

차세대 이동통신서비스에서 트래픽 모델 변화에 따른 국내 주파수 소요량 및 무선 네트워크 자원 산출 방법에 관한 연구

A Study on the methodology of Estimation National Spectrum Requirements and Network Resources depending on traffic model variation in future mobile communications service

정 우 기*, 홍 인 기**

Woo-ghee Chung*, Een-kee Hong**

요 약

ITU-R 권고안에서는 현재 및 미래 이동통신서비스의 주파수 소요량을 산출하는 일반적인 방법론을 제시하고 주파수 소요량 산출을 위한 12가지 파라미터를 권고하였다. 본 논문에서는 ITU가 제시한 12가지 파라미터에 대해 분석하여 국내 고유 파라미터 산출 방식과 파라미터 값을 제시하였고, 분석한 값을 적용하여 2010년경 국내 이동통신서비스를 위한 무선 네트워크 자원과 주파수 소요량을 산출하였다. 또한 주파수 소요량 산출 파라미터의 변화에 따라 주파수 소요량 크기를 산출하여 향후 이동통신서비스의 발전 추세에 따른 주파수 소요량의 변화를 분석하였다.

ABSTRACT

ITU-R recommends general methodology to provide current and future mobile communication services and 12 parameters to calculate terrestrial spectrum requirements. In this paper we analyzed 12 parameters suggested by ITU-R Recommendation and provided a method to determine a specific parameter value in a specific region. We calculated spectrum requirements and network resources for year 2010 in Korean mobile environment by applying parameter values acquired in parameter analysis method of this paper. And we analyzed the variation of spectrum requirements by calculating spectrum requirements depending on variation of parameters for future mobile communication services.

Key words : spectrum requirements

I. 서 론

ITU-R에서는 현재 및 미래의 이동통신서비스를 제공하기 위해 필요한 지상 및 위성 서비스의 주파

수 소요량을 산출하기 위한 체계적인 방법을 권고하였다[1][2]. 권고안[1]은 주파수 소요량을 산출하는 방법론을 일반화하여 제시하고 있는데 주요 접근 방법은 주파수가 가장 많이 소요되는 특정 지역을 선

* 청강 문화산업대학 이동통신과(Department of Mobile Communications, Chung Kang College of Cultural Industries)

** 경희대학교 전자정보학부(School of Electronics and Information, Kyunghee University)

· 논문번호 : 2003-2-3

· 접수일자 : 2003년 5월 6일

정하고 해당 지역의 통화량과 무선전송기술의 시스템 용량을 계산하여 지상 구간의 총 스펙트럼 요구량($F_{\text{Terrestrial}}$)을 산출하는 것이다. 권고안은 이러한 방법론을 체계적으로 정리하였는데 우선 주파수 소요량 산출 지역을 여러 환경으로 나누고 각 환경별로 여러 개의 서비스를 제공하는데 각 환경 및 서비스별로 12가지 파라미터 (①잠재가입자밀도 ②셀면적 ③보급율 ④최번시 호시도수 ⑤최번시 호 지속시간 ⑥활성화율 ⑦Group size ⑧QoS ⑨시스템 용량 ⑩서비스 채널 속도 ⑪가중치 팩터 ⑫조정팩터) 값을 선정하면 해당 환경 및 서비스별 주파수 소요량을 산출할 수 있고 각각의 환경 및 서비스별 주파수 소요량을 합치면 해당 지역의 전체 주파수 소요량을 산출할 수 있다. ITU-R은 이 방법론의 구체적인 예로서 2010년에 필요한 주파수 소요량을 산출하는 보고서를 별도로 작성하였는데[3], 12가지 파라미터 값을 정의하기 전에 해당 서비스 지역을 옥내, 보행자 및 차량 환경으로 나누고 환경별로 음성(Speech), 단문메시지(Simple Message), 회선교환 데이터(Switched Data), 중속 멀티미디어(Medium Multimedia), 고속멀티 미디어(High Multimedia), 대화식 고속 멀티미디어(High Interactive Multimedia) 등 6가지의 서비스로 분류하여 총 18개의 환경 및 서비스 단위를 정의하였다. 그리고 18가지의 각 환경 및 서비스별로 10개의 파라미터를 정의하여 각각의 스펙트럼 소요량(F_{es})을 결정하고, 각 환경 및 서비스별 적절한 가중치(α_{es}) 팩터 및 조정 팩터를 적용하여 지상 구간의 총 스펙트럼 요구량 $F_{\text{Terrestrial}}$ 을 산출하였다.

하지만 권고안은 산출 방법의 일반론을 설명하는 것일 뿐이고 12개의 파라미터 값을 모든 국가에서 동일하게 적용하도록 권고하고 있지는 않고 있다. 왜냐하면 12개 파라미터 가운데 국가별로 인구밀도, 서비스 패턴등 각 국가마다 고유한 파라미터 값과 서비스 채널속도 등과 같은 전 세계 공통 파라미터 값이 동시에 존재하고 있기 때문이다. 따라서 각 국가 또는 지역마다 다를 수 있는 파라미터 값을 우선 확인할 필요가 있다.

