

휴대인터넷(와이브로-Wibro)에 대한 분석

이 청 진 권 오 흥

관동대학교 일반대학원 전자통신공학

Analysis that do carrying along internet Wibro

cheong-jin Lee Oh-Heung Kwon

Kwandong University

E-mail : jin27@snts.co.kr

요 약

와이브로(Wibro)는 Wireless Broadband Internet의 줄임말로, 휴대 인터넷, 무선 광대역 인터넷, 무선 초고속 인터넷으로 풀이됨. 언제(anytime), 어디서나(anywhere), 누구나(anyone), 어떤 장비(any device)로 이동하면서도 초고속으로 인터넷을 이용할 수 있는 서비스로, 이동전화와 무선 LAN의 중간영역에 위치하며, 와이브로 서비스는 기존 셀룰러망과 다르게 IP망을 기반으로 서비스되기 때문에 단말기의 이동과 관계없이 끊임없이 연결을 유지하기 위해서는 핸드오버가 지원되어야 한다. 기존의 Micro Mobility 방식과 일반적인 Mobile IP 방식은 핸드오프시 지연속도와 패킷손실의 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 최소화 하기위해서 IETF라는 프로토콜이 제안되고, IETF의 Mip4, Mip6, Mipshop WG을 중심으로 표준화가 진행되고 있다. 본 논문에서는 와이브로 망에서의 문제점을 개선하여 단말기의 효율적인 핸드오버 지원을 최대한 줄이기 위한 기법들과 활성화 및 전망에 대해 연구 분석 함.

ABSTRACT

Wibro is stand for Wireless Broadband Internet called as Portable Internet, Wireless Broadband Internet or Wireless High-Speed Internet. This provides high-speed internet service anytime, anywhere, from anyone and any device with seamless mobility and the band is located between Mobile phone and wireless LAN. Wibro service should support handover to maintain connection continuously in movement because the service is based on IP system which is different from cellular system. Current Micro Mobility system and general Mobile IP system has got a problem of delayed speed and lost packets during handover. IETF protocol has been proposed for minimizing this problem and its standardization is under process, mainly focused on Mip4, Mip6 and Mipshop WG. This article studies and analyzes an effective method of minimizing handover delay to improve the problem of WiBro system and its revitalization & outlook.

키워드

휴대인터넷, 와이브로(WiBro), 핸드오프, 패킷손실, 패킷스케줄링

1. 서 론

휴대인터넷(와이브로-Wibro)의 시스템 - 와이브로 서비스는 기존 셀룰러망과 다르게 IP망을 기반으로 서비스되기 때문에 언제 어디서나 이동중에도 끊임없이 인터넷서비스를 제공하기 위해서는 보다 개선된 이동성관리 기술이 적용되어야한다. 기존의 Micro Mobility 방식과 일반적인 Mobile IP 방식은 핸드오프시 지연속도와 패킷손실의 문제점을 가지고있다. 기존의 Mobile IP방식의 패킷로스과 지연시간을 줄이기 위한 방법으로 Smooth handover방안과 Simple IP방식이 검토되고 있고 그 외에 Mobile IPv6방식에 대한 개선방안으로 Optimized HMIPv6방식과 FMIPv6(Predictive mode)

방식도 연구되고 있고, 효율성을 최대화 하기위해서는 가장 높은 전송율을 가질수 있는 사용자에게 서비스를 해주어야 하지만 이는 낮은 전송율을 가진 사용자에게는 불공정할 뿐 아니라 요구 Qos에 대한 보장도 불가능하다. 이러한 상충되는 문제를 해결하기 위해 효율적인 스케줄링 방안의 연구도 필요하기 때문에 와이브로 시스템에서 사용자에게 공정하고 시스템에 효율적인 스케줄러를 제안하고, 와이브로 시스템의 frame structure가 DL:UL=16:6 경우와 13:9인 경우에 Packet Scheduling을 시뮬레이션 모델링 하여 through-put 과 delay를 측정하였다.

