이터들이 수집되었다. 이와 같이 실험을

준비하여 실시하였으나 실험 후 데이터를 분석 결과 데이터들이 패키지 화 되어있어서 데이터 종류, 트래픽 등의 분석이 불가능하였다. 원인분석 결과 실재 항만에서는 IEEE 802.11b의 기본보안인 WEP (Wired Equivalent Privacy) 보안을 사용하고 있는데 이때의 인증 KEY를 KISMET의 설정파일에 누락 한 실수를 범하여서였다.

2차 실험은 1차 실험을 보완하여 개별모드와 전체모드에서 데이터를 수집하였다. 이렇게 수집된 원시데이터의 양은 개별모드는 각각 5만여 개, 전체모드는 채널을 바꾸어가며 수신하여 전체 무선네트워크에서 확률적으로 평균적인 표본(Sampling) 무선 프레임 데이터로 약 6만여 개 정도 수집되었다.

원시 데이터의 분석을 위하여 그림 10과 같은 전용 툴을 개발하여 이동성, 위치별 핸드오프 등의 분석을 하였으며, 데이터의 통계 및 합계 분류 등의 분석을 위해서는 엑셀을 활용하여 분석하였다.

IV. 실험 결과 분석

본 장에서는 현장 실험을 통해 수집한 원시 데이터를 가공하여 의미 있는 2차 데이터를 생성하여 이를 분석하고 발견된 문제점들을 중심으로 설명한다.

4.1 클라이언트 별 패킷 종류와 재전송 비율

그림 6은 선석 그룹(B, C, D)와 YC 그룹(E, F, G)에서 분석된 클라이언트 별 네트워크 4계층의 TCP와 UDP 패킷 비율을 그린 그래프이다. 그리고 Uplink와 Downlink의 구분은 AP에서 클라이언트 방향인 전방향 (Forward)이 Downlink이고 그 반대 방향 (Reverse)이 Uplink를 의미한다. 클라이언트에서 사용하는 애플리케이션이 UDP를 이용하는 브라우저 기반의 프로그램이므로 UDP는 AP 방향으로 전달하는 Uplink 패킷만 관찰되었다.

선석 그룹(B, C, D)에서는 선적과 하역 작업에 참여하는 Y/T와 C/C의 패킷들이 가장 많이 관찰되었고 R/S와 T/C 패킷들도 일부 관찰되었다. 반면 CY 그룹(E, F, G)에서는 컨테이너들이 적재되어 있는 컨테이너 야적장이므로 Y/T와 T/C, 그리고 R/S 패킷들이 주로 관찰되었다.

그림 7은 네트워크 2계층에서 수집한 원시 데이터 프레임 중에서 재전송한 무선 프레임의 비율을 나타낸다. 전체에서 재전송이 차지하는 비율이 무려 50%를 초과한데 대해 특히 주목할 만하다. 이러한 결과는 항만의 컨테이너 터미널 환경이 무선 네트

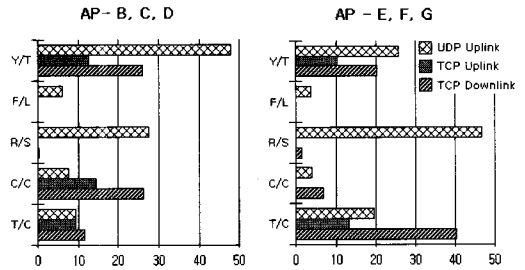


그림 6. 실험 그룹 / 클라이언트 종류 / TCP / UDP 별로 측정된 제어 패킷 비율 (측정시간: 30분)

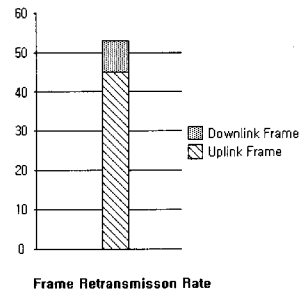


그림 7. 전체 수집한 무선 프레임 중 재전송이 차지하는 비율

워크 전파를 방해하는 장애물이 많이 존재함으로 인하여 서비스 품질이 매우 낮다는 것을 간접적으로 보여준다. 이중 Uplink와 Downlink 재전송 비율에서 클라이언트에서 AP 방향인 Uplink가 상대적으로 많은 양을 차지하는 것은 Uplink 프레임의 상당수가 애플리케이션의 특성상 가장 많이 존재한 UDP 패킷의 재전송에 의한 것으로 파악된다.

