국내 이동통신 서비스의 추가 주파수분배에 관한 연구

A Study on the Additional Spectrum Allocation for Domestic Celluar Mobile Service

김종호, 이재욱*, 박덕규*
한국전자통신연구원, 목원대학교 정보통신·전파학부*

Kim Jong-Ho, Lee Jae-Wook*, Park Duk-Kuy*
ETRI, Mokwon University*

요약

최근 각 이동통신사업별로 기존의 CDMA 방식을 이용하여 IMT-2000의 서비스에 해당되는 대용량 데이터서비스를 제공하고 있다. 그러나 각 사업자 별로 할당된 현재의 주파수대역으로는 영상서비스를 기본으로 하는 대용량 데이터서비스를 제공하기 어려운 상황이며, 새로운 주파수대역의 추가 분배가 필요한 상태이다. 본 논문에서는 ITU-R에서 제시하고 있는 권고안을 기초로 국내 이동통신서비스 확대에 요구되는 추가 스펙트럼 요구량을 산출하였으며, 디지털 이동통신서비스를 위해 필요한 스펙트럼 효율의 정량화 및 추가 소요 주파수 대역을 계산하는 방법을 정량화 하였다.

I. 서론

최근 이동통신서비스의 보급이 급격히 성장함에 따라 기존의 CDMA방식을 기반으로 대용량의 데이터 서비스를 제공하려는 움직임이 나타나고 있으며, 이러한 서비스의 일환으로 CDMA2000 EV-DO를 이용한 영상서비스가 시작되었다. 기존의 CDMA를 사용하는 현재의 이동통신 주파수대역은 음성과 저속의 Data서비스를 주요한 서비스로 사용하고 있다. 대용량의 영상 서비스를 제공할 경우, 기존의 주파수대역으로는 새로운 서비스에 대한 수요를 충족시키기 어려울 것으로 예상되며, 이러한 요구를 만족시키기 위한 새로운 주파수대역의 추가 확보에 많은 관심을 기울이고 있다. 본 논문에서는 ITU-R에서 제시하고 있는 권고안을 기초로 국내 이동통신서비스의 확대에 따라 요구되는 소요주파수대역폭 산출하고 추가 분배될 주파수를 산출하였다. 이 연구 결과를 기초로 국내 디지털 무선서비스에 대한 주파수 분배방안을 확립하여 새로운 이동통신서비스에 능동적으로 대처함과 동시에 국내 주파수 이용효율을 극대화 시킬 수 있는 기반을 조성할 것으로 예상된다.

Ⅱ. 본론

기존 방식에서 주파수 소요대역을 계산하는 식은 통신방식에 따라 아날로그 통신을 기본으로 하는 회선교환 방식이 중심이 되었다. 그러나 데이터서비스를 시행하는 현재의 디지털 전송방식은 패킷교환방식을 중심으로 통신이 수행되고 있어, 새로운 형태의 소요 주파수대역 계산방법이 매우 필요한 상황이다.

ITU-R에서는 이러한 요구에 부응하기 위하여 1999년 IMT-2000의 소요 주파수대역폭을 계산하기 위하여 패킷교환방식과 회선교환방식에 모두 적용할 수 있는 권고안을 재정하였다.[2]

이 권고안을 기초로 2001년에는 5GHz 대역에서 요구되는 소요 주파수대역을 산출하였고, 산출된 대역폭이 5GHz 대역 무선LAN의 소요 주파수대역으로 확정되어 2003년 주파수가 분배되었다. 본 논문에서는 기존의 CDMA방식을 이용하여 대용량의 서비스를 제공할 경우, 예상되는 소요 주파수대역을 산출하기 위해, ITU-R 권고안을 기초로 국내환경에 적합한 파라미터를 설정하고, 추가되는 주파수 소요량 산출을 수행하였다. 다음에서는 각 파라미터에 대해 알아보겠다.