본 논문에서는 상기 제시한 12가지 파라미터 가운데 서비스 성향, 지리적 조건 등에 따라 잠재가입

자밀도, 보급율, 최번시 호시도수, 최번시 호 지속시간, 가중치 팩터, 조정팩터 등 7가지 파라미터에 대해 국내 고유의 파라미터를 도출하였고 기타 5가지 파라미터는 ITU가 제시한 값을 활용하되 Group size는 타당성을 분석하였다. 시스템 용량은 현재 국내 시스템이 cdma2000 1x 시스템이 주로 제공되는 것을 감안하여 북미 기준의 값을 선정하여 국내의 미래 이동통신서비스를 위한 주파수 소요량을 산출하였다. 본 논문은 상기와 같은 국내 고유의 파라미터 분석 방법을 통해 국내 고유의 이동통신서비스 주파수 소요량을 산출함으로써 향후 IMT-2000 이후 주파수 소요량 산출 방법을 제시하고자 한다.

II. 주파수 소요량 산출방법[1][2]

ITU는 현재 및 미래의 이동통신 서비스의 주파수 소요량을 산출하기 위해 특정 지역의 지형을 분석하고, 해당 지역의 시장 및 통화량을 산출한 후, 기술 및 시스템의 용량을 계산하여, 최종적으로 주파수 소요량을 산출하게 된다. 이것을 공식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \circ \text{ 총 주파수 소요량(지상)} : F_{\text{Terrestrial}} &= \beta \sum \alpha_{\text{es}} \\ F_{\text{es}} &= \beta \sum \alpha_{\text{es}} T_{\text{es}} / S_{\text{es}} \end{aligned}$$

여기서, 첨자 'e'는 환경, 's'는 서비스, T_{es} , S_{es} , α_{es} , β 는 각각 셀당 트래픽, 시스템 용량, 가중치, 조정팩터를 나타낸다. 또한 가중치는 주어진 지역에서 각 서비스의 최번시가 정확하게 일치하지 않아 보정한 파라미터이고, 조정팩터는 보호 대역, 스펙트럼 공유, 복수 사업자 등의 영향에 따라 보정한 파라미터이다.

그림 1은 이와 같은 주파수 소요량 산출 방법을 도식화 한 것이다.

그림 1의 주파수 소요량 산출 방식을 단계적으로 요약하면 다음과 같다.

제1단계로 주파수 소요량을 산출하기 위한 지역을 선정한다.

주파수 소요량이 가장 많이 요구되는 선정지역은

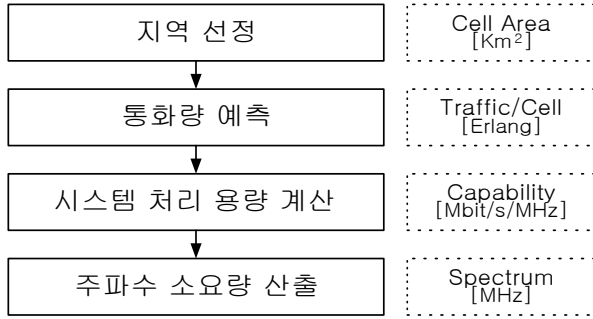


그림 1. 일반적인 주파수 소요량 산출 방법
Fig. 1. General Method to calculate terrestrial spectrum requirements

밀도가 높은 도심지역이며, 이 지역에서는 옥내, 보행자 및 차량 서비스 환경이 공존하므로 각각의 소요 주파수를 합쳐서 계산한다. 셀 모양은 원 또는 6각형 형태로 가정한다.

- (1) 잠재가입자 밀도 (명/km²)
- (2) 셀면적 산출(km²)

원의 경우 : $Cell_Area = \pi D^2 / 4$
(D : 원의 직경)

6각형인 경우 : $Cell_Area = 3\sqrt{3}/2R^2$
(R : 반지름)

제2단계로 수요예측을 통해 통화량을 산출한다.

첫째, 서비스 형태(Net_User_Bit_Rate_{es} [kbit/s])는 음성, 단순 메시지, 교환 데이터(Switched Data), 중속 멀티미디어, 고속 멀티미디어, 양방향 멀티미디어 등 6개 서비스로 정의하였다.

둘째, 각 서비스별로 보급률을 예측하여 셀당 가입자수를 산출한다.

- (3) Users/Celles[명] = Population_Density_e * Penetration_Rate_{es} * Cell_Area_e

셋째, 가입자당 트래픽을 산출하기 위해 아래의 파라미터 값을 결정한다.

