

1.7GHz 국내 디지털 코드리스폰 도입을 위한 주파수 간섭 분석에 관한 연구

A Study on the Analysis of 1.7GHz Frequency Interference for
Domestic Digital Cordless Phone

강건환*, 김종호**, 박덕규*
목원대학교*, 한국전자통신연구원**

Kang Gun-Hwan*, Kim Jong-Ho**, Park Duk-Kyu*
Mokwon University*, ETRI**

요약

본 연구에서는 디지털 코드리스폰(DCP)에 대한 현재 각국의 동향과 주파수 분배대역을 연구·분석하였다. 그 결과 국내 도입 가능한 후보주파수대역으로 1.7GHz와 2.4GHz대역을 제안하였다. 제안된 1.7GHz는 유럽의 DECT시스템이 도입될 것으로 예상되고 있어, 인접대역인 IMT-2000 후보주파수 대역간의 간섭분석이 필요하다. 본 논문에서는 1.7GHz대역과 IMT-2000 후보 주파수대역간의 간섭분석을 실시하여, 1.7GHz대역의 채널배치를 제안하였다.

Abstract

This research studies and analyzes the current trends and the frequency allocation bands for digital cordless phone(DCP) in other country. From these results, we propose 1.7GHz & 2.4GHz as a effective candidate frequency band for domestic DCP. A proposed 1.7GHz is expected to introduce DECT system of Europe. Therefore it is necessary to make an analysis of interference between 1.7GHz band and an adjacent IMT-2000 band. In this paper, we proposed the allocation of channel for 1.7GHz on the basis of the analysis of frequency interference between 1.7GHz band and an adjacent IMT-2000 band.

I. 서론

전 세계적으로 이미 약 80%가 넘는 국가들이 디지털 방식의 코드리스폰을 채택하여 사용하고 있으나, 우리나라는 아날로그 방식만을 사용하다가 있어 세계 코드리스폰의 기술변화 및 시장변화 등에 대처가 곤란한 상황이다[1]. 따라서 국내에서는 적합한 디지털 코드리스폰(Digital Cordless Phone : DCP)용 주파수 분배를 통해 국민의 이용편의 도모와 국내 관련 산업 육성을 통한 기술개발 및 시장형성을 통한 이익창출을 할 필요가 요구되었다.

이러한 요구에 부응하여 2005년부터 정보통신부에서는 『생활밀접형 신규서비스용 주파수연구반』을 개최하여, DCP를 국내에 도입할 수 있는 연구를 시작하였고, 산업체, 사업자 등이 참여하여 국내 DCP용 주파수 분배를 위한 의견을 수렴하였다. 연구반에서는 1.7GHz, 2.4GHz, 5.8GHz 대역에 대한

DCP용 주파수분배를 검토하였으며, 2차례의 공청회를 거쳐 1.7GHz와 2.4GHz에 대한 DCP용 주파수 분배를 확정하였다. 1.7GHz대역의 경우는 clean band의 주파수대역이고, 2.4GHz대역은 ISM(Industrial Science Medical)대역으로 현재 소출력을 중심으로 하는 비허가 무선기기들이 사용하는 주파수대역이다[2].

본 논문에서는 DCP용 후보 주파수 대역으로 논의되었던 각국의 주파수 사용 현황 등을 파악하였으며, 특히 1.7GHz에서 주파수분배하기 위해 검토되었던 인접서비스와의 간섭 및 혼신에 대한 내용을 분석하였다. 이 결과를 바탕으로 주파수분배를 위한 DCP의 중심주파수 및 채널배치에 대한 내용을 언급한다.

II. 각국의 디지털 코드리스 폰 분배 현황

<표 1>에서 유럽은 40/900MHz 대역을 아날로그로 1,800/2,400MHz 대역을 디지털로 분배하였으며 2000년초/중반에

본 연구는 2006년도 전자진흥협회의 “생활밀접형 신규서비스용 주파수 연구반, 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.