4.2 AP 별 신호세기 분석

일반적으로 이상적인 개활지(Open Space)에서 무선랜 AP의 데이터 수신 거리는 200m 정도이나 환경적인 영향으로 실제 유효한 데이터 수신 거리는 100m 정도로 알려져 있다. 그리고 신호를 감지(Carrier Sense)하고 간섭을 미칠 수 있는 거리(Interference Range)는 약 400m 정도이다. 그러나 측정 결과 일부 AP들의 신호세기가 약 800m 거리에서도 측정이 되는 경우의 기록이 여러 차례 존재하였다.

그림 8은 이러한 수집 데이터의 수신 신호 세기(RSSI: Received Signal Strength Indicator) 값을 바탕으로 신호가 미칠 수 있는 거리를 가정하여 원호로 표시하였다 (점선: 측정 RSSI). 물론 신호 세기가 일정치 않은 항만 환경에서 이상적인 환경을 가정하여 원호로 표시한데는 무리한 면이 있으나 우리는 이러한 가정으로부터 다음과 같은 분석 결

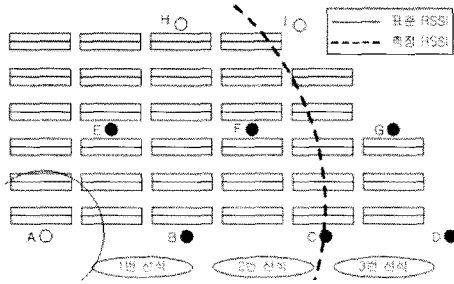


그림 8. 표준 RSSI 대비 추정 RSSI 거리 비교

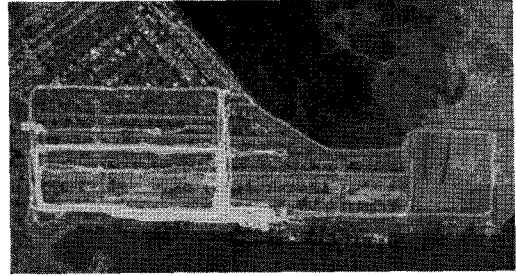


그림 9. 클라이언트 Y/T 한 대의 이동경로 모니터링 (측정 시간: 3시간)

과를 얻을 수 있었다.

첫째, 그림 8과 같은 AP들의 배열은 초기 AP들의 셀 계획(Cell Planning) 시 유효 데이터 반경 200m 정도를 고려한 설계로 볼 수 있다. 또한 각 AP들 간의 간섭을 줄이기 위해 멀티채널을 이용하여 수직 (Non-Overlapping) 채널을 할당 (Ch1, Ch6, Ch11) 하여 사용하고 있다. 그러나 이러한 설계상의 의도와는 달리 AP 간의 신호가 미칠 수 있는 거리가 800m 정도에 다르므로 멀티채널의 효과가 상당히 반감된다. 또한 무선랜의 MAC (Medium Access Control) 동작 방식인 DCF (Distributed Coordinate Function)^[1]에 참여하는 클라이언트들도 전파가 도달하는 영역 안의 모든 클라이언트들이 참여할 것이므로 클라이언트가 채널을 획득 할 수 있는 확률이 그 만큼 낮아진다. 따라서 이는 서비스 품질 저하의 원인이 될 수 있다.

둘째, 클라이언트들의 AP 접속과 재접속, 혹은 핸드오프(Handoff)에 대한 불안정성이다. 일반적인 경우 클라이언트가 네트워크 서비스를 제공 받을 수 있는 여러 가지 AP들이 존재할 때 그 중 신호 세기가 가장 높은 AP를 선택하게 하는 정책은 보편타당하다고 볼 수 있다 (해당 AP에 접속한 클라이언트들의 수를 고려하지 않는다고 가정). 이 때 이상적인 경우의 신호세기는 클라이언트와 AP들 간에 거리에 비례한다고 할 수 있다. 그러나 그림 8의 측정 결과는 거리에 따른 신호 세기가 매우 불규칙적이고 불안정함을 나타낸다. 즉, 클라이언트 입장에서 가까이 있는 AP 보다 멀리 있는 AP에 더 강한 신호 세기를 감지하여 접속할 수 있고 그 빈도수가 매우 클 것으로 예상된다. 이는 클라이언트가 초기 접속한 AP에 대한 연결이 먼 거리의 AP일 가능성이 크며 이는 클라이언트가 이동함에 따라 네트워크가 단절되는 확률이 상대적으로 높아질 수 있다는 것을 의미한다. 이런 경우 각 지역에 분포하여 설치해둔 AP는 제 기능을 못하게 되며 주

변에 비슷한 신호 세기의 AP가 있음에도 불구하고 신호가 더 강한 특정 AP에 클라이언트들이 집중되는 문제가 발생 할 수 있다.