- (4) Busy_Hour_Call_Attempts_{es}[call/busy hour]
- (5) Effective_Call_Duration_{es}[s]
- (6) Activity_Factors_e

넷째, 가입자당 통화량 및 셀당 통화량을 다음과 같이 산출한다.

$$Traffic/User_{es}[Erlangs] = (4)*(5)*(6)/3600$$

$$Offered_Traffic/Cell_{es}(Erlangs) =$$

$$Traffic/User_{es} * Users/Cell_{es}$$

다섯째, 셀당 트래픽을 산출한다.

- (7) Group_Size

일정 규모의 셀을 클러스터로 하여 인접셀간에 네트워크 자원을 공유한다고 가정하였다.

- (8) Quality_of_Service_Function_{es}(QoS)

회선교환서비스는 호차단을 패킷교환서비스는 패킷 지연과 패킷 손실을 주요 성능 기준으로 하고 각각 Erlang B와 Erlang C를 권고하였다.

$$Service_Channels/Cell_{es} =$$

$$f(Offered_Traffic/Cell_{es}*(7), Blocking\ Criteria_{es}) / (7)$$

제3단계로 기술 및 시스템 사항을 분석하여 시스템 용량을 산출한다.

시스템 용량은 주파수 효율성과 관련 있으며 주요 결정요소는 요구 E_b/N₀, 요구 C/I, 코딩 기술, 모뎀 기술, 오버헤드 팩터 등이다.

- (9) Net_System_Capability_{es} :

$$S_{es}[Mbps/MHz/cell]$$

$$S_{es} = f(\text{Spectral Efficiency, Coding Factor, Overhead Factor, other factors})$$

- (10) 서비스 채널 속도

트래픽, T_{es} 는 다음과 같이 구해진다.

$$T_{es} = Service_Channels/Cell_{es} * Service_Channel_Bit_Rate_{es}$$

제4단계는 각 서비스 및 환경별 주파수 소요량을 산출하고 가중치 팩터(11)와 조정 팩터(12)를 적용하여 최종 주파수 소요량을 산출한다.

$$F_{Terrestrial} = \beta \sum \alpha_{es} F_{es}$$

III. 국내 주파수 소요량 산출을 위한 파라미터 분석

본 장에서는 2010년경 국내의 이동통신서비스를 위한 주파수 소요량을 산출하기 위해 ITU에서 권고한 12가지 파라미터에 대해 우리나라에 고유한 수치를 산출한다.

3-1. 지형관련 파라미터

- 잠재 가입자 밀도(Population_Densitye : [명/ Km²])

주파수 요구량이 가장 많은 도심지역만을 대상으로 옥내, 보행자, 차량의 잠재가입자를 산출하였다. 이동통신 잠재가입자 밀도는 실질적인 이동 가입자 밀도를 산출하기 위해 이동통신서비스 사업자의 실제 통화량을 이용하여 예측하였다.

주파수가 가장 많이 소요될 것으로 예상되는 종로/중구 지역과 서초/강남지역의 셀 반경을 측정하고, 해당 셀 내의 사용자의 수를 산출한 후, 사용자수 산출 시점의 서울지역의 서비스 보급률(해당 사업자의 서울지역 가입자/서울지역 인구)을 이용하여 잠재 가입자 밀도를 다음과 같은 공식으로 산출하였다.

- 잠재 가입자 밀도 ([명/Km²])
= 기지국당 BHCA/가입자당 평균 BHCA/셀당 면적/조사 시점의 서비스 보급률

상기 공식으로 예측한 결과 종로/중구 지역이 서초/강남 지역보다 밀도가 높았으며 이 지역의 잠재 가입자 밀도는 약 115,000명이다. 이 수치는 보행자 및 차량 가입자를 합친 것으로 가정하고, 차량 가입자를 산출하여 보행자 가입자와 차량 가입자를 산출하였다.

조사 시점의 3개 사업자의 자세한 계산결과는 다음과 같다.

표 1. A사의 잠재 가입자 밀도
Table 1. Population Density of Company A

<A사>						
기지국	셀반경 (m)	발신호	발신BHC A/인	가입자수 /km ²	점유율	잠재가입자 수 (명/Km ²)
서울역	325	3908	0.83	14189	0.158	89849
중앙	300	3229	0.83	13759	0.158	87126
충무로	250	3953	0.83	24255	0.158	153590
수표	200	4670	0.83	44774	0.158	283523
신문로	375	2990	0.83	8154	0.158	51633
안국역	250	3618	0.83	22200	0.158	140577
인사동	250	3181	0.83	19518	0.158	123594
종로5가	375	5397	0.83	14718	0.158	93199
동대문	250	4437	0.83	27225	0.158	172397
평균	286	3931				132832

표 2. B사의 잠재 가입자 밀도
Table 2. Population Density of Company B

< B사 >						
기지국	셀면적 (km ²)	착발 신호	BHCA /인	가입자 수/km ²	점유율	잠재가입자 수 (명/Km ²)
신림		4660	1.13		0.083	
낙원		4285	1.13		0.083	
을지로 1		4037	1.13		0.083	
명동		2889	1.13		0.083	
관철		4736	1.13		0.083	
남산		2486	1.13		0.083	
을지로 2		3747	1.13		0.083	
남대문		2582	1.13		0.083	
충무로		3584	1.13		0.083	
복창		3451	1.13		0.083	
종합	0.425	36457	1.13	7591	0.083	91461

