

U-City 건설을 위한 무선랜 기반 무선망과 WiBro 기반 무선망의 경제성 분석

정회원 조 광 현*, 종신회원 김 동 호*, 이 정 루**, 김 동 민**, 최 순 영**

Economic Analysis of WLAN-based Wireless Network and WiBro-based Wireless Network for Ubiquitous City

Kwang-hyun Cho* *Regular Member*, Dong Ho Kim*, Jong-ryun Lee**, Dong-min Kim**, Soon-young Choi** *Lifelong Members*

요 약

본 논문은 U-City (Ubiquitous City)의 무선망을 구축하는데 있어 WLAN 기반의 무선망과 WiBro 기반의 무선망을 고려하고 각 방식을 통해 구축할 경우 소요되는 비용과 얻을 수 있는 편익을 분석하여 경제적 효율성이 높은 무선망 방식을 선정하는 방법론을 제시하였다. 비용 분석을 위한 기초 데이터 획득을 위해 셀 설계 및 커버리지 분석을 수행하였으며, Wi-Fi와 WiBro의 기술적 특징을 바탕으로 편익 분석을 수행하였다. 비용-편익 분석 결과 WiBro 무선망의 손익분기점이 Wi-Fi 무선망에 비해 1.75년 빨리 도달하며, NPV(Net Present Value)도 114억원 가량 큰 것으로 나타나 경제적으로 효율적인 무선망 방식으로 분석되었다.

Key Words : Economic Analysis, Cost Analysis, Benefit Analysis, WLAN, WiBro

ABSTRACT

In this paper, we made cost & benefit analyses of both WLAN-based and WiBro-based wireless networks for U-City(Ubiquitous City). We obtained basic data for cost analysis such as the number of network equipments through cell design and cell-coverage analysis. Also we made benefit analysis considering technical features of WLAN and WiBro networks. By cost & benefit analysis, we have reached conclusions that WiBro-based wireless network has earlier BEP(Break-Even Point) and larger NPV(Net Present Value) than WLAN-based network, and that WiBro is more efficient wireless network for U-City.

1. 서 론

최근 각 지방자치단체는 유비쿼터스 기술을 바탕으로 시민에게 다양한 편익을 제공할 뿐만 아니라 지역 내에서 신 성장동력 산업이 성장하고 새로운 비즈니스 모델이 나타날 수 있는 기반을 조성하고자 U-City 건설을 추진하고 있다. 현재 여러 형태의 U-City 건설

이 추진되고 있으며 대표적인 예로 성남 판교, 화성 동탄, 광고신도시 등의 신도시 건설에 U-City의 개념이 도입되고 있다. 인천경제자유구역청(IFEZ)은 송도, 청라, 영종 지구 등의 인천경제자유구역 내에 다양한 지능형(smart) 서비스를 원활히 제공하여 시민 편익을 증대시키고 새로운 비즈니스 모델을 창출하는 것을 목표로 U-City 건설을 추진 중에 있다.

* 본 연구는 방송통신위원회 “WiBro 기반 보안 인증기술시험 검증과제” 지원으로 수행되었습니다.

* 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램(khyun@ktn.co.kr, dongho.kim@snut.ac.kr), (* : 교신저자)

** (재)인천정보산업진흥원(IITPA) 전략사업부

논문번호 : KICS2010-12-624, 접수일자 : 2010년 12월 23일, 최종논문접수일자 : 2011년 3월 18일

일반적으로 U-City의 건설을 위해서는 기간망과 함께 유무선 접속망, RFID 등의 센서 네트워크를 구축해야 하며, 그 외에도 네트워크를 통해 수집·전송되는 각종 데이터를 통합 운영하는 운영센터와 U-City 운영을 위한 서버, 하드웨어 및 소프트웨어, 방화벽 등의 구축이 필요하다. 이 중에서 시민과 기업들에게 U-City의 다양한 서비스를 끊김 없이 (seamless) 제공하기 위해서는 무선접속망의 구축이 가장 중요하다고 할 수 있다. U-City의 효율적, 경제적 운영을 위해서는 무선망의 경제적 효율성에 대한 분석이 선행되어야 한다. 즉 구축할 무선망을 선정하는데 있어 소요되는 비용 분석과 함께 무선망과 관련된 비즈니스 모델을 기반으로 편익(또는 수익) 분석을 수행하여 경제적으로 가장 효율적인 방식을 선정하는 과정이 필요하다. U-City와 관련하여 여러 형태의 연구^{1)~3)}와 경제적 효율성에 대한 분석^{4)~7)}이 이뤄지긴 했지만 무선접속망의 경제적 효율성에 대해 분석한 연구결과는 없는 상태이다. 본 논문에서는 U-City 성공의 열쇠를 쥐고 있다고 해도 과언이 아닌 무선접속망의 경제적 효율성을 비용-편익 분석 (Cost-Benefit Analysis)을 통해 분석하여 경제적으로 효율적인 방안을 제시하고자 한다. 비용 분석과정에서는 실질적으로 소요되는 비용을 산출하기 위해 셀 설계 시뮬레이션을 수행하고 셀 커버리지를 분석함으로써 소요되는 무선 네트워크 장비의 개수를 산출한다. 무선 접속망의 후보로 WiFi 기반의 무선접속망과 WiBro 기반의 무선접속망을 각각 고려하고, 각 무선접속망의 기술적 특징을 고려하여 편익 분석을 수행한다. 제시한 비용-편익 분석 방법을 인천 송도 U-City에 적용하여 WiFi 기반의 무선접속망과 WiBro 기반의 무선접속망의 경제성 비교 분석을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 II장에서는 무선접속망의 기술적 특징을 비교하고, WiFi 및 WiBro 무선망의 셀 설계 방법과 셀 커버리지 분석 방법에 대해 기술한다. III장에서는 WiFi와 WiBro 무선망을 U-City에 적용할 경우의 시스템 모델에 대해 기술하고, 비용과 편익을 분석하는 방법론을 서술한다. IV장에서 II장과 III장에서 논의한 방법을 구체적으로 송도 U-City에 적용한 결과에 대해 알아보며 V장에서 결론을 내린다.