4.3 클라이언트의 이동 경로 분석

우리는 컨테이너 터미널 환경에서 서비스 클라이언트 별 이동 패턴들이 환경과의 상관 관계나 이동성이 미치는 영향 등의 정보를 얻기 위해 클라이언트들의 이동 경로를 추적하고자 하였다. 이를 위해 클라이언트들에게 주기적으로 위치를 기록하는 GPS 추적 장치를 달고 일정 시간 동안 로그 데이터를 기록하도록 하였다.

그림 9는 클라이언트 중에서도 가장 이동성이 높은 Y/T 한대가 3시간 동안 이동한 경로를 나타낸다. 실험 시간 동안 2번 선석의 선적/하역 작업이 있었으며 이는 2번 선석에 집중된 이동 경로를 통해 확인 가능하다.

이와 같이 선석 위치(B, C, D)에 대한 클라이언트들의 집중 현상은 선석에 배가 접안하였을 때 많은 수의 클라이언트들이 집중되면서 과도한 트래픽이 발생할 것으로 예상된다. 따라서 네트워크 대역폭의 부족 현상을 야기하여 네트워크 전반적인 성능 저하를 초래할 수 있다. 하지만 현재로서는 이것이 잦은 네트워크 단절 현상의 직접적인 원인으로 판단하기에는 어려운데 그 이유는 앞서 살펴본 바와 같이 무선 패킷들의 데이터 전송량이 상대적으로 매우 적은 제어 데이터가 대부분이기 때문이다. 따라서 보다 직접적인 원인은 앞서 언급한 불안정한 AP간의 신호세기가 무선랜 DCF에 미치는 영향과 거리와 일치하지 않는 불안정한 AP 접속/재접속의 문제일 가능성이 높을 것으로 판단한다.

4.4 핸드오프(Handoff) 분석

우리는 클라이언트들의 이동 패턴 분석 후 이동시 접속한 AP들의 현황을 조사함으로써 클라이언트



그림 10. Y/T의 이동 경로에 따른 AP 접속현황을 자체 분석 툴을 통해 확인 (측정시간: 15분)

가 어떤 성향을 가지고 네트워크 서비스를 제공받는지를 알고자 하였다.

그림 10은 현장 실험 데이터의 로그를 분석하기 위해 자체 개발한 도구로써 이를 사용하여 클라이언트의 이동 경로를 표시하고 접속한 AP들의 현황을 다른 선 색깔로써 구분하였다.

그림 11은 그림 10을 알아보기 쉽도록 토폴로지로서 재구성하였다. 라인의 색깔이 변하는 위치, 즉 AP와의 재접속이 일어나는 위치를 네모로 표시(1번부터 9번)하였고 해당 구간에서 접속 중인 AP를 선분의 중점에서 점선으로 연결하여 표시하였다.

Y/T의 기록 시작점인 1번에서 거리상 최단 거리인 AP-C번에 접속하지 않았고 AP-B에 접속하였다. 특히 2-3번 구간에서 AP-D에 접속하고 있는 것은 신호세기와 거리의 상관관계가 매우 불일치하고 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 3번에서 5번 위치까지 이동 시 가까운 AP-E에 접속하지 않았고, 6번에서 8번 위치까지 이동 시 AP-F에 접속하지 않는 현상에서 재확인 할 수 있다.

이와 같이 우리는 다수의 AP들이 설치된 환경에서 핸드오프를 위한 특별한 정책 없이 선택적인 AP

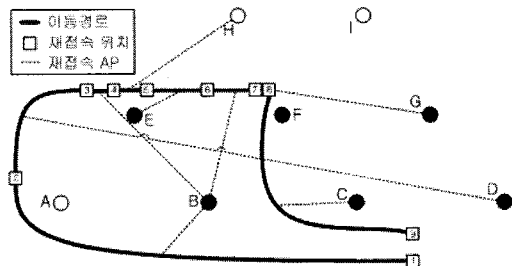


그림 11. Y/T의 이동 경로에서 재접속이 발생한 위치를 표시하고 접속한 해당 AP를 표시

와의 접속이 이루어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 수신 신호 세기와 거리와의 불일치성은 전반적인 무선 네트워크 인프라인 AP들의 활용 계획 수립을 어렵게 만든다. 또한 이러한 불안정성은 클라이언트들의 이동에 따라 잦은 네트워크 단절 현상을 쉽게 유발시킨다.

