Ad Hoc Networking을 지원하는 cdma2000 System에 관한 연구

심 강석[U] 박 용진
한양대학교 전자통신전파공학과 네트워크 컴퓨팅 연구실
{kssim, park}@hyuee.hyu.ac.kr

A Study on the cdma2000 System Supporting Ad Hoc Networking

Kang-Suk Sim[U] Young-Jin Park
Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University

요 약

본 논문은 기존의 cdma2000 망에 MS로만 자체 통신망을 구성하는 Ad Hoc Networking을 지원하게 함으로써 기존의 cdma2000 망에서의 문제점인 통신환경이 열악한 지역에서의 양질의 통신을 가능하게 해주고, cdma2000 망의 최소한의 제어로 Ad Hoc Networking을 구성함으로써 MS Conferencing, Home Networking 등의 통신환경을 지원해줄 수 있는 등의 통신질의 향상을 가져오는 방안을 제시한다.

1. 서 론

이동통신 기술은 급격히 증가하는 사용자에 의해 안정된 호처리, 향상된 통화품질, 다양한 서비스 제공 등을 목표로 매우 빠른 속도로 발전하고 있다. 하지만 이동통신에서의 통신환경은 여러 기지국에서 발사되는 신호의 세기에 따라 어느 한 장소에서는 무수히 많은 전파가 수신되며 어느 곳에선 여러 변수들에 의하여 원활한 통신이 안 되는 곳이 발생한다. 본 논문에서는 다양하게 존재하는 변수들에 의해 발생하는 원활한 통신을 방해하는 환경으로부터 MS 자체가 주변의 BTS(Base Transceiver Station)로부터 수신되는 Pilot Strength의 크기와 frame 오류발생률에 따라 자신의 상태를 예측하고 보다 원활한 통신을 할 수 있도록 자신의 주변에 있는 MS와 Ad Hoc Networking을 구성하여 보다 안정적으로 BTS와의 통신을 가능하게 하는 메카니즘을 설명한다.

2. Ad Hoc Networking 지원 필요성

무선망 설계 시 특정 지역을 기지국(BTS)으로 커버할 것인가 또는 중계기로 커버할 것인가를 결정하는 일은 무선망의 품질과 투자의 경제성을 비교, 분석하여 신중히 결정해야 하는 중요한 설계 결정 요소이다. 전계 강도가 부족하여 발생하는 부분적인 음영 지역을 커버하기 위해서는 BTS 신호를 재증폭하여 주는 중계기를 설치하는 것이 이동 통신 무선망의 일반적인 설계 방법이다. 하지만 음영지역을 정확히 예측하기는 어려우며 이런 지역에 있는 MS는 원활한 통신이 불가능하다. 그리고 아무리 무선망 설계를 잘 한다고 해도 CDMA 특성상 기지국이 밀집된 도심의 고층 빌딩 상층부는 통신 상태가 취약하게 된다. 이러한 문제점은 전파의 세기와 전파의 질로써 설명할 수 있다. 고층 빌딩 상층부의 경우, 위치상 주변의 많은 기지국 안테나로부터 노출되어 있으므로 많은 기지국으로부터 신호가 충분한 세기로 도달하여 실질적인 전파의 세기는 -60~-70dBm 정도로 매우 크게 된다. 그러나, 너무 많은 기지국으로부터의 신호가 도달하여 이동국 rake 수신기가 동시에 복조할 수 있는 신호 3개 이외의 신호는 잡음으로 작용하여 실질적인 전파의 질은 급격히 감소하게 되어 통신 불량이 발생하게 된다. 그밖에 여러 가지 원인으로 인하여 통신 상태가 취약한 지역이 산재하게 된다. 이런 통신 상태가 취약한 지역에서의 보다 원활한 통신을 가능하게 하기 위해서 통신 상태가 취약한 지역의 MS는 통신환경이 양호한 지역의 MS를 통하여 BTS로 연결하는 부분적인 Ad Hoc Networking이 필요하다. 그리고 이런 Ad Hoc Networking 메카니즘이 구현되면 MS만의 자체 구성 망도 형성할 수 있다.

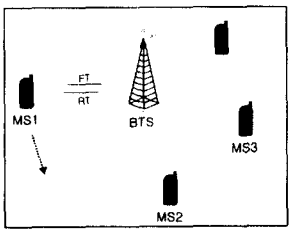
3. Incomplete Ad Hoc Networking

기존의 CDMA방식에서 MS는 통신 중에 타이머를 이용하여 지속적으로 채널의 상태를 검사하여 통신 중단여부를 결정한다. 이때의 기준은 양호한 프레임이 두개가 연속될 경우 타이머를 동작시켜서 5초 동안 프레임 오류가 있는 경우 통신을 종료하고 초기화 과정부터 다시 시작한다. 또한 이와는 보완적으로 MS는 연속된 12개의 오류가 발생한 프레임이 있으면 송신을 중단하고 양호한 프레임이 2개 있으면 다시 송신을 시작한다. 이것은 음질이 나쁠 경우 전화를 끊어버리는 역할을 하며 전파환경이 개선되었을 경우 다시 통화를 시작하게 된다.