표 3. C사의 잠재 가입자 밀도
Table 3. Population Density of Company C

< C 사 >						
기지국	셀반경 (m)	착발 신호	BHCA/인	가입자수 /km ²	점유율	잠재 가입자수 (명/Km ²)
태평2	480	4354	1.02	5897	0.048	122854
남대문	500	3684	1.02	4598	0.048	95791
주교1	520	4433	1.02	5116	0.048	106583
창신	660	3552	1.02	2544	0.048	53000
종로	350	4134	1.02	10531	0.048	219395
ave	502	4031	1.02		0.048	119524

서울 도심의 차량 가입자 밀도는 잠재 가입자 밀도 조사 시점의 서울 차량 등록 대수가 약 220만대이고, 서울시내의 평균 차량 밀도는 약 5,500대/km²이며, 차량의 운행률(0.2) 및 도심의 차량 밀집도(300%) 및 유효 탑승 인원(1.5명/대) 등을 고려하

표 4. 서울 도심 지역의 잠재 가입자 밀도
Table 4. Population Density of Urban Area of Seoul

환경	잠재가입자밀도(명/km ²)	
	국내	ITU
옥내	156,311	140,000
보행	110,050	100,000
차량	4,950	3,000

여 서울 도심 차량 환경의 잠재 가입자 밀도는 4,950명/km²(= 5,500대/km² x 0.2 x 3 x 1.5명/대)로 가정한다. 옥내 환경은 서울이 다른 나라의 대도시와 유사하다고 가정하여 ITU 자료를 참고하였다. 서울 도심지역의 잠재 가입자 밀도는 표 4와 같다.

■ 셀 영역 및 환경의 설정

ITU가 제시한 값을 적용하여 옥내 환경은 0.005km²(직경 : 80m), 보행 환경은 0.312km²(반경 : 600m), 차량 환경은 0.866km²(반경 : 1 km)를 적용하였다.

3-2. 시장 및 통화량관련 파라미터

2010년 서비스 보급율, 최번시 시도수, 최번시 호 지속시간은 ITU가 권고한 서비스 종류 및 특성을 기준으로 전파진흥협회에서 조사한 국내 수요조사 결과[5]를 반영하였다. 전파진흥협회 수요조사 결과는 다른 수요 조사와 달리 상기 3가지 파라미터에 대해 집중적으로 전문가 집단 방식으로 조사한 결과로 의미가 있다.

서비스 보급률과 최번시 호시도수(BHCA),호지속시간(Call Duration)은 각각 표 5, 6, 7과 같다.

표 5. 서비스 보급률(2010년 기준)
Table 5. Service diffusion rate(basic year: 2010)

서비스 종류	서비스 보급율(%)	
	국내	ITU
음성	75	73
단순메시지	39	40
교환데이터	14	13
중속멀티미디어	17	15
고속멀티미디어	19	15
대칭멀티미디어	22	25

표 6. 최번시 호시도수(BHCA)
Table 6. BHCA

구 분	옥내(%)		보행(%)		차량(%)	
	국내	ITU	국내	ITU	국내	ITU
음 성	2.53	3	0.94	0.8	0.66	0.4
단순메시지	0.58	0.6	0.9	0.3	0.31	0.2
교환데이터	0.22	0.2	0.21	0.2	0.12	0.02
중속멀티미디어	0.5	0.5	0.36	0.4	0.11	0.008
고속멀티미디어	0.27	0.15	0.11	0.06	0.06	0.008
대칭멀티미디어	0.24	0.14	0.11	0.07	0.07	0.011

표 7. 호지속시간(Call Duration)
Table 7. Call Duration

구 분	옥내(초)		보행(초)		차량(초)	
	국내	ITU	국내	ITU	국내	ITU
음 성	153	180	120	120	104	120
단순메시지	3	3	3	3	3	3
교환데이터	144	156	138	156	135	156
중속멀티미디어	2529	3000	2137	3000	2233	3000
고속멀티미디어	2603	3000	2165	3000	2227	3000
대칭멀티미디어	161	120	142	120	156	120

■ 활성화율(Activity Factor)

활성화율은 전체 점유시간 대비 실제로 사용하는 시간으로 정의하며, ITU가 제시한 값을 적용하였다.

표 8. 활성화율
Table 8. Activity Factor

구 분	서비스 활성화율	
	상향	하향
음 성	0.5	0.5
단순메시지	1	1
교환데이터	1	1
중속멀티미디어	0.00285	0.015
고속멀티미디어	0.00285	0.015
대칭멀티미디어	1	1

■ Group Size

Group size의 개념이 실제로 가능한 상황인지를 확인하기 위하여 현 이동전화 사업자들의 트래픽 운용 결과를 분석한 결과 Group Size를 이용한 네트워크 자원 산출이 타당함을 확인하고 ITU가 제안한 "Group Size = 7"의 값을 적용하였다.