II. WiFi 및 WiBro 무선망의 기술적 특징 및 셀 설계 분석

2.1 WiFi 및 WiBro 무선망의 기술적 특징

WiFi 무선망은 무선접속장치 (Access Point: AP)

가 설치된 곳을 중심으로 일정 거리 이내에서 PDA나 노트북 컴퓨터를 통해 초고속 인터넷을 이용할 수 있는 특징을 가지고 있다. 대체로 사용자의 이동성이 보장되지 않으며 주로 정지 상태에서 고속의 데이터 서비스(최고 300Mbps)를 제공하는 것을 목표로 시스템이 설계되어 있다. 서비스 커버리지는 옥외형의 경우 최대 400~600m 정도도 가능하지만 실제 구축 시 전파 간섭 등의 문제로 셀 커버리지는 50m~100m 내외인 것으로 알려져 있다. WiFi 무선망은 AP와 AP 컨트롤러, 그리고 서버 등의 장비로 구성된다. AP는 보통 Root AP와 함께 보조적으로 음영지역 해소를 위해 Child AP를 구성하여 구축하기도 한다.

WiBro 무선망은 WiFi 무선망에 비해 데이터 전송 속도는 낮지만 (WiBro Wave 2의 경우 하향링크 최대 40Mbps, 상향링크 최대 12Mbps), 각종 동영상 등의 멀티미디어 서비스가 가능한 수준이며, WiFi에 비해서는 넓은 셀 커버리지를 갖고 이동 사용자에게 대해서도 끊김 없는 서비스가 보장되는 장점을 가지고 있다. WiBro 무선망의 구성은 기지국에 해당하는 RAS(Radio Access Station)와 라우팅 및 무선 스위치 기능을 수행하는 ACR(Access Control Router), 그리고 AAA (Authentication Authorization and Accounting) 서버, WSM(WiBro System Manager) 등으로 구성된다. 그 외에도 RAS를 보완하여 음영지역을 해소하기 위해 광증계기와 함께 RRU (Remote RF Unit) 등의 RF 장비를 추가로 설계 구축하는 것이 일반적이다. 최근 WiFi 기반의 스마트폰 확산으로 인해 WiFi 단말 사용자가 급증하고 있다. WiFi 사용자에게 이동성을 보장해야 하는 기술적 요구에 발맞춰 모바일 WiBro-WiFi 변환 장치를 이용한 서비스가 이뤄지고 있다. 모바일 WiBro-WiFi 변환 장치는 WiFi 단말장치를 가지고 있는 사용자가 WiBro를 이용하여 무선접속을 수행하고, WiBro의 신호를 WiFi 신호 형태로 변환하여 고속 이동 상황에도 끊김 없이 서비스를 제공받는 모델이다. 본 논문에서는 WiBro 무선망을 설계할 때 WiFi 단말 사용자에게 서비스 제공을 고려하여 모바일 WiBro-WiFi 변환장치를 네트워크 모델에 포함하여 설계하는 것으로 가정한다.

2.2 WiFi 및 WiBro 무선망의 셀 설계 분석

일반적으로 무선망의 설계 과정 및 절차는 다음과 같다. 첫째, 서비스 지역의 가입자 수에 따른 트래픽을 분석하고 해당 지역의 지형에 관한 데이터 및 안테나 패턴 등을 활용하여 전계 강도를 분석한다. 트래픽 분석과 전계강도 분석이 완료되면 기지국 개수, 기지

국의 위치 및 서비스 영역을 결정하는 기지국 설계를 수행하고 채널 용량과 주파수 간섭 등의 제약을 고려하여 기지국에 채널을 할당하고 신호 트래픽 분석을 통해 위치와 영역 등을 결정한다. 마지막으로 실제 필드 테스트를 통해 이론적 설계와 실제 측정치와의 괴리를 보완한다.

본 논문에서 고려하는 송도 U-City의 경우 U-City 건설이 초기 진행 중인 과정이어서 가입자 수에 대한 트래픽 분석을 예측하기 어려운 상황이다. 따라서, 일반적인 도시지역의 트래픽을 가정하여 분석을 진행하였다. 또한, 전계강도 분석을 위한 대규모 전파모델 (Large Scale Propagation Model)은 변형된 Hata 모델과 Mobile WiMax의 기준 모델인 SUI (Stanford University Interim) 모델을 고려하였으며, 셀 설계 시 물레이션 툴을 사용하여 셀 설계를 수행하였다. WiFi의 경우 빔포밍 기술이 지원되는 3x3 MIMO 방식을 사용한 옥외형 AP 모델을 사용하였고, 지향성 안테나 패턴과 전방향성 안테나 패턴을 갖는 AP를 고려하였다. 또한 WiBro의 경우 2x2 MIMO 방식을 사용한 전방향성 안테나 패턴의 RAS, RRU를 고려하였다.

