

IMT 운용을 위한 주파수 소요량 산출

Spectrum Requirement Estimation for IMT Operation

한태영 · 김 남 · 양재수* · 최정훈 · 김철호**

Tae-Young Han · Nam Kim · Jaesoo Yang* · Jung-Hun Choi · Cheol-Ho Kim**

요 약

본 논문은 IMT 이동통신 서비스에 있어서 ITU-R의 권고안 ITU-R M.1390, ITU-R [IMT.METH]에 권고한 주파수 소요량 산출의 개요와 그 차이점을 기술하고, ITU-R [IMT.METH] 방법론을 최근의 IMT 서비스에 대한 주파수 소요량을 산출하는데 적용하였다. 발생 호량(offered traffic)과 시스템 용량, 서비스 품질(quality of service) 기준에 의하여 결정되는 운반 호량(carried traffic)에 대한 모델과 알고리즘을 기술하고 산출예로서 최근에 서비스가 개시되고 있는 IMT의 배치에 따른 2010년부터 2015년까지 국내에서 운용되고 있는 IMT 서비스에 대하여 여러 가지 시장 자료와 ITU의 예측 자료를 통하여 얻은 후 주파수 소요량을 산출하였다.

Abstract

This paper describes the overview of spectrum requirement estimation recommended in ITU-R Rec. M.1390 and [IMT.METH] and its difference for the IMT mobile service, and a [IMT.METH] methodology is applied to the spectrum estimation of the recent IMT service. The traffic model and traffic calculation algorithm is briefly described for the carried traffic which is determined in terms of the offered traffic, system capacity, and the criteria of quality of service. And the spectrum requirement demand which is required from year 2010 to year 2015 is calculated as an example for the IMT service which is recently operated and deployed in the current Korean market after obtaining the reasonable market data and the ITU market prediction data.

Key words : IMT, Spectrum Requirement Estimation

I. 서 론

ITU-R에서 2007년 WRC-07에서 논의된 IMT 이동통신에서 소요되는 주파수 요구량을 추정하기 위하여 산출 기준과 방법을 연구하여 2005년 10월 ITU-R [IMT.METH]^[1] 권고안으로 발표하였고, 서비스 시장 조사를 마친 후 2006년 5월 ITU-R [IMT.ESTIMATE] 권고안에서 IMT에서 요구되는 주파수 소요량을 산출하였다. 이것은 1998년 5월 발표한 ITU-R M.

1390^[2]과 그 권고안의 산출 방법에 따라 IMT-2000 3G 서비스에 대하여 주파수 소요량을 산출하여 1999년 3월에 발표한 ITU-R Rep. M.IMT.SPEC의 산출 방법과 기준이 IMT에서 요구하는 서비스의 형태와 다양한 새로운 기술 기준에 맞지 않기 때문에 이를 수정하고 보완한 것이다^[3].

본 논문에서는 ITU-R M.1390과 ITU-R [IMT.METH] 방법론의 차이점과 특성을 기술하고, 3.5 G IMT-2000 서비스에 대한 주파수 소요량의 산출 결과와

「This work was supported by the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government(MOEHRD)(The Regional Research Universities Program/Chungbuk BIT Research-Oriented University Consortium)」.

충북대학교 정보통신학과(Department of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University)

*경기도 정보화보좌관(The Governor's Advisor, Information & Communications, Gyeonggi-Do)

** (주)경진이티씨엔지니어링(Kyungjin E.T.C. Engineering)

· 논문 번호 : 20071130-10S

· 수정완료일자 : 2008년 1월 21일

이에 사용된 시장 자료를 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 한다. 제2장에서는 ITU-R M.1390과 ITU-R [IMT.METH]의 개요에 대하여 기술한다. 제3장에서는 이 두 가지에 대한 차이점과 IMT.METH 방법론을 M.1390 방법론에 대하여 적용하기 위해서 상호간의 변환 관계에 대하여 기술한다. 제4장에서는 국내에서 진행되고 있는 3.5 G IMT-2000 서비스에 대하여 국내 시장 자료와 ITU 시장 예측 자료를 토대로 2010년부터 2015년까지 필요한 주파수 소요량을 산출하고, 그 결과를 분석한다. 제5장에서 결론을 맺는다.