■ QoS function

QoS는 호 차단에 관련된 서비스 품질 기준으로 회선서비스는 유선전화와 동등한 1% 차단율을 갖고 패킷서비스는 패킷 길이의 1/2 이상 지연 시간을 갖는 패킷이 전체 패킷 가운데 1%가 차지하는 경우로 가정하였다.

- 회선 서비스 : Erlang B 모델 1%

$$0.01 = \frac{a^k / k!}{\sum_{i=0}^k a^i / i!}$$

- 패킷 서비스 : Erlang C 모델 1%

$$0.01 = \frac{\frac{a^C}{C!(1-a/C)} \exp\left[-\frac{C-a}{2}\right]}{\sum_{k=0}^{C-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{a^C}{C!(1-a/C)}}$$

3-3. 기술 및 시스템관련 파라미터

■ 시스템 용량(Net System Capability)

ITU는 회선의 경우 40~100 kbps/MHz/cell, 패킷의 경우 50~200 kbps/MHz/cell를 권고하고 있다. 본 논문에서는 차세대이동통신의 무선접속 기술의 용량 시험 결과[6][7] 및 국내 이동통신서비스의 운용 결과를 기준으로 회선 100 kbps/MHz/cell, 패킷 150 kbps/MHz/cell을 적용하였다.

■ 서비스 채널 속도(Service Channel Bit Rate) 이에 대한 기준은 ITU 권고 값을 적용하였다.

표 9. 서비스 채널 속도
Table 9. Service Channel Bit Rate

구 분	서비스 속도	
	상향	하향
음 성	16	16
단순메시지	14	14
교환데이터	64	64
중속멀티미디어	64	384
고속멀티미디어	128	2000
대칭멀티미디어	128	128

3-4. 최종 주파수 소요량 산출을 위한 파라미터

■ 가중치 팩터(Alpha Factor)

국내 고유의 가중치 팩터를 구하기 위해 다음과 같이 국내 이동통신사업자의 음성 및 데이터와 PC 통신 및 인터넷 사업자의 데이터 서비스를 평균하여 서비스 패턴을 분석하였다.

- 서비스별 최번시 (Busy hour) 불일치 현상 보정
각 서비스별 최번시는 그림 2,3과 같이 서비스별 최번시 트래픽이 상이하게 나타나며, 특정시간대(t)

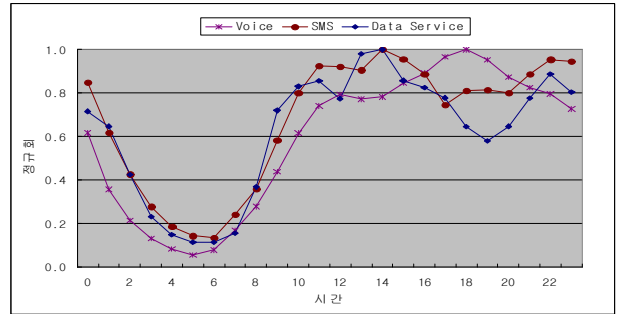


그림 2. 국내 이동통신사업자의 음성 및 데이터 트래픽 패턴
Fig. 2. Voice and Data Service Traffic Pattern of Korean mobile communication service providers

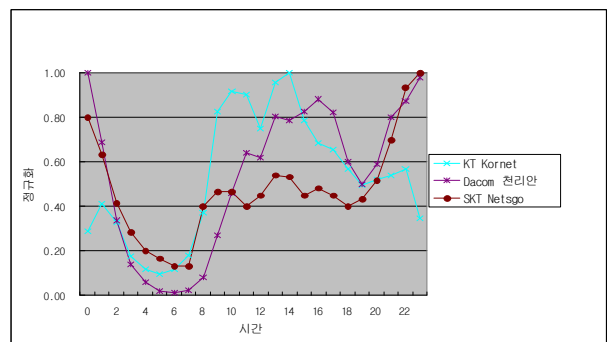


그림 3. PC 통신 및 인터넷 서비스 트래픽 패턴
Table 3. PC communications and Internet service Traffic Pattern

의 총 주파수 소요량(T_t)은 아래와 같이 구해진다.

$$T_t = A_t \cdot F_{a,S}^U + B_t \cdot F_{a,SM}^U + C_t \cdot F_{a,SD}^U + D_t \cdot F_{a,MM}^U + E_t \cdot F_{a,HMM}^U + F_t \cdot F_{a,HMM}^U$$

T_t 가 최대가 되는 시간을 T라 가정하면, 이때의 총 주파수 소요량 T_t가 필요 주파수 소요량 (F_a^U)이며 다음과 같이 구해진다.