III. WiFi 및 WiBro 무선망의 경제성 분석

U-City 무선망을 선택하는데 있어 고려할 요소로는 편의성, 성능, 비용, 법/제도 부합성 등이 있다. 편의성 측면에서 볼 때, 무선망을 사용하는 사용자들이 정지 상황이든 이동 상황이든 상관없이 편리하게 인터넷과 공공망에 접속할 수 있는 환경을 제공하는 것이 필요하다. 성능 측면에서는 대용량 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 데이터 전송률이 보장되어야 하며 공공서비스 제공을 위한 M2M 네트워크와의 연동도 필요하다. 비용 측면에서는 상기 편의성과 성능 등을 만족한다는 가정 하에 가능한 적은 비용이 들어야 하며, 초기 구축비용과 함께 운영비용도 중요한 요소가 된다. 마지막으로 U-City 무선 자가망을 구축하는데 있어 규정한 목적 외 사용을 제한하며 타인통신 매개를 금지한 전기통신기본법 제21조와의 충돌 회피도 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

III장에서는 상기 제시한 무선망 설계의 요소 등을 고려하여 WiFi 망과 WiBro 망을 기반으로 U-City 무선망을 설계할 때 소요되는 비용과 얻을 수 있는 편익 등을 분석하여 각 무선망의 경제성 분석을 수행한다.

3.1 비용-편익 분석(Cost-Benefit Analysis)

경제성 분석에서 가장 일반적으로 사용되는 비용-

편익 분석법은 사업에 투입된 비용과 얻을 수 있는 편익을 계량적으로 산출하여 평가하는 방법으로서 편익/비용비 (B/C Ratio), 순 현재가치 (NPV: Net Present Value), 손익분기점 (BEP: Break-Even Point) 등이 주로 사용되고, 이밖에 내부수익률(IRR: Internal Rate of Return)이 사용되기도 한다. 편익/비용비를 활용한 분석법은 편익을 비용으로 나눈 비율이 가장 큰 방식을 선택하는 방법으로 B/C비는 현재 가치로 환산된 편익/비용비로 표시한다. 즉, 각 연도의 편익과 비용을 산출하여 각 연도마다 할인율을 적용하여 현재 가치로 환산한 후 편익의 합을 비용의 합으로 나눈 값이며 수식으로 나타내면 다음 수식 (1)과 같다.

$$\frac{\text{편익의 총현재가치 } B}{\text{비용의 총현재가치 } C} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{b_i}{(1+\Gamma)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{(1+\Gamma)^i}} \quad (1)$$

여기에서 B와 C는 각각 편익과 비용의 현재가치 총계이며, b_i = i 년도의 편익; c_i = i 년도의 비용; Γ = 할인율; n = 사업내용의 년 수로서, 위 식에서 구해진 비율이 높을수록 사업효과가 크다고 판단된다. 순 현재가치(NPV)는 사업의 경제성을 가늠하는 기법 중의 하나로서, 화폐의 할인율을 고려하여 현재 화폐가치로 나타낸 비용과 효과(편익)의 순 차이로 정의한다. 즉, 현재가치로 환산된 장래의 연도별 편익의 합계에서 현재가치로 환산된 장래의 연도별 비용의 합계를 뺀 수치를 의미하며 순현재가치 > 0 이면 경제성이 있다는 의미로 해석된다. 마지막으로 손익분기점(BEP)은 누적효과가 누적비용을 초과하여 사업 프로젝트가 손익분기점에 도달할 때까지의 소요 시간을 일컫는다. 즉 구축비용과 운영비용 등의 투자한 비용과 비교하여 얻은 수익이 더 많아져 이득을 보기까지 소요되는 기간을 의미하며, 가시적인 성공전환 시점을 의미한다고 볼 수 있다. 흔히, 누적비용 대비 누적효과의 교차 그래프를 활용하여 두 그래프가 만나는 점을 BEP라고 한다. 일반적으로 BEP가 작은 사업이 흑자전환까지 걸리는 시간이 적다는 것을 의미하므로 투자하기에 적합한 사업이라고 볼 수 있다.

3.2 U-City 무선망의 비용 분석

U-City 무선망 구축에 소요되는 비용항목은 초기망 구축비용, 무선망 운영비용, 무선 패킷 사용료 등으로 구성된다. 일반적으로 유무선망 구축 비용은 개발용역비, 하드웨어, 소프트웨어, 네트워크장비 물자

비 및 공사비, DB 구축비 등으로 구성된다. 본 논문에서는 유선망 구축과 관련된 비용은 제외하고, 무선망 구축과 관련한 비용으로 네트워크 장비 물자비와 공사비 등으로 한정하였다. 운영비 항목은 일반적으로 인건비, 시스템 운영환경 유지보수비, 통신비, 제경비, 임차비 등을 포함하지만 본 논문에서는 유지보수비, 장치 설비를 위한 부동산 임차비, 장비 운영 전력료 등으로 제한하였다. 비용분석의 기본 데이터로 사용되는 네트워크 장비의 개수는 II.2절에서 분석한 무선망 셀 설계 결과 및 유효 커버리지 분석 결과를 기반으로 특정 지역에 필요한 장비의 개수로 산출하였다.

본 논문에서 고려하는 무선망 방식에 따라 소요되는 비용항목을 비교 분석하면 표 1과 같다. WiFi 무선망의 경우, 그림 1과 같이 공공서비스를 위해 무선자가망을 구축하고 민간서비스를 위해서는 별도의 무선망을 구축해야 한다. 반면에 WiBro는 민간 투자에 의해 구축된 무선망을 공공서비스를 위해서 임대하는 형식으로 운영된다. 초기 망 구축 비용 측면에서 보면 WiFi 무선망은 이중 투자에 따른 비용부담과 함께 셀

커버리지가 작기 때문에 기지국의 역할을 하는 AP의 개수가 WiBro의 RAS 개수보다 많아지는 단점이 있다. 이와 같이 다수의 AP가 필요한 점은 운영비용 측면에서도 비용 부담 요소가 될 수 있다. 다만, WiFi의 AP의 경우 WiBro의 RAS에 비해 대체로 저가이며 소형이어서 신호등 또는 가로등 등의 공공 시설에 설치가 가능하여 부동산 임차료 등이 적게 들고, 전력료 등에 대한 부담도 적다는 특징이 있다.