1. 주파수 소요량 산출을 위한 소요 조사 분석

국내 주파수 소요량을 산출하기 위해서는 국내 환경에 적합한 서비스별 보급률, 최번시 호시도수, 최번시 호지속시간, 최번시 시간대 등 주요 파라미터 값을 선정하여야 한다. 국내 환경에 고유한 파라미터 값을 구하기 위해, 실시된 수요조사[4]를 바탕으로 최번시 시간대는 도심 보행자 및 도심 차량의 경우 15시~19시에 집중 되어 있으며 수요 조사 결과의 편차를 줄이기 위해 수요 조사결과의 양 극단치[1]를 제외하고 분석한 결과 편차가 크게 낮아졌으며, ITU 등 국제적 추세와 유사한 특성을 나타내었다. 그 결과를 국내 환경의 주파수 소요량 산출을 위해 반영하였다.

2. 주파수 소요량 산출을 위한 파라미터 산출

2.1 국내 지리학적 고려사항

1) 환경

주파수 소요량을 산출하는데 첫 번째 고려사항은 시스템이 적용되는 셀의 특성을 결정하는 것이며, 이러한 셀은 아래와 같이 이동성과 인구밀도에 의하여 정의된다.

[표 1] 이동성과 인구밀도의 정의

이동성	도심 보행자	도심 차량
인구밀도		
도심밀집지역(CBD)		
도심지		
교외		
시골		

ITU-R 방법론[2]에서는 환경을 정의할 때 건물 내에서의 서비스도 고려하였다. 총 주파수 소요량을 산출하는데 있어서는 현실적으로 어떤 지역에서 최대 주파수 소요량이 필요로 하는가를 결정하는 것이 중요하다.

이러한 측면에서, 본 연구에서는 기존의 셀룰러와 PCS의 환경에 적용하기 위하여 최대 주파수 소요량을 나타내는 환경은 도심 보행자 및 도심차량이 있는 도심지(urban)환경에 대해서 고려하고 도심밀집지역에서의 인구밀도는 기존의 셀룰러와 PCS의 환경에는 도심지(urban)에 포함되며, 교외 및 시골에서의 환경과 같이 지리적으로 겹치거나 통화량이 적은 환경은 최대 총 주파수량 산출조건에서 제외하였다.

2) 산출방향 선택

일부 서비스의 트래픽의 비대칭성 때문에 역방향링크(이동국에서 기지국) 또는 순방향링크(기지국에서 이동국)을 구분하여 산출한다.

3) 대표적인 셀 면적과 구조 설정

ITU-R 권고안[2]에서는 원형무지향셀구조와 섹터화된 육각형셀구조를 설정하여 셀 면적을 산출하였으나 본 연구에서는 현재 사용되는 셀룰러 설계방식인 섹터화된 육각형 셀구조를 설정하여 셀 면적을 산출하였다.

4) 셀 면적(Cell Area)계산

현재 국내 CDMA 이동전화나 PCS의 경우 서울 도심에서의 평균 반경이 약 400m 내외이며, 실내 환경의 가입자를 지원하기 위하여 셀 반경을 줄여나가고 있는 경향이다.

본 연구에서는 셀 반경을 다음과 같이 적용하여 셀 면적을 산출하였다.

$$\text{육각형셀면적} = (3/2)\times\sqrt{3}\times R^2$$

여기에서 : R = 육각형의 반경(정점)

[표 2] 셀 면적 산출값

파라미터	도심-보행자	도심-차량
셀면적(직경,m)	0.139km2(400m)	0.139km2(400m)
셀면적(ITU)(직경,m)	0.312km2(600m)	0.866km2(1km2)

2.2 시장 및 트래픽 고려사항

1) 서비스 선택

현재 사용되는 셀룰러 PCS의 서비스별 전송속도를

1) 자료의 측정치 중 다른 측정치에 비해 아주 크거나 아주 작은 측정치

설정하기 위해 음성, 단순메시지, 회선데이터, 중속멀티미디어 서비스의 전송 속도를 다음과 같이 설정하고 이것은 ITU 권고에 따라 설정하였다. 본 연구에서는 기존 CDMA 이동전화나 PCS의 경우 CDMA2000 EV-DO 이용한 서비스를 위해 중속멀티미디어 서비스(MMM)까지 서비스하는 것을 설정하였다.