II. 본 론

와이브로 (Wibro)의 시스템 모델 - WiBro는 OFDMA/TDD (Orthogonal Frequency Division Multiple Access/Time Division Duplex)방식의 광대역 무선전송기술을 사용하여 상/하향 비대칭 전송 특성을 갖는 IP기반 무선데이터 트래픽을 효과적으로 수용할수 있는 시스템이다. 와이브로 시스템은 셀 당 최대 반경 1Km의 서비스 영역을 제공할 수 있고, 60Km/h 내외의 이동성 및 핸드오버를 지원하며, 단말에 IP 주소를 동적 또는 정적으로 할당할 수 있다. 또한, 인증기능을 수행하며, 지연 시간 및 패킷손실에 대한 서비스품질(Qos-Quality of Service)를 보장한다. 이러한 특성을 가지는 와이브로 시스템을 무선단말인 AT(Access Terminal), 기지국인 AP(Access Point)와 패킷 액세스라우터인 PAR (Packet Access Router)로 구성된다. PAR는 Mobile IP 및 망관리 기능의 수행을 위해 사업자 IP네트워크를 통해 AAA (Authorization, Authentication, Accounting)서버, HA(Home Agent), NMS(Network Management Server)에 연결될수 있다. AT는 AP와 OFDMA방식의 무선접속 기술을 사용하여 통신을 하며, 무선채널 송수신, MAC처리, MIP, 인증 및 무선링크제어관리 기능 등을 수행한다. AP는 유무선 채널 변환기능을 통하여 AT와 PAR간의 정보전달 기능을 수행한다. 또한, 패킷 재전송기능, 패킷스케줄링 및 무선 대역폭 할당기능, 레인징(ranging)기능, 패킷호 연결설정, 유지, 해제등과 관련된 연결 제어 기능및 핸드오버 제어 기능과 PAR접속기능 등을 수행한다. PAR는 복수개의 AP를 관리하며, 패킷호 수락제어 및 QoS기능, 인증기능, MIP기능및 AP와 PAR간 고속이동성을 보장하기 위한 핸드오버 제어 기능등을 수행한다.

III. 패킷 스케줄링

무선망에서 여러 가지 인터넷 서비스를 제공하는데 있어서 중요한 문제는 각기 다른 종류의 트래픽을 각각의 성질 및 요구사항에 따라 어떠한 방법으로 스케줄링 하느냐는 것이다. 휴대인터넷에서는 실제로 무선채널의 상태는 각 유저의 위치에 따라 다르고, 요구하는 서비스의 종류도 다양하며, 무선 링크의 용량도 제한적이기 때문에, 각 서비스의 종류 및 유저의 위치에 따라 적절히 Qos를 제공하는 패킷 스케줄링 방법이 중요하다고 할수있다. 휴대 Interner 시스템의 스케줄러를 설계하는데 있어서의 몇 가지 고려사항은 다음과 같다. 우선 AMC (Adaptive modulation and coding)를 어떻게 적용하느냐가 제시되었다. 휴대 인터넷 시스템인 기반으로 하는 IEEE 802.16e에서는 변조(Modulation)방식으로 64 QAM (Quadrature Amplitude Modulation), 16QAM 그리고 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변조(modulation)방식이 쓰인다. 하지만 상향링크에서