$$F_a^U = T_T = A_T \cdot F_{a,S}^U + B_T \cdot F_{a,SM}^U + C_T \cdot F_{a,SD}^U + D_T \cdot F_{a,MM}^U + E_T \cdot F_{a,HMM}^U + F_T \cdot F_{a,HMM}^U$$

그러므로 보행자 환경에서 각 서비스들의 상향링크의 가중치 팩터는 다음과 같다.

$$\alpha_{a,S}^U = A_T, \alpha_{a,SM}^U = B_T, \alpha_{a,SD}^U = C_T, \alpha_{a,MM}^U = D_T, \alpha_{a,HMM}^U = E_T, \alpha_{a,HMM}^U = F_T$$

위의 표와 같은 상황에서 총 주파수 소요량이 19시에 최대라면, 보행자 환경 상향링크의 가중치 팩터는 다음과 같다.

$$\alpha_{a,S}^U = A_{19}, \alpha_{a,SM}^U = B_{19}, \alpha_{a,SD}^U = C_{19}, \alpha_{a,MM}^U = D_{19}, \alpha_{a,HMM}^U = E_{19}, \alpha_{a,HMM}^U = F_{19}$$

- 서비스별 시간대별 주파수 소요량
상향/하향링크의 시간대별 주파수 소요량은 그림

4, 5와 같이 나타난다. 각 서비스별 최번시 주파수 소요량은 상기 파라미터 값을 사용하였다.

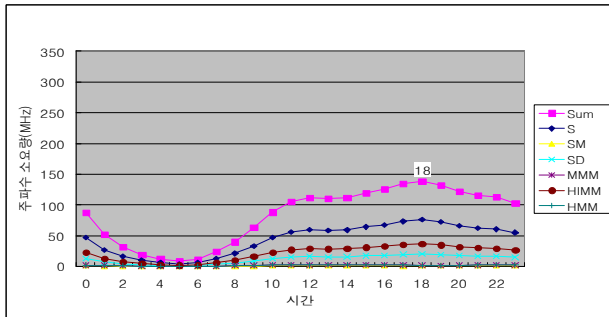


그림 4. 상향링크의 시간대별 서비스별 주파수 소요량
Fig. 4. spectrum requirements for a hour and a service in the up-link

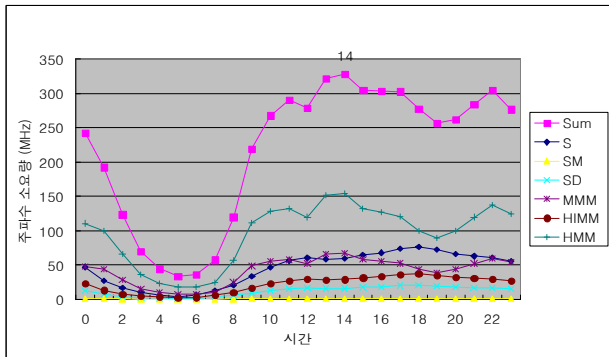


그림 5. 하향링크의 시간대별 서비스별 주파수 소요량
Table 5. spectrum requirements for a hour and a service in the down-link

- 상기 산출결과를 반영하여 가중치 팩터를 구한 결과 0.937로 나타났다.

■ 조정 팩터(Beta Factor)

조정팩터의 항목 가운데 가드밴드는 시스템 특성에 의한 것으로 공통 파라미터이지만 트렁크 효율 및 모듈래리티(modularity)는 국가마다 다른 사업자 수 또는 사업자 수가 같다고 하더라도 예측되는 통화량의 총량에 따라 트렁크 효율이 달라진다. 따라서 ITU가 정하는 값이 아니라 조정팩터 값은 국내의 트래픽 총량에 따라 달라진다. 예를 들어 3개 사업자를 가정하고 지금까지의 파라미터를 적용하여 조정팩터 값을 계산하면 다음과 같다.

$$\blacksquare 177.23 \text{ MHz/sys} \times 1.082 \times 3\text{sys} = 575.29 \text{ MHz}$$

이때 트렁크 효율은 1.175 (Modularity 1.042 적용)이며 조정 팩터는 1.257이 된다. 이는 ITU가 제시한 1.19와 다르다. 따라서 조정 팩터는 트래픽양의 변화에 따라 다르게 적용되어야 한다. 이와 유사한 방식으로 모듈래리티를 계산하면 1.0482가 구해진다. 다음 표 10은 지금까지의 파라미터를 적용하여 조정팩터 값을 사업자 수에 따라 구한 것이다.

표 10. 사업자수 트래픽 크기에 따른 조정팩터 값
Table 10. Adjusted factor value according to the number of company and traffic size

구분	3개사업자	4개사업자	5개사업자
결과1	1.34	1.37	1.50
결과2	1.39	1.49	1.56
결과3	1.21	1.26	1.35

여기서 결과1은 잠재가입자 밀도와 전파진흥협회 수요조사결과에서 상위 10%와 하위10%를 제외한 수요 조사 결과의 국내 이동통신서비스 보급을 및 최번시 시도수, 최번시 호 지속시간을 반영한 결과이며, 결과2는 전파진흥협회 수요조사결과에서 국내 사업자들만의 수요조사 결과를 반영한 것이고 결과3은 전파진흥협회의 전체 수요 조사 결과를 반영한 것이다.

