

전파간섭이 존재하는 셀룰러 시스템에서의 CB 기법의 성능 평가

이성수* · 김종호* · 박상준** · 강영홍** · 이정식**

*한국전자통신연구원 **군산대학교 전자정보공학부

Estimation on the Performance of CB Scheme in Cellular System with Radio Interference

Sung-Soo Lee* · Jong-Ho Kim* · Sang-Jun Park** · Young-Heung Kang** · Jung-Sik Lee**

*ETRI

**Kunsan National University

E-mail : sjpak@kunsan.ac.kr

요 약

본 연구에서는 덕팅에 의한 인접국가간의 간섭문제 대처방안의 하나로서 CB(Channel Borrowing) 채널할당을 평가하여 FCA(Fixed Channel Assignment)와 비교 검토하였다. 이를 위해 기존의 덕팅간섭 측정 결과로부터 덕팅간섭의 수신레벨을 시간율에 의한 정규분포로 가정할 때 일정 수신레벨 이상의 간섭은 호로 간주될 수 있다. 이 덕팅간섭에 의한 호의 증가는 셀룰러 시스템에서 CB에 의한 셀간의 채널 공유를 통해 효과적으로 대처하여 주파수 자원의 효율적 이용을 도모할 수 있다.

한편, 본 연구의 결과는 시뮬레이션을 간단히 하기 위해 셀룰러 구조의 주파수 재사용 및 채널간의 간섭을 고려하지 않았으므로 향후 이에 대한 연구가 요구된다.

ABSTRACT

In this paper, we have estimated by means of the theoretical analysis and the simulation of FCA(Fixed Channel Assignment) and CB(Channel Borrowing) in order to consider the CB as a technique to meet ducting interference from adjacent countries. Also, we assumed that the receiving power level of ducting interference with time rate can be characterized by the normal distribution due to the previous measured results, and the ducting interferences which are exceeding the reference power level can be regarded as calls. These calls can be processed by CB assignment and by which sharing channels between cells brings to us the method of meeting the ducting interference to use spectrum resources effectively.

However, the spectrum frequency reusing and the interference effects between channels should be considered in CB simulation in the future.

키워드

셀룰러, 전파간섭, 채널할당, 덕팅

1. 서 론

1994년 4월 남해안 지역에서 상용서비스 되고 있는 한국 TRS(주)의 주파수 공용통신망에 통화 중 간섭이 발생하거나 통화가 중단되는 등의 문제가 발생하였다

[1],[2]. 이에 1996년 5월과 8월 2차에 일본의 후코오카 야마구치 등의 해안에서 발사하는 이동전화 신호의 덕팅(ducting) 전파에 의해 부산, 울산, 마산, 대구, 여수 등 남해안 지역에 있는 한국 TRS(주)의 TRS중계소에 간섭을 발생시킨다는 점이 간섭원인으로 분석되었다

[1],[3].

또한, 2000년 ~ 2001년 2년간에 걸친 서해안 지역의 간섭측정 결과 2000년 59파에 비해 2001년 172파가 중국으로부터 유입되고 있는 측정결과를 내놓고 있을 정도로 중국의 전파혼신이 국내 서해안의 경찰망 및 항무통신망에 혼신을 야기하고 있다[1],[4].

이와 같이 인접국가간의 간섭문제는 일본뿐만 아니라 중국 등 이동통신이 활성화되면서 여러 주파수 대역에서 발생할 가능성이 커지고 있어 서비스간의 간섭문제가 계속 대두될 것으로 전망되고 있다.

이에 덕팅에 의한 인접국가간의 간섭문제에 대한 근본적인 대책마련이 시급한 실정이며, 한 예로서 1999년 안테나 틸트 조정에 의한 간섭경감효과 분석이 한일간 공동으로 이루어졌다. 분석결과 수신안테나보다 송신안테나의 틸트 효과가 더 크게 나타났으며, 틸트각이 7°인 경우 덕팅에 의한 간섭을 현저히 줄일 수 있으나 서비스 반경이 너무 좁아져서 현실성이 없으며, 틸트각을 3°로 낮추는 경우는 그 간섭 경감 효과가 너무 미미하다는 점을 들 수 있다[5].