필수적으로 정의되어 있는 것은 QPSK뿐이고 64QAM과 16 QAM은 선택부분이다. 또한 하향링크에서는 16 QAM과 QPSK는 필수이고 64QAMDMS 선택부분이다. 또다른 제안된 이슈는 다음과 같다. 실시간 트래픽의 지연과 지연 분산(Jitter)그리고 최소의 전송을 보장과 같은 QoS를 보장 해주어야 한다. 스케줄러는 데이터 처리율(Throughput)를 최대로 해줘야 한다. 스케줄러는 공정성(Fairness)있게 스케줄 해야한다. 단말기의 전력을 제한한다. 스케줄링 알고리즘의 계산 복잡도가 없어야 한다. 휴대인터넷 시스템에서는 이와 같은 이슈를 만족시키는 스케줄러가 아직 정의되어 있지 않다. 다음으로 휴대인터넷 시스템에서 스케줄러의 기술적인 고려사항은 다음과 같다. 한 프레임안에 여러 트래픽을 서비스하는데 있어서 "서비스 우선순위를 어떻게 결정하는가?" 와 각 트래픽에 자원을 어떻게 할당할 것인가?, 그리고 주파수 분리감도 (Frequency Selectivity) 고려 사항으로는 다이버시티(Diversity) 방식과 대역(Band)AMC방식이 있다. 본 장에서는 와이브로 시스템에서 제한된 부선링크의 용량을 효율적으로 사용하여 각 서비스의 시스템에서 제한된 부선링크의 용량을 효율적으로 사용하여 설명하고 와이브로 frame structure가 DL;UL=16:6인 경우에 스케줄러의 용량을 계산해 본다.

1)와이브로 frame structure : 와이브로 frame은 DL frame, UP frame, TTG 및 FTG로 구성과, DL frame은 하단의 DL 프리앰블과 주기적으로 삽입된 파일럿 심볼들 및 데이터 심볼들로 구성되어 있으며, UL frame은 다수개의 데이터 심볼들만으로 구성된다. [그림3]과 같이 DL데이터 심볼들은 공통제어 채널로 사용되는 DL 프리앰블 뒤의 첫 번째 심볼 외에는 연속적인 3개의 심볼들이 시간차원에서 자원의 기본 할당 단위인 슬롯으로 묶여서 할당되고, UL 버스트도 DL 버스트와 마찬가지로 연속적인 3개의 OFDM심볼들이 하나의 슬롯단위로 묶여서 할당된다.

2)와이브로 frame structure의 처리용량계산

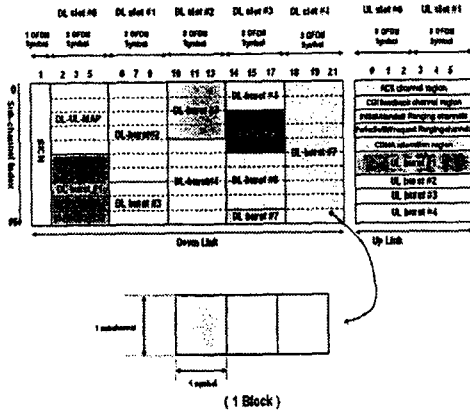
1Block은 [그림1]에서 보는 바와 같이 1 subchannel과 3 symbol이 모여 구성된다. 1블럭을 구성하고 있는 3개의 사각형중 1개의 사각형은 16개의 tone로 구성되며 1tone당 전송 용량은 modulation과 coding방법에 따라 다른 전송용량을 가지며, Zone a에 있을 경우 64QAM이고 사용되고 5/6 coding일때 1 tone당 전송용량을 계산해 보면 $\log_2 64 \cdot 5/6 = 5\text{bit}$. 이번에는 1블럭을 구성하고 있는 3개의 사각형중 한 개의 전송용량을 계산해 보면

$$(\log_2 64 \cdot 5/6) \times 16 = 80 \text{ bit}$$

그러므로 1블럭의 전송용량은

$$(\log_2 64 \cdot 5/6) \times 16 \times 3 = 240 \text{ bit}$$

위에서 언급한것과 같이 여러명의 유저에게 공평하게 일정량의 서비스를 유지하기 위해서는 채



[그림1] WiBro Frame Structure

널당 수용인원의 확충과 FA중설이 필요한데 현재 시범서비스중인 시스템에서는 색터간 핸드오프가 권장사항기술인 50msec에 못 미치는 150msec에서 300msec까지 일정한 타임 딜레이가 이루어지지 않아 핸드오프의 불안정을 초래하고 있다. 이로 인해 기지국간 셀 변경과 중계국간의 셀 변경이 잦아지는 현상이 나타나며 중첩지역의 핸드오프가 원활이 이루어지지 않아 음영구간이 늘어남을 알 수 있다.