아날로그폰 형식승인 종료하였다. 또한 미국은 900 /2,400 MHz 대역을 아날로그/디지털 혼용으로 분배하고 1,900 /5,800MHz 대역을 디지털로 분배한 것을 알 수 있으며 일본은 380MHz 대역을 아날로그로 분배하고 1,800MHz 대역을 디지털로 분배한 것을 알 수 있다. 해외 디지털 코드리스폰은 현재 1.8GHz 대역의 DECT와 ISM 2.4GHz 대역의 WDCT를 주로 사용하고 있다[3].

[표 1] 주요국의 코드리스폰 용 주파수 분배 현황

국가	주파수대	주파수범위 (MHz)	채널수	대역폭	비고
미국	900MHz (ISM)	902~928	4~40	25, 50,100, 250kHz	아날로그/디지털혼용
	1900MHz (PWT)	1,910~1930	11	1.7MHz	디지털
	2.4 GHz (ISM, WDCT)	2,401~2,483.5	70~93	1MHz내외	아날로그/디지털혼용
	ISM 5.8GHz	5,725~5,850	75개 이상	1MHz내외	디지털
일본	380MHz	254~380		12.5kHz	아날로그
	PHS	1,895~1,918	77	300kHz	디지털
유럽	1.70MHz	(고정) 1.642~1.782	8/8	20kHz /12.5kHz	아날로그/중지
	47.5MHz	(휴대) 47.45625~47.54375			
	47.7MHz	(고정) 47.43125~47.41875	2/2		아날로그/중지
	77.5MHz	(휴대) 77.5125~77.5500			
	31MHz	(고정) 31.0375~31.2125	8	25kHz	아날로그/10mW
	900MHz (CT-1)	(휴대) 39.9375~40.1125			
	900MHz	(고정) 914~915	40	25kHz	아날로그/CT-1
900MHz	(휴대) 959~960				
800MHz	(고정) 930~932	80	25kHz	아날로그/CT+	
900MHz	(휴대) 885~887				
한국	800MHz	864.1~868.1	40	100kHz	CT-2/중지
	1.8GHz (DECT)	1,880~1,897	10	1.7MHz	디지털
	46MHz	(고정) 46.51~46.97	15	30kHz	아날로그
900MHz	(휴대) 49.67~49.99				
		(고정) 959.0125~959.9875	40	25kHz	아날로그
		(휴대) 914.0125~914.9875			

DECT : Digital European Cordless Telephone
 PWT : Personal Wireless Telephone
 PHS : Personal Handyphone System
 WDCT : Worldwide Digital Cordless Telecommunications

III. 후보 주파수 대역

1. 후보 주파수 대역 검토

국내 DCP 도입을 위한 후보 주파수대역 도출하기 위하여, 다음에서 언급한 사항을 중심으로 검토하였다.

- ① 국제적으로 디지털 코드리스 폰용으로 사용되고 있는 주파수 대역 고려
- ② IMT-2000 주파수 등 국제공동 이동통신용 주파수는 제외
- ③ 향후 홈 네트워크 등의 새로운 서비스로의 발전 가능성 고려
- ④ 국내 생산업체 및 수출 가능성 등 산업적 측면 고려

국내 도입을 위한 후보 주파수대역 검토를 위하여, 앞에서 언급한 첫 번째 고려사항인 국제적으로 디지털 코드리스 폰용으로 사용되고 있는 주파수 대역을 고려하였다.

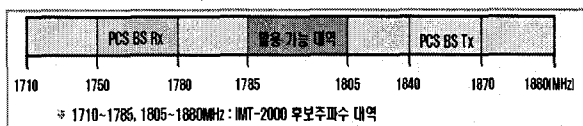
유럽을 중심으로 사용되는 DECT 주파수 1.88GHz~1.90GHz대역은 IMT-2000/TDD 주파수대역으로 우리나라에서는 DCP용으로 사용할 수 없다. 미국의 WDCT에서 사용하는 2.4GHz대역과 5.8GHz대역은 ISM대역으로 소출력 무선기기와의 주파수공용으로 DCP사용이 가능하다. 그러나 이 주파수대역은 Bluetooth, WLAN 등 다양한 소출력 무선기기가 서로 공존하여 사용하는 주파수대역으로 DCP 주파수분배에 따라 간섭에 대한 영향이 증가 할 것으로 예상된다. 또한 국제적으로 각 나라의 DCP주파수대역을 검토할 때, 일정대역의 clean band를 DCP로 분배하였으며, 추가적으로 ISM대역을 공동으로 사용하고 있다.