한편, 이전부터 이동통신 시스템에서는 부족한 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위해 주파수 재사용이 필연적으로 도입되어 왔지만, 전파환경이나 타 통신시스템에 의한 간섭에 의해 무선 스펙트럼의 재사용에 제한이 되고 있다. 이러한 간섭은 효율적인 무선통신 설비의 배치와 채널할당 기법 등을 사용하여 줄일 수가 있다. 채널할당 기법은 크게 FCA(Fixed Channel Assignment)와 DCA(Dynamic Channel Assignment)로 나뉘어지는데, DCA기법은 FCA보다 채널을 더 효율적으로 사용할 수 있어 주어진 트래픽에서 시간과 공간적 변화에 그다지 민감하지 않고 각 셀에서 거의 안정적인 성능을 수행할 수 있다[6].

본 논문에서는 덕팅간섭을 효율적으로 대처하기 위한 한 방안으로서 간섭이 존재하는 셀룰러 시스템에 DCA 채널할당 기법을 이용하여 주파수 자원의 효율적 이용을 도모하고자 한다. 이를 위해 덕팅간섭의 유입형태를 정규분포로 모델링하여 FCA와 DCA 기법에 대한 이론적 해석 및 시뮬레이션 성능평가를 행해 DCA에 의한 덕팅간섭 경감 효과를 분석한다.

II. 본 론

통계적으로 모델링된 덕팅채널을 통한 간섭량의 시간율 특성을 1999년 한국전자통신원에서 수행한 한국과 일본간 안테나 틸트실험의 결과의 한 예를 그림 1에 보인다[4].

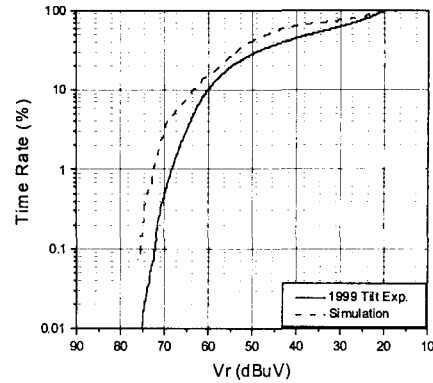


그림 1. 안테나 틸트실험과 포함시뮬레이션 결과와의 비교

그림 1로부터 틸트실험시 수신신호의 잡음레벨이 약 10~20 dBμV임을 감안하여 20 dBμV이상의 수신전압에 대해 시간율 특성을 분석해 보면, 10%, 1%, 0.1%의 시간율에 있어 수신전압은 각각 60.225, 68.475, 72.375 dBμV로 나타나고 있다. 이를 좀더 분석해 보면 대부분 낮은 레벨에 집중되어 있으며, 통신에 장애를 일으키는 높은 수신레벨은 시간율 분포가 아주 작아 그림 2와 같은 정규분포(normal distribution)로 모델화 될 수 있다.

$$\frac{P(x)}{P_D} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (x > 0)$$

여기서 PD는 수신최고레벨로서 그림 1을 참고로 80 dBμV로 가정하였다.

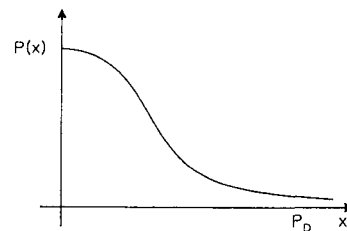


그림 2. 덕팅간섭 수신 분포모델

III. 채널할당

1. FCA

고정채널할당(FCA)을 이용하는 시스템은 전화에서 사용되던 전통적인 트래픽 모델을 이용하여 해석하는 것이 바람직하다. 만일 단말의 이동이 더욱 제한적이면 각 셀에서의 호 처리(call handling)는 독립 M/M/η (Erlangian) 블로킹(blocking) 시스템으로 모델화 될