II. ITU-R 권고안의 개요

2-1 ITU-R M.1390 방법론

ITU-R TG8/1은 주파수 소요량을 산출하는 방법을 일반화하는 작업을 1996년부터 작업을 수행하였으며, 두 번에 걸친 개정 작업을 통해 1998년 5월 ITU-R Rec. M.1390과 ITU-R Rec. M.1391의 초안을 작성하였으며, 권고안으로 승인되었다.

M.1390에 의한 주파수 소요량 산출 공식을 나타내면 다음과 같다.

총 주파수 소요량 :

$$F_{terrestrial} = \beta \sum \alpha_{es} F_{es} \quad (1)$$

$$F_{es} = \beta \sum \alpha_{es} T_{es} / S_{es} \quad (2)$$

여기서, 아래 첨자 e 는 환경(밀도 속성인 밀집 도심, 도심, 교외, 시골과 이동도 속성인 옥내, 보행, 차량의 조합으로 되어 있다. 즉, 밀집 도심-옥내가 하나의 개별적인 환경이 된다.), s 는 서비스를 표시하여 T_{es} , S_{es} , α_{es} 는 각각 환경 및 서비스별 셀당 통화량 [Mbits/s/cell], 시스템 용량 [Mbits/s/MHz/cell], 가중치와 β 는 조정 인자를 나타낸다. 주어진 지리적 지역에서 특정 환경 e 와 서비스 s 의 대표적인 조합에 대한 개별적인 주파수 소요량 F_{es} 을 결정하고, 적절한 가중치 α_{es} 를 곱하여 이들의 집합을 전체의 육상 주파수 소요량 추정치 $F_{terrestrial}$ 에 결합한다. 가중치 α_{es} 는 주어진 지리적 지역에서 병행적(concurrent) 서비스의 영향을 고려한 것이다. 추가적인 조정 인자 β 는 복수 운전자(또는 사업자), 주파수

공유와 같은 영향을 조정하기 위해서 합산 $\sum \alpha_{es} T_{es} / S_{es}$ 에 곱한다. 따라서 $F_{terrestrial}$ [MHz]는 모든 환경과 서비스에 대하여 동일한 지리적 지역에서 공존하는 각각의 F_{es} 의 가중 합산이 적절히 고려되고 주파수 공유와 복수 운전자와 같은 영향들에 대하여 조정된 전체 주파수 소요량이다.

세부적으로 나누어 보면 총 14개의 파라미터 값들이 미리 제시되어야 주파수 소요량을 산출할 수 있는데, 이 중에서 셀 반경, 활성비, 시스템 용량 등은 고정 파라미터가 되며, 사용자 밀도, 서비스 침투율, 최번시 평균 세션 도착율 등은 가변 파라미터가 된다. 음성(S), 회선 데이터(SD)는 회선 교환으로 서비스되고 단순 메시지(SM), 중속 멀티미디어(M-MM), 고속 멀티미디어(HMM), 고속 응답식 멀티미디어(HIMM)는 패킷 교환으로 서비스된다. 사용자 밀도는 인구 밀도의 개념과는 달리 이동성을 고려한 것이다.

2-2 ITU-R [IMT.METH] 방법론

그림 1에서 첫 단계는 방법론적으로 정의된 시나리오 틀 내에 구성되어야 하는 시나리오의 정의이다. 주파수 소요량 추정 시나리오는 서비스 부류, 서비스 환경, 전파 환경 그리고 RAT(Radio Access Technique) 그룹과 이 요소들과 관련된 파라미터들로

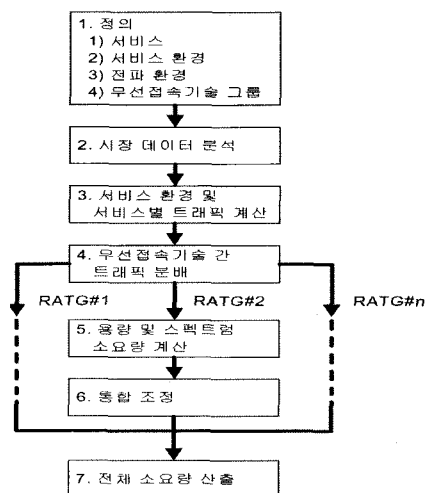


그림 1. ITU-R [IMT.METH]의 흐름도
Fig. 1. Flow chart for a generic spectrum calculation methodology, ITU-R [IMT.METH].