V. 통신 품질 향상을 위한 제안

지금까지 우리는 컨테이너 터미널 현장 실험을 바탕으로 항만물류 환경에서 기존의 무선랜이 가지고 있는 기술적인 한계와 적용상의 문제점들에 대해 분석하였다. 그 중에서 특히 중요하다고 판단되는 몇 가지 항목에 대한 서비스 품질 향상 방안을 제안한다.

5.1 채널 할당 방법 및 셀 계획

그림 3에서 설명한 바와 같이 AP들이 조명탑 위치에 종속되어 있는 제약은 설계 초기에 AP들의 셀 위치(Cell Planning)를 결정하는 것이 아니라 이미 결정된 위치를 활용하고 부족한 AP를 보충해야 하는 특수한 상황이라고 할 수 있다. 또한 이렇게 AP들이 존재할 수 있는 위치가 미리 결정된 상황에서는 필연적으로 AP들의 송신 전력에 따른 신호 세기가 조명탑들 간의 위치에 부합하여야 한다. 따라서 이론적이고 수학적인 모델링을 통한 AP들의 위치를 자유롭게 결정하는 관련 연구들은 항만 물류 환경에 적용했을 때 잘 들어맞지 않는 부분이 많다^[34].

앞서 실험 결과 분석에 따르면 현재의 AP들의 수신 신호 세기는 환경의 영향으로 매우 불안정하며 위치에 따라 매우 강하게 측정되는 곳들이 존재하였다. 그리고 AP들의 채널 할당은 직교 채널들(Non-Overlapping)^[5]을 번갈아 사용하여 멀티 채널(Multi Channel)의 이점^{[6][7]}을 최대한 얻을 수 있도록 의도되었으나 불규칙적이고 불안정한 신호 세기에 의해 그 효과가 크게 감소하였다고 판단된다.

불규칙적이고 불안정한 신호 세기에 의하여 네트워크 단절과 같은 오류가 발생한 경우에 네트워크 관리자가 해당 AP의 채널을 변경함으로써 문제를 해결하려는 시도를 할 수 있다. 이러한 경우 임시 방편적인 문제 해결은 될 수 있으나 근본적인 문제 해결은 될 수 없으므로 같은 문제가 지속적으로 발생할 가능성이 크다. 따라서 그림 6에서 확인한 바와 같이 초기 설계 시 고려했던 멀티 채널의 이점이 없어지고 인접한 AP들끼리 같은 채널을 사용

하는 현상이 발생하며 네트워크 전체적인 채널 사용이 임시적으로 운용된다.

이와 같은 불안정하고 불규칙적인 환경 요인이 발생시키는 문제에 대한 근본적인 해결책을 강구하기란 매우 어렵다. 따라서 이를 완화할 수 있는 대안으로 수정된 셀 계획을 제안하고자 한다. 제안하는 셀 계획의 방향은 셀의 수는 더 늘리고 셀 반경을 더 줄이는 방법이다. 즉, 현재 조명탑을 하나 걸러서 약 400m 간격으로 AP 하나가 설치되어있는 상태에서 송신 전력을 줄이면서 필요하다면 AP를 더 조밀하게 설치될 수 있도록 셀 계획을 수정한다. 이러한 접근으로 문제가 상당 부분 완화될 수 있다고 판단되는데 왜냐하면 불규칙적으로 신호가 세계 감지되는 경향을 줄이기 위해 전반적인 송신 전력의 감소가 필요하고 줄어든 셀 반경과 음영지역을 보완하기 위해 보다 많은 AP가 필요하기 때문이다. 그리고 수립된 셀 계획에 따라 현장 적용 시 수신 신호 세기 측정 실험을 병행하여 설치 위치에 대해 검증하는 작업이 반드시 필요할 것이다.

5.2 무선 메쉬 네트워크를 이용한 인프라

최근 무선랜의 상업적인 성공으로 인한 저렴한 보급과 유비쿼터스 환경에서의 사용자들의 요구에 부응하여 무선랜을 이용하여 무선 네트워크 백본(Backbone)을 구축하려는 시도가 학계와 기업 연구기관을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 이 중 802.11s 표준화 그룹⁸⁾을 중심으로 연구 중인 무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network) 기술이 가장 대표적이다.