수 있다. 여기서 η 는 셀당 채널수이다. 이러한 형태의 큐잉(queueing) 시스템은 poisson 분포에 따르는 호 도착률로 특정 지워지고 도착 호들은 차례대로 처리된다. 만일 모든 채널이 사용 중이면(busy 상태) 호들은 차단 폐기된다. 이때 전형적 성능측정은 블로킹 확률(blocking probability)로 주어지며 그 표현식은 Erlang-B 공식으로 다음과 같다[7].

$$E(\rho) = \frac{\rho^\eta}{\eta!} \sum_{k=0}^{\eta} \frac{\rho^k}{k!}$$

여기서 ρ 는 트래픽 부하(traffic load)로서 $\rho = \lambda/\mu$ (λ : 호 도착률, μ 호 서비스 지속시간)이다.

2. CB

CB(Channel Borrowing)에 대한 이전의 많은 연구들은 셀 내의 특정 가능한 채널수가 셀간의 채널자원 공유에 의해 시간에 따라 변하므로 주로 컴퓨터 시뮬레이션에 근거하고 있다. 본 연구에서는 CB의 가장 일반적인 형태로서 간단히 하기 위해 그림 3의 각 셀에 Poisson 분포에 따라 셀당 Erlangs이 선택되어 호 도착 및 서비스 종료에 대한 이산적 사건을 발생시킨다. 각 셀에 호가 도착되면 비어 있는 채널에 할당된 후 나머지 빈 채널들은 환풀(pool)에 저장되어 참조셀 내의 채널할당을 위해 공유된 후 서비스가 종료되면 다시 자신의 셀로 되돌려 지게 된다. 이때 만일 기본셀 내에 도착된 호들이 참조셀 내의 빈 채널 및 풀에 있는 공유채널로 모두 사용 중이면 폐기 차단된다.

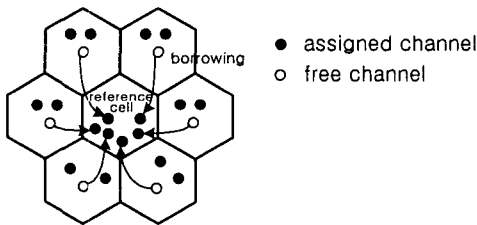


그림 3. 셀구조 시뮬레이션 모델

한편, Poisson 분포에 의한 호 도착 발생은 다음식에 의한다.

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$$

여기서, t 는 시간구간, n 은 t 시간 구간내의 총 도

착 호의 수, λ 는 총 평균 도착률(calls/sec)이다. 또한, 본 시뮬레이션에서 호의 서비스 시간은 지수분포에 의해 처리되는 것으로 가정하며 사용된 파라메타들의 값은 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션에 사용된 파라메타 값

파라메타	심볼	값
셀의 수	n	7
채널의 수	η	20~80
셀당 도착률(호/시간)	λ	Poisson 분포
호 처리시간	μ	3분
전체 도착률	A	100,000

IV. 덕팅간섭이 존재할 때의 채널할당

1. FCA

덕팅에 의한 간섭은 수면 위 또는 해안지역에서 높이에 따른 굴절률의 급격한 변화로 인해 형성된 표면 덕팅을 통해 전파경로가 형성됨으로써 장거리 비가시 경로에서도 자유공간을 전파한 신호레벨과 같거나 더 큰 신호가 수신되는 현상이다[5]. 따라서 덕팅간섭은 거리에는 상관없이 수신신호레벨 이상의 간섭은 새로운 호로서 간주되어 빈 채널을 점유하게 된다.