IV. 와이브로 끊김 없는 이동성 기술

단말기의 이동과 관계없이 끊김없이 연결을 유지하기 위해서는 핸드오버가 지원되어야 하며, IP 연결성을 효율적으로 지원하기 위한 Mobile IP 기능이 구현되어야 한다. 이를 위해 IEEE802.16 프로토콜 스택 위에 이동 에이전트 계층이 새로 도입되고 핸드오버 과정에서 필요한 MAC 계층에서의 절차와 필요한 메시지가 정의된다. 와이브로에서는 Mobile IP를 통한 IP 이동성을 보장하는 것이 CDMA2000의 현재 SIP를 제공하고 있는 것보다 가장 큰 차이점이라 할 수 있다. 그리고 현재의 인터넷프로토콜은 인터넷에 접속하는 호스트는 그 위치가 고정되어 있다는 가정 하에 라우팅이 이루어지고 있다. 때문에 기존의 인터넷프로토콜은 호스트가 다른 네트워크로 이동할 경우 호스트의 새로운 위치로 IP 데이터프로그램을 전달할 수 없다. 이러한 환경에서 다른 네트워크로 이동한 호스트가 계속 인터넷에 연결하기 위해서는 사용자가 이동한 네트워크 시스템에서 유효한 IP 주소를 할당받아 이에 맞게 호스트의 설정을 변경해야 한다. 이는 IP 주소 관리 등의 문제를 많은 불편을 감수하게 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 IETF라는 프로토콜이 제안되었으며, 이를 위치정보 관리 측면에서 보면, 인터넷에서 호스트의 이동성을 지원하기 위한 Mobile IP(REC 3344)라는 프로토콜이 제안되었으며, 인터넷에서 호스트의 이동성을 지원하기 위한 Mobile IP 프로토콜은 홈 에이전트와 외부 에이전트로 구성된 두 계

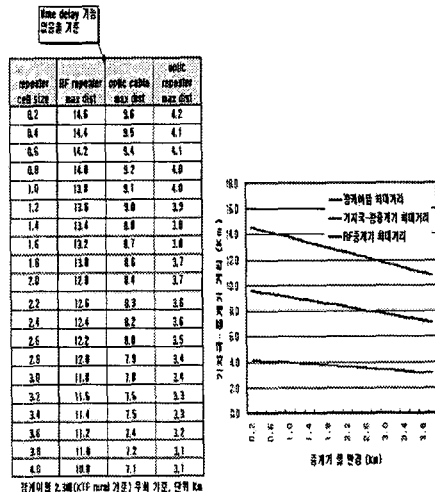
층의 위치정보 서버 구조를 가지고 있으며, 호스트가 다른 기지국으로 이동할 때마다 위치 정보를 등록하는 방식을 사용하고 있다. 와이브로는 IP 기반이기 때문에 서비스에 따라 핸드오버 지연에 따른 영향을 받을 수 있다. 이러한 핸드오버 지연을 최대한 줄이기 위한 여러 기법들이 제안되고 있고 와이브로 표준에서도 FBSS(Fast BS Switching)을 제안하고 있다.