이러한 국제적인 상황을 고려할 때, 국내에서도 DCP를 위한 clean band의 주파수분배 요구가 산업체를 중심으로 제기되었다. 이러한 요구에 따라 국내 주파수 분배현황을 검토해본 결과, 1.7GHz 대역에서 1,710MHz~1,785MHz, 1,805MHz~1,880MHz가 IMT-2000후보주파수대역으로 지정되어 있으며, 이 주파수 대역의 가운데에 위치하고 있는 1,785MHz~1,805MHz의 20MHz대역이 DCP를 위한 clean band로 사용할 수 있을 것으로 판단되었다.

본 논문에서는 이러한 검토내용을 기초하여 위에서 언급한 후보 주파수 대역(1.7GHz대, 2.4GHz대, 5.8GHz대)에 대한 대역별 비교분석을 통해 국내 환경에 적합한 대역을 도출해 내고자 한다. [그림 1]는 후보 대역별 분배가능 대역을 나타낸 그림이다.

<1.7GHz 대역>

① 1785MHz-1805MHz(20MHz)



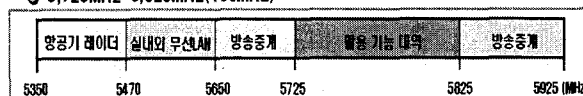
<2.4 GHz 대역>

② 2,400MHz-2483.5MHz(83.5MHz)



<5.8 GHz 대역>

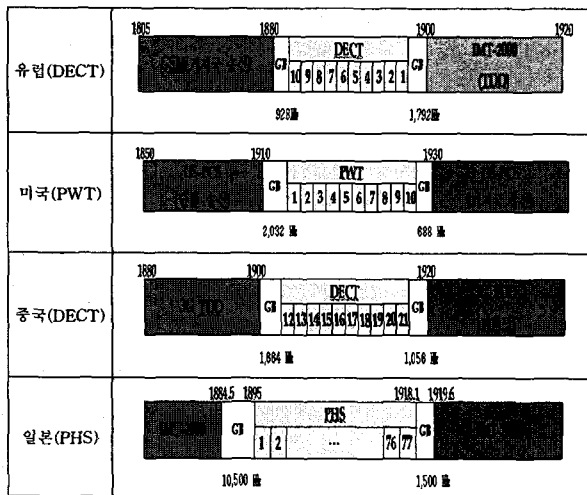
③ 5,725MHz-5,825MHz(100MHz)



▶▶ 그림 1. 후보주파수 대역별 예정 대역

2. Clean-band 대역

최근 산업계의 clean band에 대한 요구가 매우 크게 나타나고 있으며, 주요국에서도 1개 이상의 clean band를 분배하여 사용하고 있다. 각 국가별 자세한 채널 배치는 다음과 같다. 유럽은 1,880~1,900MHz의 20MHz(10채널, 채널간격 1.728MHz)를 DECT용으로 분배하여 다음의 [그림 2]와 같이 채널을 배치하였고, 미국은 1,910~1,930MHz의 20MHz (10채널, 채널간격 1.728 MHz)를 PWT(미국의 DECT)용으로 중국은 1,900~1,920 MHz의 20MHz(10채널, 채널간격 1.728MHz)를 DECT용으로 분배하였으며[4], 일본은 DECT와 다른 방식을 이용하여 1,884.5~1,919.6MHz의 35.1MHz (77채널, 채널간격 300kHz)를 PHS용으로 분배하였다.



▶▶ 그림 2. 주요국의 DCP용 Clean band 채널배치 현황

3. 후보 주파수대역 제안

1.7GHz대역은 clean band로서 DCP가 이 주파수대역을 사용할 경우, 우수한 통화품질을 확보할 수 있으며, 다양한 부가 서비스를 제공할 것으로 예상된다. 또한 국민의 이용편의 증대와 국내 관련 산업 육성을 통한 기술개발 및 시장형성을 통한 이익창출이 가능하다.