구성된다.

2-2-1 서비스 부류

서비스 부류는 다섯 가지 서비스 형태와 네 가지 통화 종류의 조합으로서 정의되는데, SC1~SC20까지 20개의 부류로 구별한다. 서비스 형태들은 주로 최고 데이터 속도와 관련된다. 즉, 16 *kbps* 이하의 극저속 데이터, 144 *kbps* 이하의 저속 데이터 및 저속 멀티미디어, 2 *Mbps* 이하의 중속 멀티미디어, 30 *Mbps* 이하의 고속 멀티미디어, 30 *Mbps*에서 100 *Mbps*/1 *Gbps*의 초고속 멀티미디어로 구분하였다. 대화식(*conversational*), 응답식(*interactive*), 흐름식(*streaming*), 후선식(*background*)의 통화 종류는 주로 서비스 품질 요구와 관련된다. 대화식과 흐름식은 회선 교환 전송 서비스에 의하여 취급된다. 반면에 응답식과 후선식은 패킷 교환 전송 서비스를 요구한다. 교환 방식에 따라 적합한 시스템 용량 계산 알고리즘이 선택된다.

2-2-2 서비스 환경

서비스 환경들은 서비스 사용 유형과 통화 밀도의 조합으로 SE1~SE6까지 구분하고 있다. 맥내, 사무실, 공공장소의 세 가지 서비스 사용 유형은 사용자들이 유사한 서비스를 활용하고 유사한 서비스 품질을 기대하는 지역에 따른 공통된 사용자 행태에 따라 구분된다. 통화 밀도는 사용자 밀도와 사용자당 단말기 수에 따른 지리적 지역을 밀집 도심, 교외, 시골로 구분하고 있다. 통화 밀도는 지리적으로 서로 중첩되지 않는 반면에 몇몇의 서비스 사용 유형들은 각각의 통화 밀도 내에서 가능한 몇몇 서비스 환경의 결과인 통화 밀도 내의 같은 지리적 지역에서 공존할 수 있다. 서비스 사용 유형과 통화 밀도의 모든 가능한 조합이 주파수 소요량 계산에 대해 고려되지는 않는다. 일반적으로 주파수 소요량은 각각의 서비스 환경을 위해 개별적으로 계산된다. 그래서 주파수 소요량은 같은 통화 밀도에 속해 있는 서비스 환경들을 통하여 합해진다.

최종 주파수 소요량은 고려된 밀집 도심, 교외, 시골 세 가지 통화 밀도 지역들을 위한 주파수 소요량들 사이에서 최고치를 취한다. 그러나 같은 통화 밀도에 위치한 서비스 환경들의 매크로셀과 마이크로

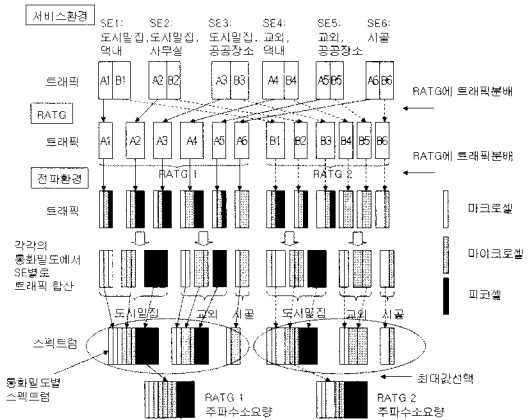


그림 2. 트래픽 배분에 의한 산출 개념도

Fig. 2. Traffic distributions among service environments, RATGs, and radio environments.

셀 무선 환경을 위하여 요구된 시스템 용량의 계산 이전에 제공된 트래픽 양이 합해진다. 그림 2는 이 과정을 두 개의 RATG를 사용한 예를 통하여 보여준다. 서비스 부류와 서비스 환경의 조합에 관계없는 파라미터들은 사용자 밀도, 사용자당 세션 도착율, 평균 서비스 비트 속도, 평균 세션 지속 시간과 이동도 비이다.