그림 2에 나타난 WiBro 무선망의 경우는 민간망 임대와 따른 접속료와 공무원이 사용하는 무선패킷 사용료에 대한 비용이 단점으로 고려된다. 특히 지하철이나 버스 등의 대중교통수단에 설치될 모바일 WiBro-WiFi 변환장치, 예를 들어 KT의 "Public Egg" 서비스, 등을 통해 WiFi 단말을 사용하는 일반 시민이 WiBro 망을 통해 무선 접속을 시도할 경우 무선패킷 사용료 등의 비용을 U-City 또는 지방자치단체에서 지불해야 하므로 비용 부담요소가 될 수 있다. 마지막으로 보안 사고에 대한 위험 비용도 고려할 요소이지만 본 논문에서는 고려하지 않는 것으로 가정하였다.

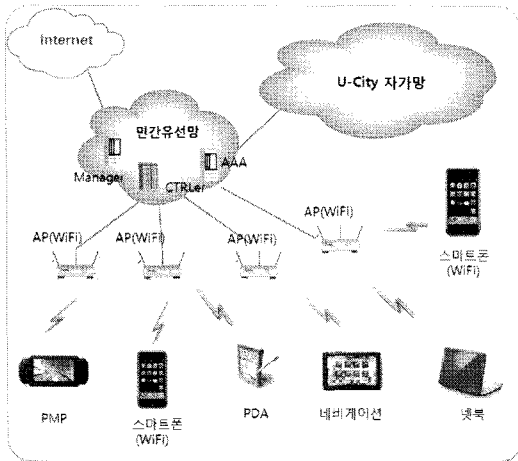


그림 1. WiFi 기반 u-City 무선망 시스템모델 구성

표 1. 무선망에 따른 비용요소 비교분석

항목	WiFi 기반 무선망 구축	WiFi/WiBro 결합망 구축
초기망 구축비용	<ul style="list-style-type: none"> 공공서비스 용도의 무선자가망과 별도로 민간서비스를 위한 망 구축 필요 전기통신기법별 계급호에 의거, 민간 서비스를 위한 별도의 망 구축 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 민간투자제에 의해 WiBro망을 구축한 후, 공공 서비스를 위해서는 망을 임대하는 형식 민간망용 이용하여 공공서비스/민간서비스 중 시설행 가능
운영비용	<ul style="list-style-type: none"> 망 유지보수비용 지리지 전로역 배척 어려움 Outsourcing의 경우 비용 발생 AP 등의 네트워크 장비가 소용되어서 공공시설에 설치 가능 → 임대료 절감 단, 민간시설물에 설치할 경우 임대료 	<ul style="list-style-type: none"> KT 등의 서비스 사업자 자체 망 유지보수 망 관리용 유선 유지보수 비용 절감 RAS 등의 네트워크 장비를 민간시설물에 설치할 경우 임대료
서비스사용 비용 (민간사용료, 임대료)	<ul style="list-style-type: none"> 공무원 및 시민 무료 사용 가능 서비스 사업자에 위탁하는 경우 서비스 사용비용 발생 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 민간망 임대와 따른 접속료 부담 민간 사용료 및 접속료 WiBro 사용 일반시민은 독자 부담 공무원 전용 WiBro 단말 및 M2M 서비스 접속료는 지자체 부담 대중교통에 설치할 모바일 WiBro-WiFi 변환 장치를 통한 일반시민의 접속료 지자체 부담
비/제도 및 보안	<ul style="list-style-type: none"> 보안에 대한 위험대비 필요 보안사고 발생에 대한 경제적 손실 최소화 필요 	<ul style="list-style-type: none"> WiBro의 강화된 보안 방식에 의해 위험 회피 가능

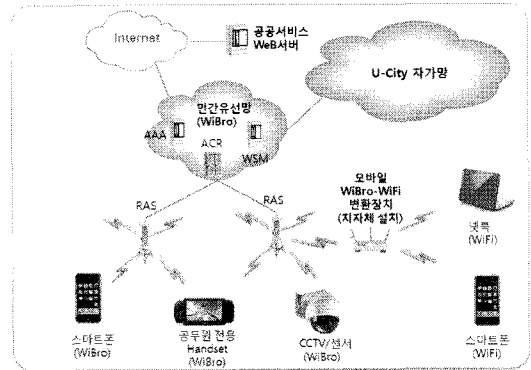


그림 2. WiBro 기반 U-City 무선망 시스템모델 구성

3.3 U-City 무선망의 편익 분석

U-City 무선망과 관련된 편익은 직접 편익과 간접 편익으로 나눌 수 있다. 직접 편익은 통신인프라 구축에 따른 정보검색 시간 절감 등의 인프라 편익, 도시 관리, 교통, 환경, 방범/방재 등의 서비스에 따른 편익, 업무 통합이나 정보 통합에 따라 발생하는 융합 편익 등으로 분류할 수 있다. 간접 편익은 지역경제 및 국민경제에 미치는 생산효과, 부가가치 효과, 고용 효과 등으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 U-City의 교통, 시설물관리 및 환경, 방범/방재, 교육 등의 공공서비스에 따른 직접편익과 함께 빌딩 및 주차관리, 의료, 정보제공서비스, 광고서비스 등의 민간서비스에 따른 직

접편익, 그리고 무선망 서비스에 따른 생산유발효과 및 무선망 서비스에 따른 U-City의 브랜드 가치 상승 등 부가가치 효과 등의 간접편익을 정량적으로 산출하였다.