V. TTG 및 Cyclic Prefix 제약에 따른 기지국과 중계기 사이 최대 반경

5.1. TTG 제약에 따른 기지국과 중계기 사이 최대 반경 - 모 기지국 신호와 중계기 신호가 중첩되지 않는 분리된 지하공간 또는 격리된 음영지역 등을 island cell 이라 한다. 이러한 경우 기지국과 중계기 신호 중첩지역에서의 OFDM ISI 문제보다는 TDD 에 의한 송수신 신호의 충돌 방지에 망설계 기준이 이루어져야 한다. Island cell 에 설치된 TDD 중계기에 대한 time delay budget 은 그림 3과 같으며, 기지국 TTD 시간동기의 기준이 되는 TTG 에 의한 (RTG 값은 round trip delay 를 고려하지 않음) delay budget 에 의하여 케이블 최장거리 및 중계기 coverage 가 결정이 된다. delay budget 은 아래와 같이 산출이 된다.

$$12D_{us}(TTG) > 2 \times (OptiCablDelay + repeatDelay + \text{airDelat} + \text{repeatDelay} + \text{adjustPSSDelay})$$

1) 결과 분석 - 위의 수식에 의하여 산출된 결과는 [그림2]와 같다. 기지국과 중계기간의 직선거리 대비 설치되는 케이블의 후회경로 배율은 평균 도심 2.3배, 지방 1.7배임을 고려하면 대부분의 셀반경이 1~2km 이하인 도심 기지국에서는 문제가 발생하지 않으나 셀반경이 수km 이상을 고려하는 rural 기지국에서는 충분히 민감하게 고려되어야 한다.



[그림2] TDD 중계기의 기지국, 중계기간 최대거리

5.2 Cyclic Prefix 제약에 의한 기지국과 중계기 사이 최대 반경 - 모기지국 신호와 중계기를 거친 신호가 동시에 수신되는 경우 두 신호간에 ISI(Inter Symbol Interference)가 발생하게 되며 이는 수신 성능 저하의 주요한 원인으로 작용한다. 이러한 ISI 문제를 해결하기 위하여는 두 개 신호간의(유효한 delay spread 포함) 시간차가 Tcp(Cyclic Prefix) 12.8 usec 이내가 되도록 하여야 하며, 이를 수식으로 표현 시 아래와 같이 표현된다.

$$rx_time_difference + repeater_delay_spread < T_{CP}$$

위의 수식은 DL 뿐만 아니라 UL 에서도 공통으로 적용이 되며, UL 에서는 Tcp 이내로 수신되는 두 개의 수신신호에 대하여 레인징이 성공적으로 유지됨을 전제로 한다.

1) Dealy Spread - ITU 에서 정의하는 veh-B 60Km 에서의 정의는 20usec, ped-B 6km 에서는 3.7usec 등을 정의하고 있다. 하지만 현실적 상황에서 2nd 와 3rd 지연파의 에너지가 최초수신파에 비하여 10dB 이상 작다면 충분히 무시할수 있음을 고려하여 1.8Ghz PCS 에서의 경험을 바탕으로 ped-B 3.7usec 를 적용하여도 전체 성능분석에 문제가 없을것으로 판단을 한다

2) 분석결과 - [그림 4]은 위의 수식에 샘플 파라미터 [그림3]을 반영하여 분석한 결과이다.

이 결과에서 보듯이 중계기의 delay adjust 기능에 의하여 허용되는 광케이블 최대 거리가 산출이 된다. 가장 보수적인 Sample 파라미터를 기준 시 기지국의 셀반경은 [그림 4]에 의하여 1.6Km, 중계기 셀반경은 0.8km 를 초과하여서는 않됨을 나타내고 있으며 이를 초과시에는 CP 를 초과하는 ISI 발생으로 수신성능의 급격한 저하가 예상된다.