IV. 파라미터 변화에 따른 국내 주파수 소요량 분석

본 장에서는 2010년 국내 이동통신서비스용 주파수 소요량을 산출하기 위해 III장에서 분석한 국내의 고유 파라미터를 적용하여 산출한 국내 주파수 소요량 결과와 ITU가 권고한 값을 이용하여 산출한 주파수 소요량 결과를 비교하여 그 차이점을 분석하였다.

ITU는 해당 서비스 지역을 옥내, 보행자 및 차량 호나경으로 나누고 환경별로 음성, 단문메시지, 회선교환데이터, 중속 멀티미디어, 고속 멀티미디어, 대화식 고속 멀티미디어 등 6가지의 서비스로 분류하여 총 18개의 환경 및 서비스 단위를 정의하였다. 그리고 18가지의 각 환경 및 서비스별로 10개의 파

라미터를 정의하여 각각의 주파수 소요량(F_{es})을 결정하고, 각 환경 및 서비스별 적절한 가중치(q_{es}) 팩터 및 조정 팩터를 적용하여 지상 구간의 총 주파수 요구량 $F_{Terrestrial}$ 을 산출하였다. 이러한 방법론은 일반적이지만 파라미터는 특정 국가에 따라 다를 수 있다.

표 10은 그 결과치를 나타낸 것으로 ITU 결과는 ITU가 아시아 지역을 가정하여 권고한 파라미터를 적용한 결과이며, 기타는 III장 조정팩터에서 설명한 전파진흥협회의 수요조사기준을 동일하게 적용한 결과이다. 한편 가중치 및 조정팩터는 모든 결과가 비교되도록 III장의 연구결과를 반영하였다.

표 11. 국내 이동통신 주파수 소요량 산출 결과 (2010년)
Table 11. Produced results of frequency requirement in domestic mobile communication

구 분		ITU	결과1	결과2	결과3
주파수 소요량 (MHz)	3개사업자	492	624	449	1208
	4개사업자	558	638	482	1259
	5개사업자	600	699	505	1353

국내 이동통신 주파수 소요량 산출결과를 분석하면 다음과 같다.

결과1은 국내 이동통신 주파수 소요량이 ITU 결과와 비교하여 약 20%가 증가하고 있으며 이에 대한 주요 원인은 중고속 멀티미디어, 대칭 멀티미디어의 보급을 및 최번시 시도호수가 상대적으로 높게 나타난 결과이다. 또한 대칭 멀티미디어의 최번시 호 지속시간 증가도 주요 원인으로 분석되었다. 이와 같은 분석 결과는 국내 전문가들이 2005년경 이후부터 고속데이터가 급속히 성장한다고 전망하고 있음을 보여 주고 있다.

결과2는 주파수 소요량이 다소 낮게 나타나고 있는데 중고속데이터의 보급을 및 호지속시간이 다소 낮게 예측한 결과이다. 중고속데이터의 보급을 및 최번시 호시도수, 최번시 호 지속시간은 주파수 소요량 대역폭 산출에 있어서 음성 및 저속데이터에 비하여 상대적으로 크게 영향을 미치고 있다.

결과3은 주파수 소요량이 매우 높게 나타나고 있는데 중고속데이터의 보급을 및 호지속시간을 매우

크게 예측한 결과이다. 중고속데이터의 보급을 및 최번시 호시도수, 최번시 호 지속시간은 주파수 소요량 대역폭 산출에 있어서 음성 및 저속데이터에 비하여 상대적으로 크게 영향을 미치고 있다

본 장에서는 일부 파라미터의 변화에 따라 주파수 소요량 변화폭을 분석함으로써 향후 주파수 소요량 산출시 주요 요인을 확인하였다. 12개의 파라미터 중 1)잠재가입자밀도, 4)최번시 호시도수, 5)최번시 호지속시간, 8)QoS는 연구결과를 반영하여 국내 고유한 값으로 선택하였다. 반면 2) 셀면적, 3) 서비스 보급률, 10) 시스템 용량은 가변 요소로서 변화에 따른 주파수 소요량 산출결과를 비교하였다. 비교결과는 다음과 같다.