2.4GHz 대역은 세계 시장에서 가장 많이 사용되고 있는 대역이며 국내 기업 경쟁력 강화 및 수출 증대 측면에서의 이점을 지닌다. 또한 ISM 대역의 주파수 이용효율 증가를 도모할 수 있으며, 전파전반 특성을 고려할 때 5.8GHz 대역에 비해 넓은 서비스 영역을 확보할 수 있다는 장점을 지닌다.

5.8GHz 대역은 미국을 중심으로 서비스가 진행되고 있으나, 세계 시장에서 활성화되지 못하고 있는 대역이며, 국내 생산업체 또한 없는 상황이다.

따라서, 본 논문에서는 국내 환경에 적합한 DCP용 후보 대역으로 1.7GHz의 clean band 대역과 2.4GHz ISM대역을 도

입 가능한 적합한 대역으로 제안한다.

IV. 1.7GHz대역 간섭 분석 및 채널배치

앞에서 언급한 바와 같이, 현재 디지털 코드리스폰은 1.8GHz 대역의 DECT와 2.4GHz 대역의 WDCT가 대부분의 세계시장을 점유하고 있으며, 국내 코드리스 단말기 제조업체의 해외 수출 경쟁력에 적지 않은 영향을 주고 있다. 따라서, 국내 도입 가능성이 있는 주요방식으로 DECT와 WDCT이 국내 환경에 적합한 시스템으로 생각된다.

새로운 시스템을 개발하여 DCP를 국내에 도입하는 것도 바람직하지만, 시스템의 개발부터 도입까지 4년 이상이 소요되어 많은 개발기간이 소요된다는 단점이 있다. 현재 국내 코드리스 단말기 제조업체는 DECT와 WDCT를 개발하여 국제 경쟁력을 확보하고 있어 조기에 DCP를 국내에 도입할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 이러한 상황을 고려 할 때, 2.4GHz대역은 WDCT시스템으로 1.7GHz대역은 DECT 시스템으로 국내에 도입하는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 국내 도입이 가능한 DECT시스템을 1.7 GHz 대역으로 주파수 분배할 경우, 1.7GHz 대역과 IMT-2000 후보 주파수대역간의 간섭분석을 실시하여, 채널배치와 중심주파수를 제안한다.

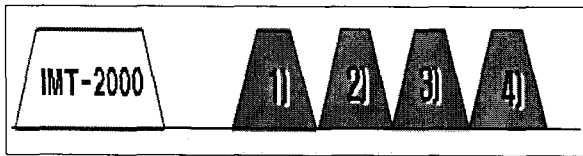
1. 1.7GHz대역 DCP용 주파수 분석

1.1 IMT-2000과의 간섭분석

앞에서 언급한 1.7GHz 대역에서 미사용중인 20MHz (1,785MHz~1,805MHz)은 IMT-2000의 추가 주파수가 확정됨으로써 생겨난 주파수이므로 IMT-2000이 인접한 서비스로 DCP에 간섭을 줄 수 있다. 20MHz를 중심으로 하향 주파수 (1,710MHz~1,785MHz)에서는 IMT-2000 단말기의 송신 주파수로 분배되어 있으며, 상향주파수(1805Mhz~1880MHz)는 기지국의 송신 주파수가 분배되어 있다. 기지국보다 단말기의 출력이 상대적으로 약하기 때문에 DCP의 주파수는 20MHz 내에서 하향 주파수에 배치하는 것이 간섭 면에서 유리할 것으로 예상되어 여기에서는 하향주파수에 대한 간섭분석을 실시한다. 1.7GHz대역의 하향주파수에서 DECT는 고정국과 이동국이 동일 조건을 갖고, TDD (Time Division Duplex)방식을 이용하므로 간섭원과 희생원이 되는 조건은 같다[5]. 다만, 희생원이 될 경우는 DECT의 출력 환경 변화와 무관하다. 그리고 IMT-2000은 이동국 발신 주파수 이므로 간섭원이 될 경우는 이동국 조건을, 희생원일 경우는 고정국 조건을 가진다. 이 경우 채널 배치 환경을 살펴보면 IMT-2000의 이동국이 사용하는 하향대역에서 최외각 중심 주파수는 1782.5MHz가 되며,