그림 2의 예에서 모든 서비스 부류 SC에 있어서 각각의 서비스 환경 SE1~SE6까지의 트래픽을 RATG 1, 2에 대하여 트래픽을 분배한 것이 각각 A1~A6, B1~B6이다. 이것을 RATG별로 수집하고 각각의 서비스 환경별, 전파 환경별로 트래픽을 배분한 후 통화밀도 별로 수집한다. 이렇게 수집된 트래픽 중에서 RATG별로 최대치를 선택하여 주파수 소요량 산출에 대한 발생 호량으로 한다.

2-2-3 전파 환경

전파 환경은 무선망의 셀 내에서 셀 계층을 말한다. 즉, 밀집 구역(*hot spot*), 피코 셀, 마이크로 셀, 매크로 셀로 구분한다. 이는 망 시설비와 주파수 소요량 간의 타협점이 요구된다. 각각의 전파 환경은 최소, 최대 셀 반경, 셀의 기하학적 모양, 전형적인 셀 면적, 가시거리 요구와 무선 시설망내 핸드오프에 대하여 무결점성의 통신 가능 구역을 제공할 것인지에 따라 분류된다. 통화량의 분배는 서비스 부류의 요구를 만족하는 최저의 이동성 지원이 되는 전파 환경을 사용한다는 원칙에 따라 기본적으로 모든 정지

/보행 통화는 피코셀에서 모든 저/고속 이동 통화는 마이크로/마크로셀에서 취급된다(해당 전파 환경이 허용되면, 그렇지 않으면 다음의 더 높은 이동성을 지원하는 전파 환경에서 취급된다.). 그러나 특정 서비스 환경의 전 지역은 각각의 전파 환경에 의해서 일정한 비율 x 로만 통신 가능 구역으로 되기 때문에 실제로 이런 일은 일어나지 않는다. 이런 이유로 전파 환경과 서비스 환경의 각각의 가능한 조합은 관련된 사용자 통신 가능 구역 비율로 나타난다. 사용자 통신 가능 구역 비율은 특정한 조합에 대하여 0이 될 수 있는데, 이는 즉 특정한 전파 환경이 특정한 서비스 환경에서 시설되어 있지 않다는 의미이다.

2-2-4 RAT 그룹

RAT 그룹은 유사한 무선 접속 기술의 성능을 요약하고, 무선 환경은 네트워크에서 각각의 보안 형태와 셀 계층들을 나타낸다. 개별적인 무선 접속 기술은 네 가지 RAT 그룹으로 분류된다.

- 그룹 1 : IMT 이전 시스템들, IMT-2000과 그 개량 시스템.
- 그룹 2 : IMT-2000 이후의 시스템, 하지만 이따 다른 RAT 그룹에서 설명된 시스템들은 포함하지 않는다.
- 그룹 3 : 현존하는 무선 LANs과 그들의 개량.
- 그룹 4 : 디지털 이동 방송 시스템과 그 개량. 이 그룹은 이동과 휴대용 기기 방송을 위해 설계된 시스템을 말한다.

통화량은 모든 네 RAT 그룹으로 분배될 수 있다. 각각의 RAT 그룹은 지원되는 비트율과 속도, 캐리어 대역폭 등과 같은 파라미터의 특징을 갖는다. RAT 그룹 정의는 또한 서비스 부류가 유니캐스트 또는 멀티캐스트 전송으로 제공될 것을 조건으로 지정한다. 각각의 RAT 그룹에 대하여 면적 주파수 효율은 각각의 전파 환경과 서비스 환경을 위해 개별적으로 정의된다. 면적 주파수 효율은 전파 환경의 지역에서 균등하게 분배된 모든 사용자들을 통하여 획득된 평균 데이터 처리 능력으로부터 계산되는 것으로 알 수 있다.

III. 방법론의 차이점과 상호 변환

3-1 방법론의 차이점

음성 위주의 서비스에서 멀티미디어 서비스로 올라감에 따라 회선 교환 서비스에 대한 용량 계산 모델인 Erlang C가 패킷 교환에서는 적합하지 않고 2020년에서 가서는 결국 시스템과 인터넷의 효율적인 활용 측면에서 볼 때 현재 회선 교환으로 서비스되고 있는 음성과 영상의 실시간 대화식, 흐름식 서비스가 패킷 교환 서비스로 가능해진다는 것이다. 즉, 향후에는 IP 기반의 데이터 통화량이 지배적으로 되며, 음성, 영상 등 모든 형태의 서비스가 IP 기반으로 가능해진다. 따라서 이러한 IP 기반의 패킷 교환에서 용량을 계산하기 위하여 비선점 우선권 M/G/1 선착순 대기 체계 모델(non-preemptive priority M/G/1 first-come-first-serve queueing model)을 도입하였다.