[표 3] 서비스별 전송속도

Net_User_Bit_Ratee	Downlink net (kbit/s)	Uplink net (kbit/s)
Service Type "s"		
Speech(s)(회선)	16	16
Simple Message(SM)(패킷)	14	14
Switched Data(SD)(회선)	64	64
Medium Multimedia (MMM)(패킷)	384	64

2) 인구밀도 설정

주파수 소요량을 산출하는데 있어서 인구밀도는 실제 거주자가 아니라 최번시간대에 각 환경에서 존재하는 사람을 나타낸다. 본 연구에서는 도심보행자와 도심차량에 대한 TTA 스펙트럼연구위원회에서 5개 이동통신 사업자의 트래픽을 기초로 산출한 값[4]을 설정하였다.

[표 4] 인구밀도 적용값

파라미터	도심-보행자	도심-차량
인구밀도 (ITU 값)	110,050명/km2 (100,000명/km2)	4,950명/km2 (3,000명/km2)

3) 서비스 가입율 설정

총인구에 대한 특정서비스에 대한 가입율이며, 가입자는 하나의 서비스에 가입할 수도 있고, 동시에 여러 가지 서비스에 가입할 수도 있다. 서비스 가입율(2010년 기준)은 RAPA 수요조사의 2차 수요조사 결과(극단치 제외)[4]를 적용하였다.

[표 5] 가입율(%)(Penetration_Ratees)

Environments "e" / Services "s"	Urban pedestrian	Urban vehicular
Speech(S)	75% (73%)	75% (73%)
Simple Message(SM)	39% (40%)	39% (40%)
Switched Data(SD)	14% (13%)	14% (13%)
Medium Multimedia(MMM)	17% (15%)	17% (15%)

4) 셀당 사용자 수 산출

이 파라미터는 위에서 산출된 인구밀도, 서비스 가입자율 그리고 셀 면적에 의해 산출되며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

셀당 사용자 = 인구밀도 * 서비스가입율 * 셀 면적

[표 6] 셀당 사용자수(User/Celles)

Environments "e" / Services "s"	Urban pedestrian number of users	Urban vehicular number of users
Speech(S)	11473	516
Simple Message(SM)	5966	268
Switched Data(SD)	2142	96
Medium Multimedia (MMM)	2600	117

5) 트래픽 파라미터 설정

트래픽 파라미터의 평균호시도수와 호지속시간은 RAPA 수요조사의 2차 수요조사 결과(극단치 제외)[4]를 반영하였으며, 활성화율은 ITU권고[2]에 따라 적용하였다.

- 평균호 시도수(Busy Hour Call Attempts)

[표 7] 최번시간에 호출로 나타나는 평균호시도수

Environments "e"	Urban pedestrian call in busy hour		Urban vehicular call in busy hour	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	0.94	0.94	0.66	0.66
Simple Message(SM)	0.9	0.9	0.31	0.31
Switched Data (SD)	0.21	0.21	0.12	0.12
Medium Multimedia (MMM)	0.36	0.36	0.11	0.11

- 호 지속 시간(Effective Call Duration)

이 파라미터는 최번시 동안 호 또는 세션의 평균 지속 시간을 나타낸다.

[표 8] 호 지속시간(Call_Durationes in seconds)

Environments "e"	Urban pedestrian seconds		Urban vehicular seconds	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	120	120	104	104
Simple Message(SM)	3	3	3	3
Switched Data(SD)	138	138	135	135
Medium Multimedia (MMM)	2137	2137	2233	2233

- 활성화율(Activity Factor)

활성화율은 자원이 호 또는 세션에 의하여 실제 사용되는 시간의 백분율을 나타낸다.