채널폭은 5MHz으로 가정하였다. 아직 이 대역에 대한 채널배치가 결정되어 있지 않으므로 최악의 조건으로 중심주파수를 가정하였다. 여기에 적용할 DCP는 DECT시스템을 사용할 예정이므로 DECT의 중심주파수를 이동하면서 DCP와 IMT-2000간의 간섭분석을 실시하였다. 이때 중심주파수는 DECT 시스템에서 발생하는 주파수 신세사이저의 체배주파수로부터 결정되므로 중심주파수는 체배주파수 간격(864 kHz)으로 변화된다.

- 1) DECT의 중심주파수 1785.888 MHz (대역내 첫 번째 체배주파수)
- 2) DECT의 중심주파수 1786.752 MHz (대역내 두 번째 체배주파수)
- 3) DECT의 중심주파수 1787.616 MHz (대역내 세 번째 체배주파수)
- 4) DECT의 중심주파수 1788.480 MHz (대역내 네 번째 체배주파수)



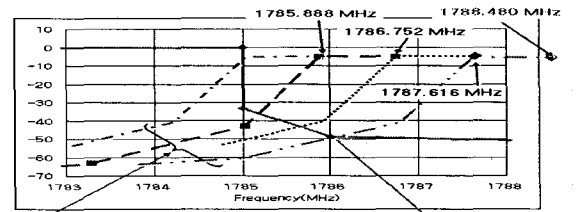
▶▶ 그림 3. IMT-2000과 DCP용 채널 배치

현재 국내 아날로그 코드리스폰의 경우, 비허가무선국으로 사용되고 있으며, 그 출력에 대한 기술기준은 10mW로 제한하고 있다. 그러나 유럽에서 사용하는 DECT의 경우, 출력 이 250mW를 사용하고 있는 상황이다. 앞으로 DCP가 국내에 도입될 경우, 출력에 대한 기술기준이 새롭게 정의 될 것으로 예상되지만, 아직은 기술기준이 마련되지 않은 상황이다. 따라서, 본 논문에서는 인접서비스(IMT-2000)과의 간섭계산을 위하여 DECT의 출력은 2종류로 가정하였다. DECT의 출력은 10 mW/MHz와 250mW/1.728 MHz의 두 가지이며 1.7GHz대역의 하향 주파수대역에서 간섭분석을 하므로

- 1) DECT는 고정국과 이동국이 동일 조건을 갖고, TDD 방식을 이용하므로 간섭원과 희생원이 되는 조건은 같다. 다만, 희생원이 될 경우는 DECT의 출력 환경 변화와 무관하다.
- 2) IMT-2000은 이동국 발신 주파수 이므로 간섭원이 될 경우는 이동국 조건을, 희생원일 경우는 고정국 조건을 가진다.
- 3) IMT-2000 단말기의 실제 대역폭은 3.84 MHz이고, 송신 출력은 21 dBm, 수신기의 sensitivity는 -117 dBm,

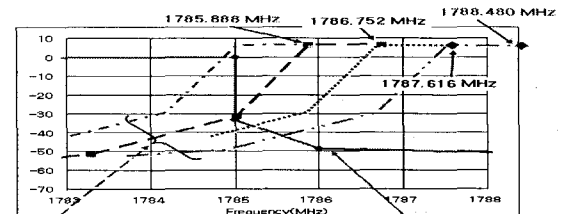
Interference Threshold는 -105 dBm, I/N는 -6 dB이다.
4) DECT의 대역폭은 1.728 MHz이고 송신출력은 10 dBm/MHz 및 24 dBm, sensitivity는 -83 dBm, C/I는 10 dB이다.

이상의 경우와 아래 그림의 스펙트럼 마스크를 이용하여 간섭분석을 실시한다. [그림 4]에 나타내는 스펙트럼마스크는 IMT-2000과 DECT의 스펙트럼마스크를 사용하였다. IMT-2000 단말기의 출력은 21 dBm/3.84 MHz이다[6]. 이것을 30 kHz의 대역폭 전력으로 환산하면 0 dBm / 30 kHz에 해당된다. DECT의 출력은 10 mW/MHz와 250 mW/ 1.728 MHz을 이용하였으며 각각을 대역폭 30 kHz로 환산했을 경우 각각 -5 dBm/30 kHz과 6dBm/30 kHz가 된다.