M.1390이 단지 하나의 시스템에 대한 주파수 소요량을 계산하는 데 그치지만 IMT.Meth는 유선, 무선망 상호간의 융합과 연동을 고려하였다. 이러한 융합과 연동은 향후의 다양한 멀티미디어 서비스에서 예상되기 때문에 이러한 특징이 고려되어야 했던 것이다. 이러한 고속 멀티미디어 IMT 서비스는 응용 서비스에 따라 다양한 형태의 서비스 속도와 통화 종류에 의해서 수행될 수 있는 것이다. 통방 융합과 유비쿼터스 환경에 따라 이러한 요구는 가속화될 것이다.

M.1390은 모든 서비스에 대하여 최번 시간, 최번 지역을 동일하게 놓았고, 즉 최고 통화 지역과 시기에 있어서 각각의 다양한 서비스들을 독립적으로 계산하였지만 IMT.Meth에서는 각각의 서비스에 대하여 서로 관련되었으며, 한 사용자가 여러 가지 다양한 서비스를 동시에 할 수 있고, 이러한 서비스 간에 상호 관련되어 있다는 가정 하에 다양한 전파 환경을 고려하였으며 계층적 셀 구조를 활용하였다. 즉, 어느 특정 지역에서 가입자의 이동도에 따라 마크로 셀, 마이크로 셀과 피코 셀, 밀집 구역의 운용에 의하여 핸드오프에 따른 시스템 과부하를 방지하는 기술이 도입된다는 것이다. 또한, M.1390은 주파수 효율 개선에 대하여 간단히 취급하였다.

3-2 상호 변환

본 논문에서 산출한 주파수 소요량은 국내의 경

표 1. M.1390 서비스와 IMT.Meth SC간의 변환

Table 1. Conversion between the M.1390 service and the IMT.Meth service category.

M.1390	Service bit rate		Switching method	IMT.Meth SC5
	Downlink	Uplink		
S	16 kbps		Circuit-switched	SC5
SM	14 kbps		Packet-switched	SC20
SD	64 kbps		Circuit-switched	SC4
MMM	384 kbps	64 kbps	Packet-switched	SC13
HMM	2 Mbps	128 kbps	Packet-switched	SC12
HIMM	128 kbps		Circuit-switched	SC1

우에 적용하기 위하여 다음과 같이 M.1390의 방법론을 IMT.Meth 방법론으로의 상호 변환을 수행한다. 이는 현재의 주파수 소요량을 산출하는 데 있어서 IMT.Meth의 방법이 향후 실현될 가능성이 있는 계층 셀 구조, 서비스 비트 속도, 다양한 셀 운용, 다양한 서비스 부류 등이 현재 운용되고 있는 시스템에 맞지 않고 주파수 효율 등의 시스템 파라미터들이 현재 운용되고 있는 시스템과 시장 상황에 따라야 하기 때문이다.

본 논문의 주파수 소요량 산출에는 오직 하나의 RAT 그룹만 고려하면 되고, 다른 RAT 그룹들에 대한 트래픽의 분배는 필요하지 않다. 또한, 오직 하나의 통화 시간만이 고려된다. HMM, MMM과 SM은 패킷 교환에 의해 제공되고 HIMM, SD와 S는 회선 교환에 의해 제공된다. M.1390 서비스들은 IMT.Meth 서비스 부류(SC)들과 동등하다. 하지만 IMT.Meth 내에서 서비스 형태를 구성하는 각각의 SC와 통화 종류는 아니다. 회선 교환 서비스는 대화식 통화 종류와 관련되어 있다. 패킷 교환 서비스는 흐름식과 후선식 통화 종류에 관련되어 있다. 이 관계는 표 1과 같다. IMT.Meth에서 서비스 환경(SE)와 전파 환경(RE)의 결합은 표 2의 관계와 IMT.Meth 시나리오를 위해 선택된 일치 관계를 설명한다. 세 SE의 결과는 다음의 SE1~SE3에 보여진다. 본 논문에서 고려된 세 개의 상이한 전파 환경은 피코 셀(RE1), 마이크로 셀(RE2), 그리고 마크로 셀(RE3)이다. SE1에서는 오직 피코 셀이 이용 가능하다. SE2에서는 오직 마이크로 셀이 있고, SE3에서는 오직 마크로 셀을 이용하기 위해서 합하여진다.