이렇게 무선 네트워크 백본이 개발 중인 과도기적인 상황에서 기존의 무선랜 기술만을 중심으로 설계되어 적용된 예 중 하나가 본 논문에서 다루고 있는 컨테이너 터미널 환경이라고 할 수 있다. 이러한 환경에서는 가정이나 사무실과 같은 한정된 접속 네트워크 서비스의 제공을 목적으로 발전한 무선랜의 구조적인 한계로 인하여 앞서 분석한 바와 같이 많은 문제점들을 내재하고 있다. 그러나 무선 메쉬 네트워크 기술이 컨테이너 터미널에 직접적으로 적용되어 사용되고 있는 사례는 아직 발표된 바가 없다. 이는 여러 가지 이유가 있을 수 있으나 항만에서 유선 네트워크가 기 확보된 조명탑을 기반으로 인프라 구축 비용을 절감하고 조명탑까지 높은 품질의 네트워크를 이용할 수 있는 환경 상의 이득을 얻을 수 있기 때문이다. 따라서 유선 네트워크 인프라가 제한된 환경에서 무선 네트워크 백본

을 손쉽게 구축하고자 하는 무선 메쉬 네트워크 기술의 장점에 완전히 부합하지 않는 설계상의 이유로 파악된다.

따라서 이와 같은 상황에서 본 논문이 제안하는 바는 현재 컨테이너 터미널에 설치되어 있는 무선랜 기술과 무선 메쉬 네트워크 기술을 융합하여 사용하는 방법이다. 현재 고정 위치에서 서비스 중인 무선 AP들 사이에서 무선 메쉬 네트워크 기반의 MP(Mesh Point)들로서 백본을 확장하여 서비스 음영지역을 보완한다. 이 때 MP들은 기본적으로 고정형(Stationary)일 수 있으나 앞서 이동 가능한 클라이언트들 - C/C, T/C, Y/T, F/L, R/S들도 메쉬 네트워크의 일부로써 참여 가능하다. 즉, 이동형 MP들을 사용한 이러한 융합 기술은 이동형 메쉬 네트워크(MobileMesh)라는 주제로 향후 연구 과제로 현재 연구가 진행 중이다⁹⁾.

5.3 위치 정보 및 이동 패턴 기반 핸드오프

AP들의 위치 결정과 송신 전력 조절(Power Control) 외에 다수의 AP가 설치되어 있는 상황에서 고려해야 할 사항은 클라이언트들의 핸드오프(Handoff) 문제이다. 다수의 실험적인 논문들¹⁰⁻¹²⁾에서 이러한 문제에 대한 연구가 시도되고 있으나 아직 그 효용성이나 실용성 면에서 항만 환경에 적용되어 성공한 사례는 아직 보고된 바가 없다.

본 논문에서 제안하는 바는 클라이언트들의 위치 정보와 이동 패턴을 이용하는 핸드오프 기술이다. 그림 9의 예를 들어 설명하면 한 대의 Y/T가 하나의 선석에서 집중적인 선적/하역 작업을 수행하였고 직사각형 모양의 패턴을 형성하며 컨테이너 야적장 사이를 이동하여 업무를 수행한 것을 알 수 있다. 이와 같이 형성된 이동 패턴들로부터 네트워크 품질 향상시킬 수 있는 다음과 같은 핸드오프 방법을 병행하여 사용할 것을 제안한다.

첫째, 현재 연결을 유지하고 있는 AP 보다 신호 세기가 더 강한 이웃 AP들을 주기적으로 검색(Neighbor Discovery)하고 설정된 시간 안에 핸드오프 임계치(Threshold)를 넘어선 상태를 유지한다면 능동적인 핸드오프를 수행한다.

둘째, 핸드오프를 위한 AP 선택 알고리즘으로 위치 기반 핸드오프를 사용한다. 클라이언트가 현재의 위치를 알아내기 위하여 GPS를 이용하거나 보다 정확한 위치 정보를 획득하기 위하여 RTLS(Real-Time Locating System)¹³⁾를 활용한다. 이렇게 획득한 위치 정보를 바탕으로 해당 위치에서 접속해야 할 AP

를 클라이언트가 결정할 수 있도록 한다.