TTG (usec)	a	121.2
Cyclic Prefix (usec)	b	12.8
RAS time advance/one way (usec)	c	20
(RAS - PSS) / (PSS-Repeater) 거리 비율	d	2
중계기별 유효 범위 비율 (직선거리의 몇배)	e	2.3
optic repeater H/W delay(usec) (master+slave)	f	3
RF repeater H/W delay(ona way)	g	4
delay spread (DL, UL) (usec)	h	3.7
PSS delay (DL+UL) (usec)	i	14
optic cable time delay (usec/km)		5
air time delay (usec/km)		3.3
유효 Cyclic Prefix (usec)	j	9.1

[그림3] Time delay buget 에 의한 셀반경 산출 입력변수

기지국 반경 (km)	중계기 반경 (km)	중계기 높이 (km)	중계기 지연 (usec)	RAS-PSS delay (usec)	개선안 delay (usec)	def. adj. 지연도락 (usec)	중계기 선로의 지연도락 (usec)	TTG (usec)	중계기 전역경도 RTD (usec)	TTG (usec)
1/4	(1+1/4)	n=5	c+1/3.3	p-0.4	n=3.3	+only			2x(1+1/4)	
0.6	0.3	2.07	10.35	22.0	7.6	7.6	0.0	OK	58.0	OK
0.7	0.35	2.415	12.075	22.3	6.1	6.1	0.0	OK	58.6	OK
0.8	0.4	2.74	13.8	22.4	4.5	4.5	0.0	OK	59.3	OK
0.9	0.45	3.105	15.525	23.0	3.0	3.0	0.0	OK	59.9	OK
1	0.5	3.45	17.25	23.3	1.4	1.4	0.0	OK	60.6	OK
1.1	0.55	3.795	18.975	23.6	-0.2	0.0	0.2	OK	61.6	OK
1.2	0.6	4.14	20.7	24.0	-1.7	0.0	1.7	OK	65.4	OK
1.3	0.65	4.485	22.425	24.3	-3.3	0.0	3.3	OK	69.1	OK
1.4	0.7	4.83	24.15	24.6	-4.8	0.0	4.8	OK	72.9	OK
1.5	0.75	5.175	25.875	25.0	-6.4	0.0	6.4	OK	76.7	OK
1.6	0.8	5.52	27.6	25.3	-8.0	0.0	8.0	OK	80.5	OK
1.7	0.85	5.865	29.325	25.6	-9.5	0.0	9.5	fail	84.3	OK
1.8	0.9	6.21	31.05	25.9	-11.1	0.0	11.1	fail	88.0	OK
1.9	0.95	6.555	32.775	26.3	-12.6	0.0	12.6	fail	91.8	OK
2	1	6.9	34.5	26.6	-14.2	0.0	14.2	fail	95.6	OK
2.1	1.05	7.245	36.225	26.9	-15.8	0.0	15.8	fail	99.4	OK
2.2	1.1	7.59	37.95	27.3	-17.3	0.0	17.3	fail	103.2	OK
2.3	1.15	7.935	39.675	27.6	-18.9	0.0	18.9	fail	106.9	OK
2.4	1.2	8.28	41.4	27.9	-20.4	0.0	20.4	fail	110.7	OK
2.5	1.25	8.625	43.125	28.3	-22.0	0.0	22.0	fail	114.5	OK
2.6	1.3	8.97	44.85	28.6	-23.6	0.0	23.6	fail	118.3	fail
2.7	1.35	9.315	46.575	28.9	-25.1	0.0	25.1	fail	122.1	fail
2.8	1.4	9.66	48.3	29.2	-26.7	0.0	26.7	fail	125.8	fail
2.9	1.45	10.005	50.025	29.6	-28.2	0.0	28.2	fail	129.6	fail
3	1.5	10.35	51.75	29.9	-29.8	0.0	29.8	fail	133.4	fail
3.1	1.55	10.695	53.475	30.2	-31.4	0.0	31.4	fail	137.2	fail
3.2	1.6	11.04	55.2	30.6	-32.9	0.0	32.9	fail	141.0	fail
3.3	1.65	11.385	56.925	30.9	-34.5	0.0	34.5	fail	144.7	fail