표 2. IMT.Meth의 서비스 환경과 전파 환경의 결합과 M.2023의 매핑

Table 2. Mapping of M.2023 and the combination of the service environment(SE) and the radio environment(RE) of IMT.Meth.

Environ in 2023	IMT.Meth SE		IMT.Meth RE
	Service usage	Teledensity	
CBO	Officer	Dense urban	Pico cell (RE1)
Urban pedestrian	Public area	Dense urban	Micro cell (RE2)
Urban Vehicular	Vehicular	Dense urban	Micro cell (RE3)

표 3. 서비스 환경과 전파 환경간의 관계 설정

Table 3. The relationship between the service environment and the radio environment.

	SE1	SE2	SE3
RE1	x		
RE2		x	
RE3			x

전파 환경과 서비스 환경과의 관계는 계층적 셀 구조를 활용하지 않으면 표 3과 같이 설정된다.

IV. 적용 예

현재 국내에서 진행되고 있는 3.5 G IMT-2000 서비스에 대하여 본 논문에서 제시한 상호 변환 방법과 국내의 시장 조사 자료, ITU 시장 조사 자료에 의거하여 주파수 소요량을 산출한다.

먼저 ITU 문서 8F/TEMP/283-E(19 October 2005)의

표 4. 사용자 밀도

Table 4. User density.

환경	이동 가입자 밀도(명/km ²) - population density		
	2010년	2013년	2015년
In-building CBD	218,592	232,717	246,841
도심-보행자 (Urban pedestrian)	145,644	156,268	166,892
도심-차량 (Urban vehicular)	4,950	5,311	5,672

표 5. 주파수 소요량 산출(단위 MHz)
Table 5. Calculated spectrum requirement(unit in MHz).

Year 2010	Year 2013	Year 2015
2×220	2×550	2×660

자료 중에서 최대치인 SC5(음성)에 의한 사용자 밀도는 표 4와 같다. 여기서 사용자 밀도란 고려되고 있는 환경 내에서 단위면적당 사용자 수이다. 고려되고 있는 환경이란 각각의 서비스 부류에 대한 서비스 환경을 의미한다. 이것은 인구 통계에서의 정적인 인구 밀도라기보다는 이동 통신 환경에서의 동적인 인구 밀도라고 할 수 있다.

국내의 2개 사업자에 대하여 보호 밴드, 멀티캐스팅 서비스, FSU(Flexible Spectrum Use), 밀집 구역을 고려하지 않을 경우 산출된 주파수 소요량은 표 5와 같다. 2개 사업자를 고려할 때 2010년에 작으로 2×220 MHz의 주파수가 산출되었고, 2013년에는 2×550 MHz, 2015년에는 2×660 MHz가 산출되었다. 보다 의미가 있는 주파수 소요량을 산출하기 위해서 사용자 밀도와 시장 침투율의 시장 설문 조사 자료와 이동 통신 시스템 운용 자료에 근거하여 예측 정확성을 높여야 하고, 향후의 기술 발달에 따른 주파수 효율에 대한 예측 정확도를 높여야 한다.

M.1390에서는 셀/그룹이라고 하는 파라미터가 있는데, 이는 TDMA/FDMA에서 여러 개의 셀을 하나의 클러스터로 하여 운영하는 것에 기인하며, 이것은 셀 사이에 서로 중첩된 지역에서 핸드오프가 수행되거나 현재 서비스 중인 셀의 모든 채널이 사용중일 때 호설정시에 직접 재시도되는 것이다. 그러나 UMTS와 CDMA2000 시스템은 universal cell이고 소프트 핸드오프를 운용하고 있으며, 간섭에 의하여 시스템의 용량이 제한되는 데 M.1390의 셀 그룹핑에서는 여기에 대하여 명확하게 하지 않고 있다. 그러나 셀 그룹핑에 의하여 주파수 소요량 산출에 미치는 효과는 면적 주파수 효율에 총체적으로 고려되어 있다고 가정한다.