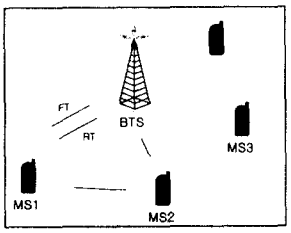
TC(Traffic Channel)의 감시(연결상태가 좋지 않을 경우 끊어버리는 것)는 통신품질에 많은 영향을 준다. 따라서 양질의 품질을 유지하기 위해서는 통신상태에서 최적의 파라미터를 설정해야 한다. 또한 일부 MS는 Call Drop을 줄이기 위하여 통화상태를 오래 유지하도록 Bad Frame과 Timer를 조정하여 사용하기도 한다. 본 논문에서는 이런 통화 상태가 나빠져서 Call Drop이 일어나기 전에 주변의 MS와의 TC을 확보함으로써, MS는 두 개의 경로로부터 전송되는, 즉, 기존의 BTS와의 직접적인 하향

링크와 주변 MS를 거쳐서 BTS와 연결되는 하향 링크를 모두 수신하고, 그 중 더 좋은 품질의 프레임을 선택한다.[1] 상향 링크도 마찬가지로 두 개의 경로로 수신된 프레임 중 더 좋은 품질의 프레임을 BTS는 수신한다. 2개 이상의 경로로 BTS와 MS가 통신할 수 있는 이러한 조건을 Incomplete Ad Hoc Networking 조건이라 하고, BTS와의 직접적인 하향링크, 상향링크가 정상적으로 동작할 때까지 계속된다. 최대로 3개까지의 경로가 Incomplete Ad Hoc Networking 조건 내에 포함될 수 있다.

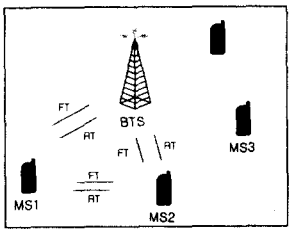
3.1. Incomplete Ad Hoc Networking Scenario



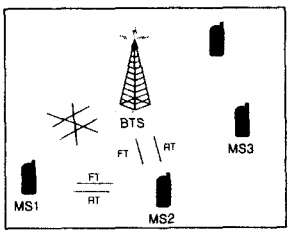
[그림 1]



[그림 2]



[그림3]



[그림 4]

[그림 1]에서 MS1은 FT(Forward Traffic Channel)와 RT(Reverse Traffic Channel)을 통해 해당 BTS를 통해 통화를 수행하고 있다. [그림 2]는 MS1이 통화 음영 지역으로 이동하면서 통화채널을 잃어버리기 쉬운 상황이라 가정한다. 즉, MS가 이동하면서 위에서 언급한데로 MS는 통화 중에 타이머를 이용하여 지속적으로 채널의 상태를 검사하다가 양호한 프레임이 두개가 연속될 경우 타이머를 동작시켜서 5초 동안 프레임 오류가 있는 경우, 또는 이와는 보완적으로 단말기는 연속된 12개의 오류가 발생한 프레임이 있으면 Imcomplete Ad Hoc Networking을 수행할 것을 결정하고 요청 메시지인 Incomplete Ad Hoc Networking Request Message를 RT를 통해 BTS에 전송한다. 이를 수신한 BSC는 해당 BTS의 셀 안의 MS중 수신상태, MS의 분포상황, MS 전원 여분량 등을 고려해 Incomplete Ad Hoc Networking을 수행할 MS2를 선정한다. MS2가 선정된 후 BTS는 MS2와 통화채널을 만들기 위한 Signaling 신호를 MS2와 교환한다. 교환되는 주된 정보는 MS1이 사용중인 Traffic Channel Walsh Code, PN offset, Long PN Code, FA(Frequency Assignment), 전력제어정보 등이다[2]. 즉, BTS는 MS2로 Paging Channel을 통해 General Page Message을 전송하면서 MS2와의 연결을 시작한다.[3] MS2가 RT를 통해 Mobile Station Acknowledgement Message를 전송함으로써, BTS와 MS2가 TC를 완전히 설정했을 때 MS2는 해당 BTS의 BSC(Base Station Controller)로부터 받은 MS1이 사용하던 통신 채널과 동일한 BTS내의 채널들을 구분하기 위한 Walsh코드와 PN offset, PA로 즉, MS1의 FT Channel로 Null Traffic Channel Data를 전송해서 MS1과 MS2간의 FT의 동기를 맞추고, 이를 수신한 MS1은 기존의 Long PN Code를 이용해 Preamble Signal를 MS2로 전송해 초기동기를 맞춘 후, Null Traffic Channel Data를 전송해 RT의 동기를 유지함으로써 MS1과 MS2간의 Traffic Channel을 형성한다. MS1과 MS2간의 TCl 형성과정에서 MS1은 아직 BTS와의 해당 Walsh코드와 PN offset, PA로 TC를 감시하므로 이 Null Traffic Channel Data를 수신한 경우, 자신이 사용 중이던 Long PN code를 이용해 MS2에 Preamble Signal을 전송할 수 있게 된다. MS2는 Preamble을 수신한 후 MS1로 Ad Hoc Networking 접속 요청 메시지를 전송하고, 이를 수신한 MS1은 이에 대한 응답 메시지를 전송함으로 해서 MS2와의 TC를 형성한다. [그림 3]에서 MS1은 기존의 BTS와 직접 연결 경로와 MS2를 경유해서 BTS에 연결되는 2가지 경로를 이용해 통신을 수행한다. 즉, 두 경로로 통화 프레임을 수신하고, 둘 중 더 좋은 품질의 음성 프레임을 선택한다. 상향 링크도 마찬가지로 두 개의 경로로 수신된 프레임 중 더 좋은 품질의 음성을 BTS는 수신한다. [그림 4]에서 기존의 BTS와 직접 연결되는 TC 경로를 잃어버린 경우, MS2를 경유하는 TC를 이용해 통화를 계속 수행한다. 이런 Incomplete Ad Hoc Networking은 BTS와의 TC가 재형성되고 양질의 통신을 수행할 수 있을 때까지 지속된다. Incomplete Ad Hoc Networking을 수행 중 다음과 같은 경우를 고려해야 한다.