송도 U-City 서비스에 따른 편익의 정량적 계산은 광고 U-City의 분석 자료^[5-7] 등을 참고하여 재가공하였으며 도출된 편익 금액을 송도 U-City 구축완료 후 첫해에 예상되는 편익금액으로 반영하였다. 또한 편익 증가비율을 r 이라고 할 때 n 년 후 편익은 $(1+r)^n$ 을 활용하여 산출하였다. 그런데 U-City 서비스에 따른 편익은 기간망, 유무선 접속망, 센서망, 운영센터 등 U-City 건설에 소요되는 전체 구축비용을 고려한 편익이므로, 본 논문에서 고려하는 무선망에 의한 편익으로 고려하기에는 과도한 측면이 있다. 따라서, 본 논문에서는 U-City 서비스 편익 중 무선망과 관련된 기여 비율만큼 가중치를 두어 고려하였다.

무선망에 따른 U-City 서비스의 편익을 산출할 때 이동성 지원여부를 반영해야 한다. 예를 들어 개인교통안내 서비스 등은 이동성이 지원되는 WiBro 망에서는 서비스 편익이 충분히 얻어질 수 있지만, 이동성 지원이 완벽히 보장되지 않는 WiFi 망에서는 서비스 편익 중 일부만 산출해야 한다. 이와 같이 무선망의 기술적 특징에 따른 편익의 차이를 고려하여 본 논문에서는 WiFi 망의 경우 WiBro망 대비 편익디스카운트 비율을 반영하여 산출하였다.

IV. 무선망의 경제성 분석: 송도 U-City 적용 예

IV장에서는 II장과 III장에서 논의한 셀 설계 방법과 무선망의 경제성 분석 방법을 송도 U-City에 적용한 결과를 기술한다.

셀 설계는 신호의 전파 특성에 영향을 받으며 지형·지물에 의해 변화하는데 송도 지역의 대부분이 아직 건물이 들어서지 않은 상태이다. 따라서, 설계 톨을 활용하여 송도 U-City에 무선망을 설계하는데 있어 지형·지물에 따른 채널 환경을 고려한 송도지역 무선망 설계는 불가능하며 현 상태로 설계한 결과는 U-City가 건설된 이후의 실제 셀 설계와 상이할 가능성이 매우 높다. 본 논문에서는 송도 U-City 건설이 어느 정도 이루어진 송도 2공구와 4공구 지역을 우선적으로 고려하여 셀 설계를 진행하고, 비슷한 형태로 나머지 공구가 개발된다는 가정 하에 전체 면적 대비 2공구 및 4공구 면적의 비율로 무선망 장비의 비용을 계산하였다. 송도 U-City 2공구 및 4공구에 셀 설계 시뮬레이션을 통해 WiFi와 WiBro 방식으로 무선망을

설계한 결과와 셀 커버리지를 각각 그림 3과 그림 4에 나타내었다.

셀 설계 시뮬레이션을 수행 결과를 바탕으로 송도 U-City 전체에 WiFi 무선망을 구축하는 경우, 지향성 안테나 패턴의 AP 420개, 전방향성 안테나 패턴의 AP 324개가 필요하다. WiBro 무선망의 경우는 24개

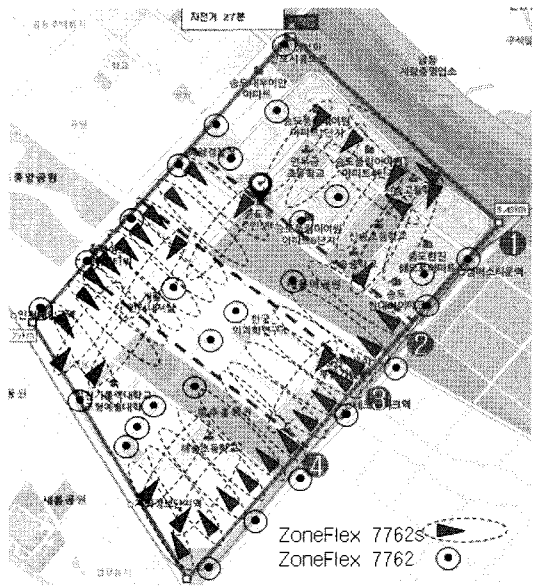


그림 3. WiFi 무선망 셀 설계 및 셀 커버리지 결과

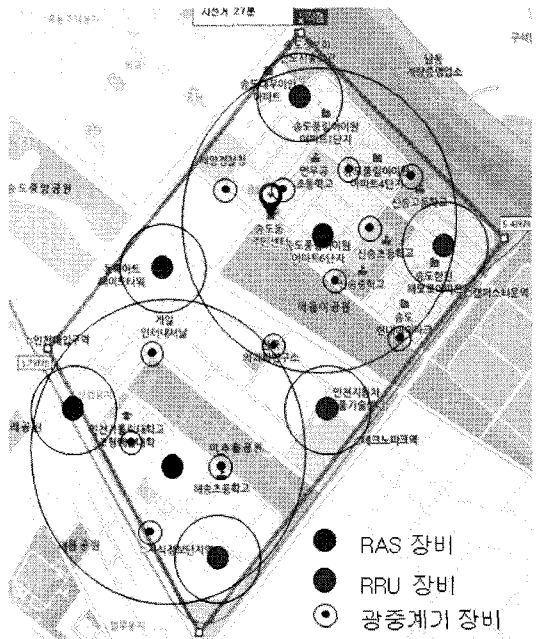


그림 4. WiBro 무선망 셀 설계 및 셀 커버리지 결과

의 RAS, 72개의 RRU, 144개의 광중계기가 필요하며, 지하철, 버스 등에 구축할 모바일 WiBro-WiFi 변환장치 1000개 등이 필요한 것으로 분석되었다. 분석 결과를 바탕으로 장비 당 물자비, 공사비 등을 고려해 초기 구축비용을 산출하고, 장비 당 소요되는 운영 비용 등을 고려해 전체 비용을 산출하였다.