이에 덕팅간섭이 존재하게 되면 식(2)의 트래픽 부하 ρ 는 다음 같이 수정 보완되어야 한다.

$$\rho_T = \rho(1 + ba)$$

여기서 $b = (\lambda_D / \lambda_C)$ 는 셀당 도착률과 덕팅간섭의 도착률의 비이며, a 는 그림 1로 주어지는 덕팅간섭의 통계적 분포에 의한 수신레벨의 분포 값으로 식(1)을 이용하여 호로서 판단되는 레벨 γ 를 고려하면 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$a = \int_{\gamma/P_D}^{\infty} \frac{1}{2\pi\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma}} dx (x > 0) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\gamma}{\sigma P_D}\right)$$

2. CB

덕팅간섭의 시간율에 따른 수신레벨의 분포는 잡음 레벨(0~20 dBμV)에 집중되어 있으며, 고레벨로 갈수록 그 발생빈도가 매우 희박하다는 사실로부터 시뮬레이션을 위해 0~80 dBμV의 정규분포로 모델화하여 CB의 성능분석을 행하였다. 이때 사용된 셀의 구조는 그

림 3과 동일하며 참조셀 내의 호 도착률 λ_C 와의 비로써 λ_D 가 발생되어 이중 간섭레벨 γ 이상이 되는 간섭만 새로운 호로 간주된다. 발생된 호들은 참조셀 내의 빈 채널과 이웃 셀로부터의 공유채널에 할당되며 할당되지 못한 호들은 폐기된다.

V. 계산결과

덕팅간섭이 존재하지 않을 때의 블로킹 확률 계산 결과는 그림 4 ~ 그림 5에 보이는데, 그림 4는 셀당 채널수 η 를 각각 5, 20, 80채널로 했을 때 ρ/η 에 따른 블로킹 확률을 이론해석 및 시뮬레이션 결과를 보이며, 그림 5는 η 가 50채널일 때 ρ/η 에 따른 FCA 및 CB의 블로킹 확률에 대한 이론적 해석 및 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

덕팅간섭이 존재할 때의 블로킹 확률 계산결과는 그림 6 ~ 그림 8에 나타내었는데, 그림 6은 셀당 채널수 η 를 각각 50, 호 도착률 λ_C 와 덕팅간섭 발생률 λ_D 의 비 λ_D/λ_C 덕팅간섭 레벨비 γ/P_D (여기서 γ 는 수신레벨, $P_D=80\text{ dB}\mu\text{V}$)를 각각 0.2, 0.5로 했을 때의 FCA 블로킹 확률의 열화현상을 보이며, 그림 7은 수신레벨의 $\gamma/P_D=0.5$ 로 고정하고 도착률비 λ_D/λ_C 를 각각 1, 2로 했을 때의 FCA 블로킹 확률의 열화현상을 나타낸다. 또한, 그림 8은 덕팅간섭이 존재하는 경우 $\gamma/P_D=0.5$, $\gamma/P_D=1$ 및 2일 때 CB에 의한 블로킹 확률 개선 효과를 보인다.

그림 4로부터 알 수 있듯이 채널 수가 많을수록 채널당 실패율을 감소시킬 수가 있는데, 예를 들어 블로킹 확률을 10-2(즉, 1%)로 가정하면 셀당 5, 20, 80채널로 증가함에 따라 호 처리율은 1.3($\rho/\eta=0.26$), 11.8($\rho/\eta=0.59$), 66.4($\rho/\eta=0.83$)로 증가하게 되어 더욱더 효율적인 주파수 자원관리를 가져올 수 있다. 또한, 이론적인 해석의 타당성을 입증하기 위해 시뮬레이션 결과와 비교하였으며, 셀당 채널수가 많을수록 더욱 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

그림 5는 CB의 블로킹 개선효과를 FCA 블로킹 확률과 비교한 것으로 낮은 트래픽 부하에서는 CB의 효율적 주파수 자원관리를 가져올 수 있으나 트래픽 부하가 어느 정도 증가하면 오히려 FCA에 의한 자원할당이 더욱 안정적으로 나타나고 있다. 이는 셀당 채널수가 50채널일 때 상대 트래픽 부하 $\rho/\eta=1.1$ 에서 반전이 일어나고 있으며, 이때 약 10-1 (10%)의 블로킹 확률을 갖는다. 한편, 10-2의 블로킹 확률을 가정할 때

FCA의 38($\rho/\eta=0.76$)에 비해 CB는 50($\rho/\eta=1.0$)호의 처리율을 가져올 수 있어 CB 기법이 주파수 자원관리에 좀더 효율적이라 할 수 있다.