[표 9] 활성화율(Activity_Factores)

Environments "e"	Urban pedestrian dimensionless		Urban vehicular dimensionless	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	0.5	0.5	0.5	0.5
Simple Message(SM)	1	1	1	1
Switched Data(SD)	1	1	1	1
Medium Multimedia (MMM)	0.00285	0.015	0.00285	0.015

6) 사용자당 트래픽(Traffic/Useres)산출

사용자당트래픽=최번시 호시도수 * 호지속시간 * 활성화율

[표 10] 사용자당 트래픽 (Traffic/Useres in call-seconds)

Environments "e"	Urban pedestrian call-seconds		Urban vehicular call-seconds	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	56	56	34	34
Simple Message(SM)	3	3	1	1
Switched Data(SD)	29	29	16	16
Medium Multimedia (MMM)	2	12	1	4

7) 셀당 제공 트래픽(Offered_Traffic/Celles) 산출

셀당제공트래픽 = 사용자당트래픽 * 셀당사용자

[표 11a] 셀당 제공된 트래픽

Environments "e"	Urban pedestrian call-seconds		Urban vehicular call-seconds	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	6.47×105	6.47×105	1.77×104	1.77×104
Simple Message (SM)	1.61×104	1.61×104	0.25×103	0.25×103
Switched Data(SD)	6.2×104	6.2×104	1.56×103	1.56×103
Medium Multimedia (MMM)	5.7×103	5.7×103	0.82×102	0.82×102

[표 11b] 셀당 제공된 트래픽(Erlangs)

Environments "e"	Urban pedestrian call-seconds		Urban vehicular call-seconds	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	1258.17	1258.17	34.44	34.44
Simple Message (SM)	31.32	31.32	0.49	0.49
Switched Data (SD)	120.68	120.68	3.03	3.03
Medium Multimedia (MMM)	11.09	11.09	0.16	0.16

8) QoS(Quality of Service Function) 파리미터 설정

주파수 소요량 산출에 영향을 끼치는 QoS 파라미터는 Group Size와 호전단율이다. 본 논문에서는 ITU가 제안한 값[2]을 적용하였으며, 적용기준은 다음과 같다.

- Group Size : 7
- Circuit traffic : Erlang B 1%
- Packet traffic : Erlang C 1%

2.3 기술 및 시스템 고려사항

1) 셀당 서비스 채널 수

셀당서비스채널수=(QoS{셀당제공트래픽 * Group_Sizees;호절단율})/Group_Sizees

[표 12a] 그룹당채널수(Service_Channels per Group)

Environments "e"	Urban pedestrian		Urban vehicular	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	1288	1288	236	236
Simple Message(SM)	46	46	9	9
Switched Data(SD)	140	140	28	28
Medium Multimedia (MMM)	21	78	5	12

[표 12b] 셀당 서비스채널(Service_Channels/Celles)

Environments "e"	Urban pedestrian		Urban vehicular	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	184	184	33.7	33.7
Simple Message(SM)	6.57	6.57	1.29	1.29
Switched Data (SD)	20	20	4	4
Medium Multimedia (MMM)	3	11.14	0.71	1.71

2) 서비스 채널 비트율(Service Channel Bit Rate)결정

순 사용자 비트율을 수행하기 위해 요구되며, 서비스 채널 비트율은 코딩팩터(coding factor), 채널오버헤드(channel overhead)등과 같은 요소 때문에 순 사용자 비트율보다 갖거나 클 수도 있다. 여기에서는 ITU가 제시한 값[2]을 적용하면 다음과 같다.

[표 13] 서비스 채널비트율 (Service_Channel_Bit_Ratees)

Environments "e"	Urban pedestrian (kbit/s)		Urban vehicular (kbit/s)	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	16	16	16	16
Simple Message(SM)	14	14	14	14
Switched Data(SD)	64	64	64	64
Medium Multimedia (MMM)	64	384	64	384

3) 트래픽(Traffices)산출

트래픽(Tes)은, 환경, 서비스타입, 전송방향, 셀 구조, 서비스 품질, 셀의 구룹핑을 통한 트래픽 효율, 그리고 서비스 채널 전송율 등을 모두 포함한다.