III장에서 논의한 편익 분석 방법을 송도 U-City의 WiFi 무선망과 WiBro 무선망에 적용한 결과를 각각 표 2와 표 3에 나타내었다.

앞서 언급한 바와 같이 편익 증가비용은 서비스 수익 모델의 연평균성장률(CAGR)을 고려하여 반영하였으며, WiFi의 경우 이동성 보장이 어려운 점을 고려하여 WiBro 대비 편익에 할인율을 반영하였다. 비용-편익 분석 결과를 바탕으로 송도 U-City 무선망 설계의 ROI(Return on Investment)분석을 수행하였다. 무선망 초기 구축은 1년 동안 수행하며, 6년 동안 운영하는 것으로 가정하였다. 할인율은 한국개발연구원 예비타당성 조사를 위한 일반지침연구 (2001)를 참조하여 7.5%로 가정하였다. ROI 분석 결과 WiFi 기반의 송도 U-City 무선망은 NPV가 14.7억원이며 손익

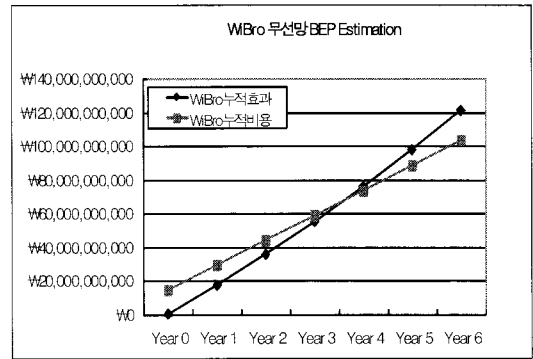
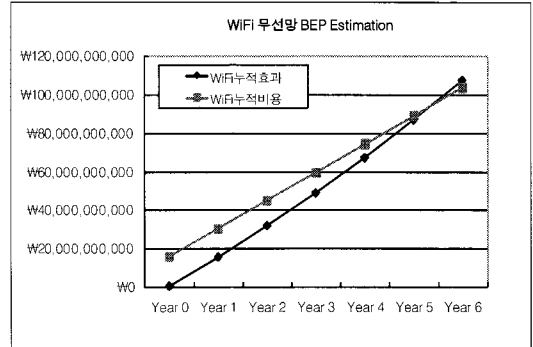


그림 5. WiFi 및 WiBro기반 U-City 무선망 ROI 분석 결과, 손익분기점 예측 그래프

표 2. WiFi 기반 송도 U-City 무선망 편익 분석결과

	유형 효과	Yearly 편익금액	편익 증가비율	입지계수	Yearly Benefit	Discount Rate	Expected Benefit
무선랜 편익	무선망 서비스에 따른 생산유발효과	₩30,388,400,000	8.00%	1.487	₩2,711,074,808	80%	₩1,826,844,785
무선랜 편익	무선망 서비스에 따른 송도 U-City 브랜드 가치 상승 등 부가가치효과	₩30,388,400,000	8.00%	0.949	₩1,730,201,818	80%	₩1,038,120,870
	Total cumulative intangible benefits	₩60,776,800,000			₩4,441,276,624		₩2,864,965,654
	유형 효과 (Type1 : 공공서비스)	Yearly 편익금액	편익 증가비율	무선망 기여비율	Yearly Benefit	Discount Rate	Expected Benefit
무선랜 편익	교통혼잡비용감소효과	₩6,286,000,000	5.00%	20.00%	₩1,853,000,000	100%	₩1,853,000,000
	교통사고 감소효과	₩388,000,000	5.00%	20.00%	₩79,800,000	100%	₩79,800,000
	담당공무원 업무효율화 효과	₩147,000,000	4.00%	20.00%	₩29,400,000	100%	₩29,400,000
	환경 개선효과	₩3,583,000,000	4.00%	20.00%	₩712,800,000	100%	₩712,800,000
	화재 발생피해 감소효과	₩50,000,000	2.00%	20.00%	₩10,000,000	100%	₩10,000,000
무선랜 편익	범죄 예방효과	₩3,348,000,000	2.00%	20.00%	₩669,600,000	100%	₩669,600,000
	사교육비 절감효과	₩745,000,000	3.00%	20.00%	₩149,000,000	100%	₩149,000,000
	Total cumulative Type1 benefits	₩18,518,000,000			₩3,303,800,000	100%	₩3,303,800,000
	유형 효과 (Type2 : 민간서비스)	Yearly 편익금액	편익 증가비율	무선망 기여비율	Yearly Benefit	Discount Rate	Expected Benefit
무선랜 편익	통신사, 네비게이션 업체 등 정보판매수익 (개인교통안내, 사고정보, 교통상황정보)	₩307,000,000	10.00%	80.00%	₩184,200,000	75%	₩138,150,000
	시설물 관리업체 정보제공 수익	₩155,000,000	10.00%	40.00%	₩81,200,000	85%	₩62,020,000
	기상정보 및 환경정보 제공 수익	₩30,000,000	10.00%	40.00%	₩12,000,000	85%	₩10,200,000
무선랜 편익	시설물 관리업체, 경비업체 등 인프라 사용자, 정보판매 수익	₩42,000,000	10.00%	40.00%	₩16,800,000	100%	₩16,800,000
	빌딩 및 주차관리 서비스 통합관리 Infra 임대수	₩807,000,000	10.00%	40.00%	₩242,800,000	100%	₩242,800,000
무선랜 편익	지능화 시설(infra) 임대사업 및 정보제공 수익	₩101,000,000	10.00%	80.00%	₩50,500,000	100%	₩50,500,000
	원격 진료 등 U-의료 서비스에 대한 인프라 수익	₩85,000,000	10.00%	40.00%	₩34,000,000	100%	₩34,000,000
	일반시민 원격의료 무선 서비스 정보사용 수익	₩254,000,000	10.00%	40.00%	₩101,800,000	80%	₩81,280,000
무선랜 편익	지능화시설 이용 콘텐츠 제공사업 인프라 수익, 정보판매 수익	₩87,000,000	10.00%	80.00%	₩52,200,000	100%	₩52,200,000
	온라인 원격강의에 대한 교육사업자 인프라 수익	₩40,000,000	10.00%	40.00%	₩18,000,000	75%	₩12,000,000
무선랜 편익	LBS 기반 U-City Portal 지역특화 광고 정보판매	₩536,000,000	10.00%	80.00%	₩428,800,000	75%	₩321,600,000
	개인맞춤형 지능형 모바일 광고 정보판매수익	₩581,000,000	10.00%	70.00%	₩382,700,000	75%	₩294,525,000
	Digital Signage+홀패드 Infra 임대수익 등	₩779,000,000	10.00%	70.00%	₩545,300,000	75%	₩408,875,000
	Total cumulative Type2 benefits	₩3,582,000,000			₩2,138,100,000		₩1,715,050,000