그림 6는 덕팅간섭이 있을 때와 없을 때의 블로킹 확률의 열화를 보여주는 결과로 덕팅간섭의 발생률 λ_D 를 셀당 호 도착률 λ_C 와 같을 때(즉, $\lambda_D/\lambda_C=1$), 덕팅간섭의 수신레벨 기준을 $\gamma/P_D=0.5$, 0.2로 낮춤에 따라, $\rho/\eta=0.6$ 에서 2.2×10^{-4} 의 블로킹 확률이 각각 7.9×10^{-3} , 2.8×10^{-2} 으로 낮아지고 있다. 뿐만 아니라 그림 7에 보인 바와 같이 $\gamma/P_D=0.5$ 로 고정하고 덕팅의 도착률을 λ_C 의 1배 및 2배로 하였을 때 $\rho/\eta=0.6$ 에서 블로킹 확률이 각각 7.9×10^{-3} , 4.9×10^{-2} 으로 낮아져, 덕팅현상이 강하고 빈번하게 들어올 때, 즉 여름철 6~9월 사이에 그만큼 국내 이동통신 서비스 중단 사례가 빈번해질 수 있다는 점을 암시하고 있다. 이에 본 연구에서는 이의 대처 방안의 한 연구로서 CB에 의한 호 처리율 개선을 평가하여 그 결과를 그림 8에 보인다. 이 결과로부터 10-2의 블로킹 확률을 기준으로 $\lambda_D/\lambda_C=1$ 인 FCA의 30의 호 처리에서 CB에 의해 44.5의 호 처리로 약 50%의 증가를 가져오며, 마찬가지로 $\lambda_D/\lambda_C=2$ 일 때 FCA가 25.5의 호 처리에서 CB에 의해 35의 호 처리로 약 37%의 증가를 가져와 주파수 자원의 유효이용을 꾀할 수 있다.

VI. 결 론

본 연구는 이동통신 셀룰러 시스템에서 덕팅간섭이 존재할 때의 주파수 자원의 유효이용 및 이를 통한 간섭의 대처방안을 마련하는데 있어 기존에 연구되어온 CB의 효과를 검증하는데 있다.

이를 위해 FCA의 이론적 분석을 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 확인한 후 CB에 대한 시뮬레이션을 수행하여 그 개선효과를 평가하였다. 트래픽 부하가 작은 경우에는 CB에 의한 개선효과가 크게 얻어지나 트래픽 부하가 어느 정도 커지면 FCA가 오히려 안정적이다. 이전의 덕팅간섭에 대한 측정결과[4],[5]로부터 여름 6월~9월 사이에 덕팅간섭이 집중되어 강하게 나타나므로 이때는 그만큼 주파수 자원의 효율적 관리가 필요한 시점이다. 따라서 본 연구에서 수행된 평가 결과에서 알 수 있듯이 어느 정도 덕팅간섭이 강하고 빈번하게 발생하더라도 CB에 의해 좀더 효율적인 주파수 자원 이용을 가져와 이전의 안테나 틸트 조정에 의한 서비스 에리어 감소현상을 극복하고 소프트웨어적인 개선에 의해 쉽게 수행될 수 있다.

한편 본 연구에서는 해석을 쉽게 하기 위해 이동통신 셀룰러의 주파수 재사용 및 채널간의 주파수 간섭을 고려하지 않았으므로 향후 이에 대한 연구를 지속·보완함으로써 좀더 효율적인 주파수 자원관리 데이터로 활용될 수 있도록 해야 할 것이다.