트래픽(Tes) = 셀당 서비스 채널수 * 서비스 채널 비트율

[표 14] 트래픽(Traffices)

Environments "e"	Urban pedestrian (Mbit/s/cell)		Urban vehicular (Mbit/s/cell)	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	2.94	2.94	0.54	0.546
Simple Message(SM)	0.09	0.09	0.02	0.02
Switched Data(SD)	1.28	1.28	0.26	0.26
Medium Multimedia (MMM)	0.19	4.28	0.05	0.66

4) 순 시스템 용량(Net_System_Capabilityes) 파라미터설정

서비스(Ses)는 특별한 기술이 갖는 시스템의 용량의 척도이다. 이것은 이동통신 시스템스펙트럼 효과, 코딩 인자, 오버헤드 인자, 적용모델, 그리고 다른 인자도 포함한다. 시스템 처리능력에 대하여 ITU가 제안한 지역 2의 값은 IS-2000 시스템의 순 시스템 용량과 비슷하게 추정하고 있다. 따라서 국내 주파수 소요량 산출시 시스템 Capability는 ITU가 제안하는 값 가운데 지역2의 값을 적용하였다.

[표 15] 순시스템용량(Ses:Net_System_Capabilityes)

Environments "e"	Urban pedestrian (kbit/s/MHz/cell)		Urban vehicular (kbit/s/MHz/cell)	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	100	100	100	100
Simple Message(SM)	150	150	150	150
Switched Data(SD)	150	150	150	150
Medium Multimedia (MMM)	150	150	150	150

2.4 스펙트럼 소요량 산출 고려사항

1) 개별적인 Fes성분 산출

선택된 순방향 또는 역방향에 대하여 각각의 환경 및 서비스에 대하여 소요되는 주파수 소요량을 산출한다.

2) 다른 방향에 대한 과정 반복(선택된 순방향 또는 역방향)

위에서 계산한 트래픽과 순시스템 용량을 이용하여 각 방향, 각 환경 및 각 서비스에 대한 Fes 성분은 다음과 같은 계산 값을 얻을 수 있다.

[표 16] 개별적인 스펙트럼 요구량
(Fes : Individual spectrum requirements)

Environments "e"	Urban pedestrian (MHz)		Urban vehicular (MHz)	
Services "s"	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Speech(S)	29.44	29.44	5.39	5.39
Simple Message(SM)	0.61	0.61	0.12	0.12
Switched Data(SD)	8.53	8.53	1.71	1.71
Medium Multimedia (MMM)	1.28	28.53	0.3	4.39

3) 순방향과 역방향 성분을 결합한 "s"서비스의 Fes산출

Fes = (Fes 순방향 + Fes 역방향)

[표 17] 순방향과 역방향 성분을 합한 Fes

Environments "e"	Urban pedestrian (MHz)	Urban vehicular (MHz)
Services "s"		
Speech(S)	58.88	10.79
Simple Message(SM)	1.23	0.24
Switched Data(SD)	17.07	3.41
Medium Multimedia (MMM)	29.81	4.69

4) 필요한 모든 "e", "s"에 대한 과정 반복
(2.1단계에서 2.4단계)

5) 개별적인 Fes에 적용할 수 있는 가중인자 결정

가중인자(αes)는 공간적으로 각 환경별 주파수 소요 장소가 일치하지 않거나 각 서비스별로 최번시가 일치하지 않는 것을 보정해 주는 파라미터이다. ITU는 과거 주파수 소요량 산출시 모든 서비스 및 지리적 환경의 최번시가 동일하다고 가정하여 1로 두었는데 이것 때문에 ITU에서 이 부분을 문제로 제기하고 있다. 본 논문에서는 국내 고유 한 가중치 팩터값 0.937[5]을 적용하였다.

6) 조정인자(β : adjustment factor)결정

조정팩터는 총 소요 주파수를 여러 사업자가 동시에 서비스 할 경우 발생할 사업자간 가드밴드, 여러 사업자가 트래픽을 나누어 처리함으로써 발생할 트렁크 효율, 채널대역폭 따른 잔여 주파수 발생을 고려한 파라미터이다. 현재는 ITU가 제시한 값[2]을 적용하였다.

- 가드밴드 : 1.04
- Multiple Operators : 1.19 (3개 사업자로 가정)
- Modularity : 1.019

가드 밴드와 트렁크 비효율성을 고려하기 위하여 5%의 조정인자를 고려한다.

β = 1.05

2.5 최종 FTerrestrial 스펙트럼 계산값 산출

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

위 식(1)을 이용하여 조정인자를 갖는 각 성분에 대한 합은 다음과 같이 주어진다.