[그림 4]TCP 와 TTG 제한에 의한 셀반경산출

VI. 고찰 및 결론

6.1 고찰 - 와이브로는 IP망을 기본으로 하는 휴대인터넷 서비스로서 그 정의와 같이 언제 어디서나 이동 중에도 끊김없이 인터넷서비스가 제공되어야한다. 그런 서비스의 특성으로 인하여 단말의 핸드오버 기술에 대한 중요성이 매우 크다고 할수 있다. IETF의 MIPv6 WG나 MIPSHO (MIPv6 Signaling and Handoff Optimization) WG에서는 MIPv6관련 보안기술과 핸드오프 시간 지연 등에 대한 개선방안이 활발하게 연구되고 있고, 일반적인 MipV6인 경우에는 약 3-4sec의 핸드오버 시간이 소요되지만 Optimized HMIPv6 Solution에서는 200msec 이내로 단축되고 FMIPv6 Handover의 predictive mode의 경우에는 10msec 이내로 단축되었음. VoIP같은 실시간 서비스가 끊김없이 전달되기 위해서는 지연시간을 최소화 할수있는 Simple IP방안이 현실적으로 가장 적절하고, 개선된 MIP방식을 이용한 smooth handoff도 적용 가능할 것으로 생각된다.

6.2 결론 - 와이브로에서 패킷스케줄링시 중요하게 고려 되어야 하는 사항은 무선링크가 변한다는 것이다. 유선망과 달리 무선망에서는 유저들의 이동성 때문에 전송링크가 시간에 따라 변할수 있고, 여러 가지 다른 요인(간섭, 페이딩, 음영현상등)으로 채널상황이 악화될 수 있다 이러한

이유료 무선망 시스템에서의 패킷 스케줄러는 무선 링크시 상태를 잘 반영해야 한다 하지만 무선링크 상태만을 파악하여 패킷스케줄링을 할수 없다. 좋은 채널상태를 가진 유저가 우선적으로 계속 서비스를 받게 되기 때문에 User의 공평성을 보장해 주지 못한다. 유저의 공평성을 보장하기 위해 유저의 요구 QoS를 만족해주면 사용자의 채널 상태가 좋지않은 경우에도 패킷 스케줄링 해주어야 하므로 시스템 입장에서는 효율성이 떨어지게 된다. 이런 무선망의 특성을 고려한 패킷스케줄링을 제안하고 분석하였다니 와이브로 시스템의 OFDMA/TDD frame structure는 채널상태에 따라 전송용량의 변동이 심하였다, 그렇기 때문에 채널상태가 매우 잘 반영되어야 하며, 유저의 입장에서의 공평성도 보장해주어야 한다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI05-01-02) 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

This work was supported by grant No. RTI05-01-02 from the Regional Technology Innovation Program of the Ministry of Commerce, Industry and Energy(MOCIE)

<참고문헌>

- [1] 정보통신부, 「U-Korea, IT분야 신성장 동력 추진전략 보고회」, 2004. 6. 9
- [2] 정보통신부, 「WiBro(휴대인터넷) 허가 정책 방안 - 공청회 자료」, 2004. 8. 12
- [3] 지경용 · 김문구, 「휴대인터넷 서비스의 수요 전망 및 이용의향 분석」
- [4] 홍대형, 「TTA Expert Interview - 사실상 최초의 유무선통합형 서비스인 휴대인터넷의 성공전략은?」, TTA 저널 제93호
- [5] 정해식, 「휴대인터넷(Portable Internet)의 최근 시장동향과 시사점」, 전자부품연구원 전자정보센터
- [6] 삼성 한연희 “MIPv6 and HMIPv6 KRNER” 2004발표자료 2004.6
- [7] 광운대 민상원 “휴대인터넷망에서 단말기가 IP subnet간 이동시 Mobile IP handoff 지연 시간을 최소화하기 위한 방안”
- [8] 삼성전자 “와이브로 규격 및 네트워크 소개”