DECT의 스펙트럼 마스크 (단위 dBm/30kHz) IMT-2000의 스펙트럼 마스크 (단위 dBm/30kHz)

(a) DECT 출력 : 10 mW / MHz

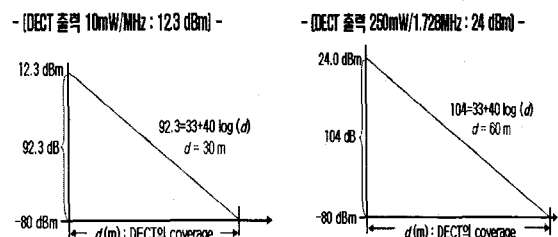


DECT의 스펙트럼 마스크 (단위 dBm/30kHz) IMT-2000의 스펙트럼 마스크 (단위 dBm/30kHz)

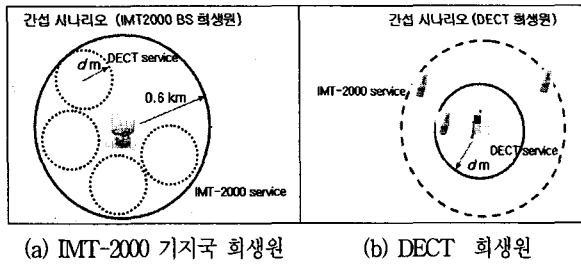
(b) DECT 출력 : 250 mW / 1.728 MHz

▶▶ 그림 4. IMT-2000과 DECT의 스펙트럼 마스크

간섭분석을 위해 DECT의 서비스 영역을 출력 조건에 따라 산출하면 아래의 그림과 같다.



▶▶ 그림 5. DECT의 출력에 따른 서비스 영역



▶▶ 그림 6. IMT-2000 및 DECT가 희생원이 될 경우 간섭 시나리오

몬테카를로 방법으로 간섭분석을 하기 위해 희생원 서비스 영역에서 간섭원의 갯수를 구해야 한다. [그림 6]의 (a)는 DECT가 간섭원이 되는 경우로써 [그림 5]에서 구한 d로부터 간섭원의 면적을 구한 후 이것이 IMT-2000 서비스의 단위면적(km²)내에서 차지하는 갯수를 구함으로써 DECT의 수를 구할 수 있다. [그림 6]의 (b)는 DECT가 희생원이 되는 경우로써 상대적으로 DECT의 서비스 범위가 IMT-2000에 비해서 훨씬 작기 때문에 간섭원의 갯수는 1이하가 된다. 몬테카를로 방식의 간섭분석은 SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 이용하였다.

간섭분석을 위하여 DECT는 가입율 50%를 적용하며, 3 채널 사용 및 최대 12 슬롯(송/수신 각각 6 슬롯) 사용으로 하였고, DECT의 출력에서 10 mW는 MHz당 전력, 250mW는 DECT의 채널당 전력이며, DECT의 서비스 영역을 30m, 60m로 정함으로써 희생원 서비스 영역내에서 간섭원의 수를 산출하였다. <표 2>참조