FTerrestrial = 124MHz

현재 셀룰러 및 PCS용으로 분배된 주파수는 총 110MHz이며 위의 결과에서 124MHz가 산출되었고, 그 결과 14MHz를 추가 할당할 필요가 요구된다. PCS의 관점에서 주파수 채널간격이 1.25MHz 이므로 총 12채널이 필요하며 상·하향링크를 하나의 쌍으로 계산할 때는 6개의 채널쌍(pair)이 필요하다.

Ⅲ. 결론

본 연구에서는 ITU-R IMT-2000 지상 스펙트럼 요구량 계산에 대한 방법론에 따라 국내의 이동통신 서비스 환경에서 도출된 서비스별 입력 파라미터 값으로부터 총 주파수 소요량을 산출하였다. 일반적으로 주파수 소요량을 산출하기 위해 여러 가지 파라미터들은 가변적인 파라미터와 동일한 기준을 적용할 수 있는 파라미터로 나눌 수 있으며, 동일기준 파라미터 가운데에서도 셀면적 및 시스템 처리능력은 각 해당 지역 환경에 따라 선택 할 수 있는 항목이며 가변적인 파라미터중 가

중인자(Weighting Factor)는 국내 고유한 값을 산출하여 적용하면 국내 서비스 환경에 맞는 총 소요 주파수 대역을 산출하는데 좀더 구체적인 값을 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 현재 국내의 셀룰러 및 PCS용으로 분배된 주파수는 아래 그림 1과 같이 총 110MHz를 할당하여 사용되고 있다. 위의 산출 결과를 바탕으로 약 14MHz를 추가 할당할 필요가 있다고 생각되며 현재 서비스 중인 1xEV-DO 서비스를 포함한 대용량데이터 서비스도 큰 문제없이 서비스 할 수 있을 것으로 예상한다.

▌참고문헌▐

[1] Recommendation ITU-R F.1399 Vocabulary of terms for wireless access.

[2] Recommendation ITU-R M.1390 Methodology for the calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirements

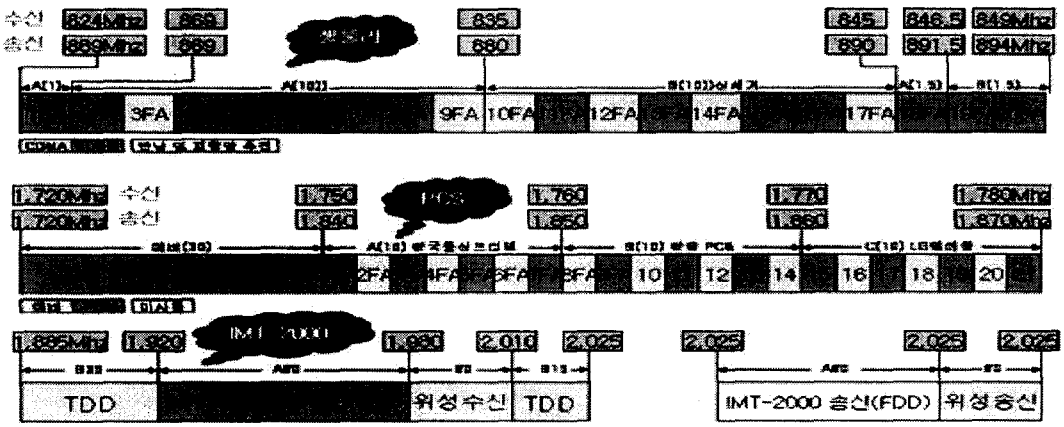
[3] ITU-R Delayed Contribution Document 8A-9B/86-E, "5GHz RLAN Spectrum Requirement", 19 Oct. 2001

[4] IMT-2000용 주파수 소요량 산출을 위한 수요조사에 관한 연구. 한국전파진흥협회 1999.12

[5] IMT-2000용 주파수 연구. 한국전파진흥협회 1999.12

[6] http://www.rapa.or.kr/korean/data/2003/8/2003_8_04. htm

[7] http://www.rapa.or.kr/korean/data/kdt01b1307sh.htm



▶▶ 그림 1. 국내 이동통신 주파수 분배현황