표 3. WiBro 기반 송도 U-City 무선망 편익 분석결과

무형 효과		Yearly 편익금액	편익 증가비율	입지계수	Yearly Benefit	Discount Rate	Expected Benefit
무선망 서비스	무선망 서비스에 따른 생산유발효과	₩29,172,880,000	8.00%	1.487	₩2,802,804,354	75%	₩1,952,105,265
무선망 서비스	무선망 서비스에 따른 송도 U-City 브랜드 가치상승 등 부가가치효과	₩29,172,880,000	8.00%	0.949	₩1,881,103,787	75%	₩1,245,827,840
Total cumulative intangible benefits		₩58,345,760,000			₩4,283,908,141		₩3,197,933,105

유형 효과 (Type1 : 공공서비스)		Yearly 편익금액	편익 증가비율	무선망 기여비율	Yearly Benefit	Discount Rate	Expected Benefit
교통	교통혼잡비용감소효과	₩8,285,000,000	5.00%	20.00%	₩1,853,000,000	100%	₩1,853,000,000
	교통사고 감소효과	₩399,000,000	5.00%	20.00%	₩79,800,000	100%	₩79,800,000
안전	안전감 무형 업무효율화 효과	₩147,000,000	4.00%	20.00%	₩29,400,000	100%	₩29,400,000
	환경 개선효과	₩3,583,000,000	4.00%	20.00%	₩712,800,000	100%	₩712,800,000
범죄 예방	화재 발생피해 감소효과	₩50,000,000	2.00%	20.00%	₩10,000,000	100%	₩10,000,000
	범죄 예방효과	₩3,349,000,000	2.00%	20.00%	₩669,800,000	100%	₩669,800,000
사고 예방	사고유비 절감효과	₩745,000,000	3.00%	20.00%	₩149,000,000	100%	₩149,000,000
	Total cumulative Type1 benefits	₩18,518,000,000			₩3,503,800,000	100%	₩3,503,800,000

유형 효과 (Type2 : 민간서비스)		Yearly 편익금액	편익 증가비율	무선망 기여비율	Yearly Benefit	Discount Rate	Expected Benefit
통신	통신사, 내비게이션 업체 등 정보판매 수익 (개인교통안내, 사고정보, 교통상황정보)	₩307,000,000	10.00%	80.00%	₩184,200,000	100%	₩184,200,000
	시설물 관리업체 정보제공 수익	₩153,000,000	10.00%	40.00%	₩61,200,000	100%	₩61,200,000
건설	기상정보 및 환경정보 제공 수익	₩30,000,000	10.00%	40.00%	₩12,000,000	100%	₩12,000,000
	시설물 관리업체, 경비업체 등 인프라 사용자, 정보판매 수익	₩42,000,000	10.00%	40.00%	₩16,800,000	100%	₩16,800,000
미디어	빌딩 및 주차관리 서비스 종합관리 Infra 임대수익	₩807,000,000	10.00%	40.00%	₩242,800,000	100%	₩242,800,000
	지능화 시설 (Infra) 임대사업 및 정보제공 수익	₩191,000,000	10.00%	50.00%	₩95,500,000	100%	₩95,500,000
관광	환경 전문 등 U-인포 서비스에 대한 인프라 수익	₩85,000,000	10.00%	40.00%	₩34,000,000	100%	₩34,000,000
	일반시민, 관광객의 무선 서비스 정보사용 수익	₩254,000,000	10.00%	40.00%	₩101,800,000	100%	₩101,800,000
교육	지능화시설 이용 콘텐츠 제공사업 인프라 수익, 정보 판매 수익	₩87,000,000	10.00%	80.00%	₩52,200,000	100%	₩52,200,000
	온라인 원격강의에 대한 교육사업자 인프라 수익	₩40,000,000	10.00%	40.00%	₩16,000,000	100%	₩16,000,000
광고	LBS 기반 U-City Portal 지역특화 광고 정보판매수익	₩538,000,000	10.00%	80.00%	₩428,800,000	100%	₩428,800,000
	개인맞춤형 지능형 모바일 광고 정보판매수익	₩581,000,000	10.00%	70.00%	₩402,700,000	100%	₩392,700,000
광고	Digital Signage*플래드 Infra 임대수익 등	₩778,000,000	10.00%	70.00%	₩545,300,000	100%	₩545,300,000
	Total cumulative Type2 benefits	₩3,582,000,000			₩2,138,100,000		₩2,138,100,000