표 12. 파라미터 변화에 따른 IMT-2000 주파수 소요량 산출 결과

Table 12. Produced results of IMT-2000 frequency requirement according to variable parameter

구 분		가변요소 파라미터 변경 내용	산출 결과(MHz)	
ITU		-	531	
가 변 요 소	1	셀반경	도심 보행자 : 600m→400m	403
	2	보급률	73%→82%	647
	3	시스템 제공능력(kbps /MHz/Cell)	회선 : 70 → 100, 패킷 : 125 → 200	442
	4	셀면적, 보급률	상기와 동일	418
	5	보급률, 시스템 용량	상기와 동일	460
	6	셀면적, 시스템 용량	상기와 동일	291
	7	셀면적, 보급률, 시스템 용량	상기와 동일	302

상기 결과를 분석하면 가변 요소에 따라 291~647MHz까지 큰 폭의 변화가 있음을 확인할 수 있다. 그 가운데에서도 셀 면적의 크기와 시스템 용량의 변화가 주파수 소요량에 가장 민감함을 알 수 있다. 이와 비교하여 일본에서는 주파수 소요량으로 600MHz~1GHz를 산출한 바 있는데, 본 논문에서 제시하고 있는 방법 중 셀 반경과 수요 일부 파라미터를 변경하여 적용한 결과이다.

V. 결 론

본 논문에서는 ITU에서 차세대이동통신서비스 (IMT-2000) 이후의 이동통신서비스 (System beyond IMT-2000)의 주파수 소요량을 새로이 검토하는 시점에서 국내의 이동통신서비스를 포함한 모든 차세대 무선통신서비스에 필요한 주파수 소요량을 산출할 수 있는 일반적인 방법론과 파라미터 결정 방법을 제시하였다. 또한 주파수 소요량 산출 파라미터의 민감도를 분석하여 향후 이동통신서비스의 발전 추세에 따라 주파수 소요량의 변화를 예측하였다.

본 논문에서는 ITU가 제시한 12가지 파라미터 값에 대해 다음과 같이 국내 고유의 파라미터 값을 구하고 기타 파라미터에 값에 대한 타당성을 확인하였다. 첫째 잠재 가입자밀도는 통계청 등 고령인구조사 자료를 사용하는 것이 이동통신서비스 트래픽을 구하는데 무의미하므로 국내 이동통신사업자의 트래픽 자료를 활용하여 추정하는 방법을 연구하였다. 두 번째로 각 국가의 보급률, 최번시 시도수, 최번시 호지속시간에 대해서는 99년도 전파진흥협회 수요조사결과를 반영하였다. 세 번째로 가중치와 조정팩터는 국내 이동통신사업자와 PC통신 및 인터넷 서비스 사업자의 데이터를 활용하여 국내 고유한 실질 데이터의 분석 결과를 반영하였다. 넷째로 Group size 개념이 실질적으로 타당한지 국내 이동통신사업자의 데이터를 활용하여 ITU 방식으로 적용하는 것이 타당함을 확인하였다. 또한 파라미터에 따른 민감도를 분석한 결과 셀반경의 변화와 시스템 용량

의 변화가 주파수 소요량 크기에 매우 민감함을 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 분석한 12가지 파라미터는 잠재 가입자 밀도와 같이 변화가 작은 파라미터가 있는 반면에 이동통신서비스 환경 및 시스템의 변화에 따라 셀반경, 시스템 용량 등은 크게 변할 수 있다. 하지만 본 논문에서 분석한 파라미터를 결정하는 방법은 미래 이동통신서비스 (System beyond IMT-2000)의 일반적인 주파수 소요량 산출 방법을 제시할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Rec. ITU-R M.1390, "Methodology for the Calculation of IMT-2000 Terrestrial Spectrum Requirements". March 1999.
- [2] Rec. ITU-R M.1391, "Methodology for the Calculation of IMT-2000 Satellite Spectrum Requirements". March 1999.
- [3] Rep. ITU-R 2023, Spectrum requirements for IMT-2000. May 2000.
- [5] IMT-2000용 주파수 소요량 산출을 위한 수요조사 보고서, 전파진흥협회, 1999년 8월
- [6] Harri Holma and Antti Toskala, *WCDMA for UMTS*, John Wiley & Son, 2000.
- [7] C.S0002-A v5.0, CDMA2000-Physical Layer, 3GPP2, 2001년 7월.

정 우 기(鄭遇氣)



1986년 2월: 연세대학교 전자공학과(공학사)

1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 공학석사

2001년 8월: 연세대학교 전자공학과 박사수료

1989년~1992년: 한국전자통신연구소 위성본부

1992년~1994년: SK 텔레콤 CDMA 전담반

1994년~1999년: 신세기통신 기술기획팀

1999년~2003년2월: LG텔레콤 기술전략팀 부장

2003년3월~현재: 청강문화산업대학 이동통신과 교수

관심분야: 전파통신, 디지털통신시스템,

Spectrum Engineering

홍 인 기(弘仁基)



1989년 2월: 연세대학교 전기공학과(공학사)

1991년 2월: 연세대학교 전기공학과 공학석사

1995년 8월: 연세대학교 전기공학과 공학박사

1995년~1999년: SK Telecom 중앙연구원 선임 연구원

1997년~1998년: NTT DoCoMo 교환 연구원

1999년~현재: 경희대학교 전자정보대학 조교수

관심분야: CDMA, 이동통신