이와 같이 신호 세기를 이용한 첫 번째 방법과 위치정보를 이용한 두 번째 방법을 병행한 핸드오프 수행은 비록 멀리 있는 AP가 일시적으로 더 강한 신호 세기를 보일 수 있으나 그 세기가 위치에 따른 접속 가능한 AP들과 크게 차이가 없다면 가까운 AP를 선택하게 한다. 따라서 이와 같은 방법은 핸드오프를 신호세기와 거리에 따라 일관적으로 유지할 수 있는 장점을 가지고 있다.

이동하는 클라이언트의 이동 패턴을 활용하는 방법으로는 이동 경로 방향으로 지향성 안테나를 위치시켜 안테나 이득을 높이는 방법을 제안하며 이때 클라이언트에서 동작하고 있는 라우팅 알고리즘을 고려하여 적용하여야 한다^[14].

5.4 기구 문제의 보완

현장 실험에 앞서 IT 정보화 담당자와 현장 작업자로부터 실시한 사전 설문 조사에서 클라이언트들 중 이동성이 가장 높은 Y/T가 선석에서 컨테이너 하역 작업 시 네트워크 서비스가 단절되는 현상이 가장 빈번하다는 사실을 알게 되었다. 이는 앞 절에서 살펴 본 여러 가지 환경 요인의 영향으로 발생할 가능성이 크다. 그 외에 주목해야 할 또 하나의 원인은 물리적인 충격에 의한 무선 랜카드의 탈착 현상이다. 실제 많은 경우 그림 12와 같이 네트워크 서비스의 단절이 일어났을 때 랜카드의 접속 상태를 확인하고 서비스를 재시작 함으로써 다시 서비스를 받을 수 있었다.

사전 조사에 의하면 C/C에서 컨테이너를 하역하여 Y/T에 옮겨 실는 과정에서 컨테이너 무게가 트랙터에 미치는 진동과 이완 등으로 랜카드 접속부위의 탈착 등과 같은 기구 문제가 발생하는 경우가 상당 수 보고되었다. 이와 같이 컨테이너와 같은 중장비를 다루는 환경에서는 물리적으로 하드웨어가 충격과 이완 등에 크게 영향을 받지 않도록 하드웨

어와 외부 케이스와의 연결 부분을 다시 보완한다면 네트워크가 단절되는 문제를 상당히 감소시킬 수 있을 것으로 보인다.

5.5 5GHz 대역 802.11a 사용

본 절에서는 하드웨어적인 개선 방안으로 사용하는 무선 네트워크의 전파 대역을 바꾸는 제안을 한다. 현재 컨테이너 터미널에서 사용 중인 802.11b는 2.400~2.4835GHz 대역을 사용하는데 이 대역은 앞으로 항만에서 많이 사용할 RTLS^[13], RFID^[15] 뿐만 아니라 일반 가전제품이나 의료기기 등 많은 곳에서 사용하고 있다. 또한 항만은 지리적인 여건상 주변에 또 다른 항만에 인접하여 위치하고 있는 경우가 많다. 이럴 경우에 주위의 다른 항만에서도 2.4GHz 대역의 네트워크를 구축하거나 구축할 확률이 매우 높다. 이렇게 된다면 앞에서 언급하였듯이 불안정한 수신 신호 세기가 주위의 항만까지 영향을 주어 상호 간섭현상이 많이 일어날 수 있다. 실제로 현장 실험을 진행하면서도 실험 대상의 AP 뿐만 아니라 주변의 다른 항만의 AP들도 자주 검색되었다.

이에 대한 대안으로 제안하는 802.11a 방식은 5.725~5.850GHz 범위에서 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조 형식을 사용하며 최고 54Mbps까지의 데이터 전송 속도를 낼 수 있다. 또한 802.11b보다 상대적으로 많은 채널을 사용하므로 멀티 채널의 이점을 얻는데 더 유리하며 주변의 항만이나 기타 AP를 사용하는 곳에서 같은 802.11a대역을 사용하더라도 채널간의 간섭을 피할 수 있는 가능성이 커 안정적인 무선네트워크 구축에 도움이 될 것으로 판단된다.

5.6 망 관리 기능

추가적으로 소프트웨어적인 네트워크 관리 측면의 성능 개선 방안으로 망 관리(Network Management) 부분이 있을 수 있다. 현재는 통신장애 등 문제가 발생하였을 경우 작업자나 관리자, 즉 사람이 이러한 문제를 인식하고 각 AP별로 기본적으로 제공되고 있는 관리 페이지를 이용하여 문제점을 해결하고 있다. 이러한 경우 통신 장애 등의 문제를 미리 인지 할 수 없을 뿐 아니라 문제 발생 후에 해결책을 모색하기 때문에 실시간으로 업무가 진행되는 항만에서는 큰 손실이 될 수 있다.