분기점인 BEP가 5.37년인 것으로 분석되었다. 또한 WiBro 기반의 송도 U-City 무선망은 NPV가 대략 99 억원이며 BEP는 3.62년으로 분석되었다. ROI 분석 결과 WiBro 기반의 U-City 무선망이 WiFi 기반의 무선망보다 대략 1.75년 앞서 손익분기점에 도달할 수 있으며, 편익에서 비용을 뺀 누적금액을 현재 가치로 환산한 NPV에서도 대략 114억원 가량 큰 것으로 분석되어 경제적으로 효율성이 높은 것으로 분석되었다. 각각의 무선망 방식의 BEP 추정 그래프를 그림 5에 나타내었다.

V. 결론

본 논문에서는 U-City의 무선망을 구축하는데 있어 WLAN과 WiBro의 무선망을 고려하고, 망 구축에 소요되는 비용 분석과 무선망 구축을 통해 얻을 수 있는 편익을 분석하여 경제적으로 효율성이 높은 무선망 방식을 선정하는 방법론을 제시하였다. 비용 분석 과정의 기초 자료가 되는 무선망 장비의 개수를 산출하기 위해 무선망 셀 설계와 셀 커버리지 분석을 수행하였다. 편익 분석과정에서 WiFi와 WiBro의 기술적

특징인 이동성, 데이터 전송률 등을 반영하여 정량적으로 산출하였으며, 분석 방법을 송도 U-City에 적용하여 두 가지 무선망의 경제적 효율성을 비교 분석하였다. 분석 결과 WiBro 기반의 무선망이 WiFi 기반의 무선망에 비해 1.75년 가량 앞서 손익분기점에 도달할 수 있으며, NPV도 대략 114억원 가량 큰 것으로 분석되어 경제적으로 효율적인 무선망으로 분석되었다. 본 연구의 결과는 향후 U-City의 무선망을 설계하는데 있어 경제적으로 효율적인 방안을 선택할 때 사용할 수 있는 분석 방법으로 의미가 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) U-Eco 사업 사전기획단, U-Eco 사업단 사전기획 보고서, 한국전선교통기술평가원, 2007.
- (2) 한국토지공사, 화성동탄 실시계획 보고서, 한국토지공사, 2006.
- (3) U-Eco City 사업단, 공공자산을 활용한 U-City 운영비 보전방안 연구, 국토해양부, 2010.
- (4) 석봉길, “도시정보화에 따른 경제성 분석에 관한

- 연구”, 안양대학교 석사학위논문, 2007.
- [5] V. Gunasekapan and F. Harmantzis, "Financial Assessment of Citywide Wi-Fi /WiMAX Deployment", *Communications & Strategies*, No.63, pp.1-23, 3rd quarter 2006.
 - [6] U-Eco 사업단, *U-City 운영비보전방안연구 (1단계 보고서)*, 한국건설교통기술평가원, 2010.
 - [7] 고성훈, *U-City 사업의 재원조달 방법 타당성 분석*, 서울시립대학교 석사학위 논문, 2008.

조 광 현 (Kwang-hyun Cho)

정회원

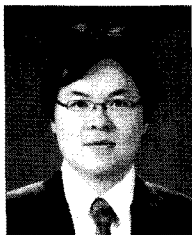


2003년 2월 동명대학교 정보통신공학과(공학사)
 2005년 2월 부경대학교 정보통신공학(공학석사)
 2008년 9월~현재 서울과학기술대학교 방송통신융합공학과 박사과정

2005년 3월~현재 KT네트웍스 기술연구소
 <관심분야> 디지털 방송, IPTV

김 동 호 (Dong Ho Kim)

종신회원



1997년 2월 연세대학교 전자공학과 학사
 1999년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 2004년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
 2004년 9월~2007년 2월 삼성

종합기술원 4G무선기술랩 전문연구원

2006년 3월~2007년 2월 삼성전자 통신연구소 책임연구원

2007년 3월~현재 서울과학기술대학교 매체공학과 조교수

<관심분야> 이동방송 및 이동통신시스템, 통신이론, 오류정정부호

이 정 루 (Jong-ryun Lee)

종신회원



2006년 2월 아주대학교 정보통신공학 석사
 2007년 5월 유비쿼터스 컴퓨팅 사업단 선임연구원
 현재 (재)인천정보산업진흥원 전략사업부 팀장
 <관심분야> U-City, USN, WiBro, SmartTV

김 동 민 (Dong-min Kim)

종신회원



1995년 2월 동국대학교 산업공학과 졸업
 1997년 2월 동국대학교 산업공학과 석사
 2007년 2월 동국대학교 산업공학과 박사
 현재 (재)인천정보산업진흥원 전략사업부 팀장

<관심분야> U-City, RFID/USN, WiBro, GCM

최 순 영 (Soon-young Choi)

종신회원



1980년 2월 강원대학교 영어교육학과 졸업
 1985년 2월 고려대학교 경영학과 석사
 2004년 2월 강원대학교 경영학과 박사
 현재 (재)인천정보산업진흥원 전략사업부 부장

<관심분야> U-City, 기술경영, 전자상거래