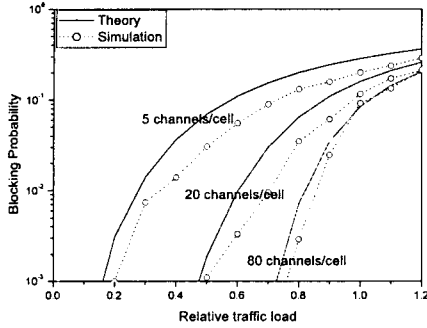


그림 4. 셀당 채널수에 따른 FCA 블로킹 확률

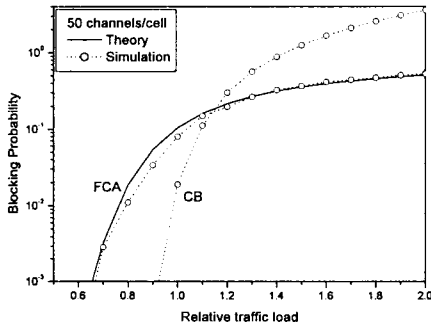


그림 5. FCA와 CB의 블로킹 확률 비교

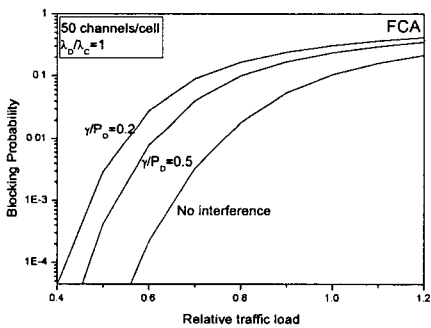


그림 6. 덕팅간섭 레벨비 γ/P_D 에 따른 FCA 블로킹 확률

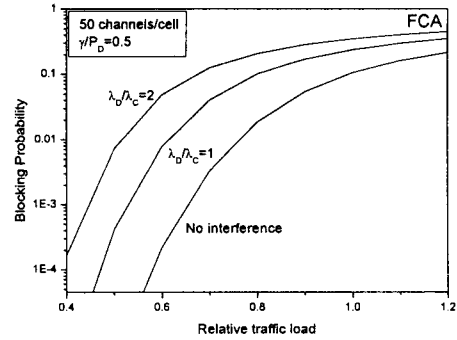


그림 7. 호 도착률 비 λ_D/λ_C 에 따른 FCA 블로킹 확률

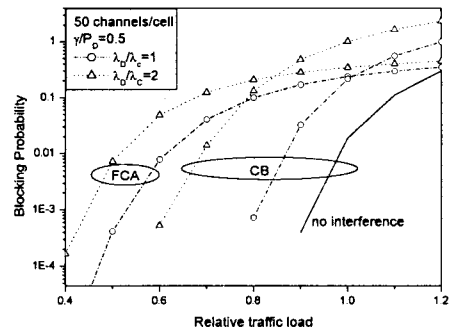


그림 8. 덕팅간섭하의 블로킹 확률의 CB 개선효과

참고문헌

- [1] 강영홍, 백정기, 이성수, 이형수, "중국으로부터의 전파간섭 측정 및 분석에 관한 연구", 한국전자파학회논문지 제 12권 제 5호, pp.740~746, 2001년 8월
- [2] 한국 TRS(주), 남해안 지역 일본 전파 간섭 대책, 1997년 6월.
- [3] 이형수, 박윤현, 김창곤, 박한규, "한국과 일본간의 800MHz 대역의 전파간섭 분석", 한국통신학회논문지, 제 23권 제 8호, pp. 1952~1962, 1998년 8월.
- [4] 한국전자통신연구원, "인접국가간 전파혼신 대책 연구", 최종연구보고서, 2001년 12월.
- [5] 한국전자통신연구원, "인접국가간 간섭사례 분석 및 대책 연구", 최종연구보고서, 1999년 11월
- [6] E. Katzela and M. Naghshineh, "Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems : A comprehension survey", IEEE Personal Commun., pp.10~31, June1996.
- [7] J.Zander and S.L.Kim, Radio Resource Management for Wireless Networks, Artech House, 2001.