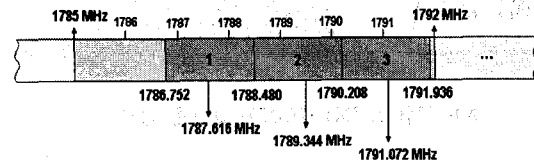
[표 2] 체배 주파수에 의한 IMT-2000과의 간섭분석

첫 번째 체배주파수	DECT 주파수 : 1785.888		IMT-2000 BS 희생원		DECT 희생원	
	DECT 출력	d (m)	간섭원의 수	간섭확률	간섭원의 수	간섭확률
	10mW	30	118	46.7 %	1	0.01 %
	250mW	60	14	18.2 %	1	0.01 %
두 번째 체배주파수	DECT 주파수 : 1786.752		IMT-2000 BS 희생원		DECT 희생원	
	DECT 출력	d (m)	간섭원의 수	간섭확률	간섭원의 수	간섭확률
	10mW	30	118	6.9 %	1	0.01 %
	250mW	60	14	5.9 %	1	0.01 %
세 번째 체배주파수	DECT 주파수 : 1787.616		IMT-2000 BS 희생원		DECT 희생원	
	DECT 출력	d (m)	간섭원의 수	간섭확률	간섭원의 수	간섭확률
	10mW	30	118	0.07 %	1	0 %
	250mW	60	14	2.0 %	1	0 %
네 번째 체배주파수	DECT 주파수 : 1785.888		IMT-2000 BS 희생원		DECT 희생원	
	DECT 출력	d (m)	간섭원의 수	간섭확률	간섭원의 수	간섭확률
	10mW	30	118	0 %	1	0 %
	250mW	60	14	0.56 %	1	0 %

1.2 채널 배치

1.7GHz 대역 DCP와 인접한 IMT-2000 서비스간의 간섭을 고려하여 시뮬레이션을 수행한 결과, 세 번째 체배주파수에 해당되는 1787.616MHz를 첫 번째 채널의 중심주파수로 결정할 경우 IMT-2000과 DCP간의 간섭이 매우 적음을 알 수 있다. 일반적으로 두개의 시스템이 서로 간에 공유할 수 있는 간섭확률은 5%이하로 정하고 있기 때문에, 1787.616 MHz를 시작하는 중심주파수로 주파수를 분배하면 두 시스템간의 간섭이 없는 것으로 판단된다[7]. 두 번째 체배주파수(1786.752 MHz)도 어느 정도 사용이 가능 할 것으로 예상되지만, IMT-2000단말기와 DCP가 매우 가까운 거리에 존재할 수 있을 것으로 예상되어 가능하면 간섭을 주지 않는 세 번째 체배주파수가 타당하다고 생각된다.

이 주파수로부터 DECT의 채널간격인 1.728MHz를 고려하면, 1789.344MHz를 두 번째 채널의 중심주파수, 이로부터 1.728 MHz 떨어진 1791.072MHz를 세 번째 채널의 중심주파수로 할 수 있다. [그림 7]은 IMT-2000과의 간섭을 고려한 DCP의 주파수분배 및 채널 배치에 대한 내용이다.



▶▶ 그림 7. DCP용 주파수 채널 배치

V. 결론

본 논문에서는 2007년도에 도입예정인 DCP의 국내 분배 가능 주파수 대역(1.7GHz, 2.4GHz, 5.8GHz)에 대한 각국의 주파수 사용현황 등을 파악하였다. 또한 분배 후보 주파수대역으로 1.7GHz 대역과 2.4GHz 대역을 제안하였다. 특히 clean band로 사용되는 1.7GHz 대역에 대해서는 인접주파수에 사용 예정인 IMT-2000과의 간섭분석을 실시하여, DCP의 주파수 분배와 채널배치를 제안하였다. 본 연구결과를 기초로 국내 디지털 코드리스폰의 도입에 따른 주파수분배 방안의 확립과 이를 이용한 다양한 통신서비스의 개발과 변화에 능동적으로 대처함은 물론 시장경쟁력 강화 및 내수시장 형성을 통한 국내 기업체 이익 창출이 가능할 것으로 보인다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 정보통신정책연구원, “전파자원의 이용현황과 향후 수요 전망 및 전파지분의 정책방향”, 1998
- [2] 강건환 외, “국내 디지털 코드리스폰 주파수 분배에 관한 연구”, 한국전자과학회, 2006.10
- [3] POSITIONING OF DECT, DECT Forum, February 1997
- [4] ETSI ETR 310: “Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Traffic capacity and spectrum requirements for multi-system and multi-service DECT applications co-existing in a common frequency band”
- [5] ETSI TR 101 178: “Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); A High Level Guide to the DECT Standardization”
- [6] “Limitation of Radiation from Industrial, Scientific and Medical (ISM) Equipment”, Recommendation ITU-R SM.1056, 1994
- [7] 전파연구소, “전기통신사업용 무선설비의 기술기준”, 전파연구소고시 제2005-64호, 2005. 7. 26.