이에 대한 해결책으로 통합적으로 네트워크를 관리할 수 있는 NMS (Network Management System)



그림 12. 물리적인 랜카드 탈착 현상을 점검하기 위한 확인(좌)과 케이스 내부 연결(우)

사용을 권장한다. NMS는 장애관리, 성능관리, 구성 관리 및 보안관리 등을 제공한다. 그 중 장애관리는 발생한 장애에 대해 신속하게 관리자에게 알리고 이 장애에 대한 정보를 분석하고 그 대처 방안을 관리자에게 알려주어 신속한 네트워크의 장애 복구가 이루어질 수 있도록 하는 기능이다. 성능관리는 네트워크를 구성하고 있는 네트워크 자원에 대한 현재 혹은 과거의 상태 그 활용도 및 부하를 검사하여 미래의 발생 가능한 문제점을 검출해 균형 있고 안정적인 네트워크를 유지 할 수 있도록 해주는 기능이다. 이러한 NMS를 사용하여 각 AP의 관리 페이지에서 문제를 수정하는 것이 아니라 관리자 통합 화면에서 모든 기능을 관리하며 문제점을 사전에 방지, 빠른 대처를 한다면 현재 항만에서 관리로 인해 발생하는 문제점을 상당 부분 줄일 수 있을 것으로 판단한다.

IV. 결 론

앞서 살펴본 바와 같이 현재 컨테이너 터미널 환경에서의 IT 정보 서비스는 기존의 시설에 다수의 무선랜 AP들을 설치하여 수십에서 수백 대의 이동성이 있는 클라이언트들에게 네트워크 서비스를 제공하고자 하였다. 또한 항만 물류환경은 자체적으로 내재한 물리적인 무선 신호 전파의 어려움으로 신호 세기가 일정하지 않고 혼잡하여 빈번한 네트워크 단결과 재접속을 경험하기 쉬웠다.

본 논문에서는 항만 물류 환경이 가지는 IT 인프라의 특수성에 대해 설명하였고 이미 구축된 인프라와 S/W 애플리케이션들의 요구 사항에 대해 조사하여 직접 현장 실험을 진행하였다. 실험을 통해 수집한 원시 데이터들을 가공하여 의미 있는 2차 데이터를 생성하여 분석하였고 발견된 문제점들의 여러 가지 복합적인 원인에 대해 규명하고 진단하였다. 본 연구는 이러한 진단 내용을 바탕으로 제안한 해결 방안들을 표 2에 정리하였다.

본 논문이 기여할 수 있는 바는 지금까지 항만 무선 네트워크 인프라의 특수한 성격을 분석하고 항만 물류 환경의 정보화를 위한 계획 수립에 도움이 될 수 있는 체계적인 관련 연구 자료가 거의 없었다는 점이다. 이에 본 논문에서 실험한 환경이 모든 항만 물류 컨테이너 터미널을 대표하는 것은 아니나 대부분의 항만 물류 환경이 넓은 컨테이너 야적장을 가지고 있고 이동하는 여러 서비스 클라이언트들이 실시간으로 작업하는 공통점을 가지고 있을 것이라고 생

표 2. 논문에서 제안한 해결 방안 정리

해결 방안	핵심 내용
채널 할당 방법 및 셀 계획 수정	셀의 수는 늘리고 반경은 줄이는 방향으로 조정
무선 mesh 네트워크를 이용한 인프라	기존의 무선랜 기술에 무선 mesh 네트워크 기술을 융합
위치 정보 및 이동 패턴 기반 핸드오프	위치와 신호세기를 고려한 능동적인 핸드오프와 지향성 안테나 활용
물리적인 랜카드 장착의 불안정 보완	충격과 이완에 유연한 하드웨어 설계와 외부 연결 부분 보완
무선 네트워크 전파 대역 변경	전파 간섭과 멀티 채널 활용에 유리한 5GHz 대역 802.11a 사용
망 관리 기능 도입	NMS를 활용한 네트워크 관리

각된다. 따라서 본 논문에서 제기한 문제점들의 상당 부분이 다른 컨테이너 터미널에서도 참고 모델로써 활용 가능하다고 생각하며 본 논문에서 수행한 현장 실험과 분석 방법 및 결과들이 유사한 문제들에 대한 해결 방안을 도출하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