또한, M.1390에서는 음성 서비스에 대하여(SC5) 50 %의 활성비 파라미터를 가정하여 음성 서비스에 대하여 발생 호량의 감소가 있게 되는데, IMT.Meth

에서는 이 파라미터를 고려하지 않기 때문에 M.1390의 음성 서비스에 대한 주파수 소요량에서 그에 따른 증가가 발생한다. 그러나 이는 SC5에서 주파수 효율을 다르게 하여 부분적으로 보상할 수 있고, SC5에 대한 평균 서비스 지속 시간을 50 %로 줄이면 M.1390에서 산출한 결과와 같게 된다.

V. 결 론

새로이 제안된 IMT.Meth의 4G 주파수 소요량 산출 방법론은 M.1390의 방법론에 의한 3G 주파수 소요량의 산출에 적용될 수 있으며, 향후의 다양한 4G와 3G의 융합과 상호 연동의 상황이나 다양한 서비스의 제공과 이동 통신 기술 발전에 따른 계층적 셀 구조의 운용, 주파수 효율의 향상에 대응하는 데 매우 융통성이 있다. 본 논문에서는 3.5 G IMT-2000 서비스가 국내에서 진행되고 있는 상황에서 IMT.Meth의 주파수 소요량 산출 방법론을 활용하여 요구되는 주파수 소요량을 산출하였다.

참 고 문 헌

- [1] *Doc. ITU-R WP8F/TEMP/271Rev4*, "Preliminary draft new recommendation for methodology for calculation of spectrum requirements for the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000", Oct. 2005.
- [2] ITU-R, "Methodology for calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirements", *ITU-R Recommendation M.1390*, 1999.
- [3] T. Irnich, B. Walke, and H. Takagi, "System capacity calculation for packet-switched traffic in the next generation wireless systems, Part I: M/G/1 nonpreemptive priority queuing model for IP packet transmission", in *Proc. of the 19th International Teletraffic Congress*, Beijing, P.R. of China, 2005.
- [4] T. Irnich, B. Walke, "Spectrum estimation methodology for next generation wireless systems", *PI-MRC 2004*, Barcelona, Spain, Sep. 2004.

한 태 영

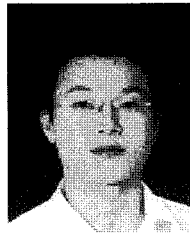


1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1988년 9월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1985년 3월~1992년 2월: 엘지정보통신(주)
1992년 3월~1998년 2월: 에스케이

텔레콤

1999년 2월~2001년 2월: 주성대학 정보통신학과 조교수
2007년 2월: 충북대학교 정보통신공학과 (공학박사)
[주 관심분야] 이동통신

최 정 훈



2000년 2월: 대전대학교 정보시스템공학과 (공학사)
2004년: 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
2005년~현재: 충북대학교 정보통신공학과 박사과정
[주 관심분야] UWB, OFDM, MI-

MO, Wibro

김 남

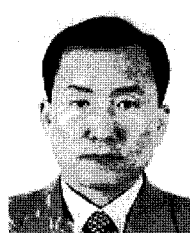


1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1983년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1992년~1993년: 미국 스탠포드 대

학교 방문교수

1999년~2000년: 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소장
2001년: 미국 칼텍연구소 방문교수
1989년~현재: 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
1992년~현재: 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소
[주 관심분야] 디지털 이동통신, 무선시스템, 전자파해석, EMI/EMC

김 철 호



2002년 8월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
2007년 8월: 충북대학교 정보통신공학과 박사과정수료
2007년 7월~현재: (주)경진이티씨 엔지니어링
[주 관심분야] 디지털통신

양 재 수



1981년 2월: 한국항공대학교 통신공학과 (공학사)
1985년 8월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
1993년 1월: 미국 뉴저지공과대학 전기 및 컴퓨터공학 (공학박사)
1991년 7월: 서울대학교 MBA 수료

1981년 3월~1981년 12월: 정보통신부 통신사무관
1982년 1월~2006년 1월: (주)한국통신
2006년 3월~현재: 광운대학교 교수
2007년 2월~현재: 경기도 정보화보좌관
[주 관심분야] 디지털통신, RFID/USN, 차세대이동통신