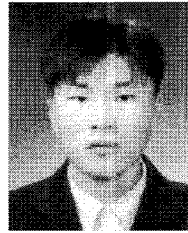
- [1] IEEE Standard for Wireless LAN-Medium Access Control and Physical Layer Specification, P802.11, 1999.
- [2] Kismet: 802.11 layer2 wireless network detector, sniffer, and intrusion detection system. <http://www.kismetwireless.net>
- [3] S. Kouhbor, J. Ugon, A. Kruger, A. M. Rubinov, "Optimal Placement of Access Point in WLAN Based on a New Algorithm", ICMB, pp. 592-598, IEEE Computer Society, 2005.
- [4] S. K. Chui, O. C. Yue, "An Access Point Coordination System for Improved VoIP/WLAN Handover Performance", VTC Spring, pp. 501-505, IEEE, 2006.
- [5] M. Burton, "Channel Overlap Calculations for 802.11b Networks", White Paper, Cirond Technologies Inc. <http://www.cirond.com/WhitePapers/FourPoint.pdf>
- [6] A. Raniwala, K. Gopalan, T. Chiueh, "Centralized Channel Assignment and Routing Algorithms for Multi-Channel Wireless Mesh Networks", ACM Mobile

Computing and Communications Review (MC2R) Vol 8, No 2, pp. 50-65, April 2004.

- [7] P. Kyasanur, N. H. Vaidya, "Routing and interface assignment in multi-channel multi-interface wireless networks", Wireless Communications and Networking Conference, IEEE, 2005.
- [8] IEEE P802.11s™/D1.06 Draft Amendment to Standard for Information Technology - ESS Mesh Networking, November 2006.
- [9] 박현성, 송병구, 강동우, 양승철, 김종덕, "항만물류 환경을 위한 이동형 물류 메시 단말의 설계", 한국통신학회 하계종합학술발표회, Vol. 37, 2008년 7월.
- [10] T. V. Leeuwen, I. Moerman, P. Demeester, "Location assisted fast vertical handover for UMTS/WLAN overlay networks", Computer Communications, Vol. 29, Number 13-14, pp. 2601-2611, 2006.
- [11] S. T. Sheu, W. H. Hsu, H. C. Yin, C. W. Lai, "Smart Handoff Scheme for Supporting Roaming between WLAN and GPRS Networks", IEICE Transactions, Vol. 88-B, Number 4, pp. 1364-1373, 2005.
- [12] R. H. Jan, W. Y. Chiu, "An approach for seamless handoff among mobile WLAN/GPRS integrated networks", Computer Communications, pp. 32-41, 2005.
- [13] ISO/IEC 24730-1:2006 Information technology real-time locating systems (RTLS) Part 1: Application program interface.
- [14] V. Navda, A. P. Subramanian, K. Dhanasekaran, A. Timm-Giel, S. R. Das, "MobiSteer: using steerable beam directional antenna for vehicular network access", MobiSys, pp. 192-205, ACM, 2007.
- [15] EPCglobal, "EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz - 960 MHz", Version 1.1.0, December 17, 2005.

한 승 호 (Seung-ho Han)

준회원



2008년 2월 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 졸업
2008년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 무선통신

박 현 성 (Hyun-Sung Park)

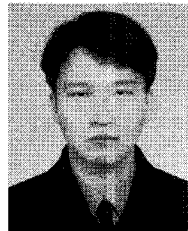
정회원



1999년 2월 경성대학교 산업공학과 졸업
2007년 8월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사
2007년 9월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> 무선통신, 이동통신

김 종 덕 (Jong-Deok Kim)

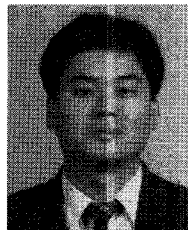
정회원



1994년 2월 서울대학교 계신통계학과 졸업
1996년 2월 서울대학교 전산과 학과 석사
2003년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 박사
2004년 2월~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학과, 조교수
<관심분야> 무선통신, 이동통신망, RFID/USN

김 용 진 (Yong-Jin Kim)

정회원



1985년 2월 단국대학교 전자공학과 졸업
2008년 2월 해양대학교 항만물류학과 석사
1990년 (주)신선대컨테이너터미널 입사
2007년~현재 (주)신선대컨테이너터미널 정보화실 실장
<관심분야> 무선통신, 항만물류