- MS2와 BTS와의 TC가 부적합하다고 판단된 경우, MS2는 이를 BTS에 통보하고, 이를 수신한 BTS는 MS1과 셀 안의 다른 MS와의 Incomplete Ad Hoc Networking을 수행해야 한다.
- MS1와 MS2간의 TC가 통신에 부적합하다고 판단된 경우, MS는 이를 BTS에 통보한다. BTS는 MS1과 셀 안의 다른 MS와의 Incomplete Ad Hoc Networking을 수행한다.
- Incomplete Ad Hoc Networking 중 MS2가 다른 셀로 이동하는 경우, 모든 MS는 항시 자기 주변에 있는 BTS로의 접근을 파악해야 하기 때문에 주변 BTS의 파일롯 신호 세기(E_C/I_O)를 계속적으로 검색해야 한다. 이런 과정을 Pilot Searching이라고 하며 통화 여부에 상관없이 MS전원이 살아 있는 한 계속적으로 수행하고 있다. 따라서 MS가 인접 셀의 파일롯 신호 세기(E_C/I_O)가 Threshold Value이상일 때 Handfoff를 수행하게 되는데 다음의 두 경우를 생각할 수 있다. 첫 번째, MS2가 같은 BSC에 의해 통제 받는 인접 BTS 셀로 이동하면서 수행되는 Softer Handoff의 경우(Intra-BSC Soft Handoff)와 인접 셀의 파일롯 신호가 MS2의 Active Set에 포함되는 상황(Soft Handoff)까지는 아직 해당 셀의 BTS와의 TC가 유지되므로 MS1의 TC는 유지된다. 하지만 MS2가 해당 셀의 밖으로 더욱 이동하면서 MS2의 Active Set에서 MS1이 속해있는 셀이 Drop되는 상황이 되면 해당 BSC는 MS1의 통화를 유지해 줄 다른 MS와의 새로운 경로를 설정해 줄 필요가 있다. MS2가 Soft Handoff Add Threshold(Tadd)를 초과하는 파일롯 신호 세기를 검출하면 해당 BSC에 PSMM(Pilot Strength Measurement Message)을 보냄을 시작으로 인접 셀을 Active Set에 Add하는

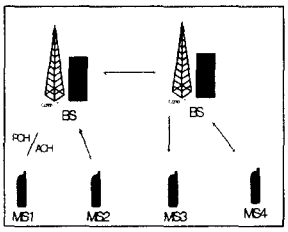
과정을 수행한다. 하지만 이 과정까지는 아직 해당 셀의 BTS와 통화채널이 유지되는 상황이다. 하지만 MS1이 속해있는 셀의 BTS의 파일롯 신호 세기가 Soft Handoff Drop Threshold(Tdrop)이하로 검출된 후 작동한 Soft Handoff Drop Timer(TTdrop)가 만료되면 MS2는 PSMM을 보냄으로 시작해서 해당 셀의 drop과정을 수행하게 된다. 따라서 BSC가 해당 셀의 drop을 Triggering할 PSMM을 받았을 때 BSC는 해당 BTS 안에 속해있는 다른 MS를 지정하고 MS1과의 Incomplete Ad Hoc Networking을 수행함으로 또 다른 경로의 TC를 형성한다. MS1의 통신 경로를 확보한 후, MS2에게 Extended Handoff Direction message을 보내서 해당 셀의 Drop과정을 수행하도록 명령한다.

두 번째, MS2가 Intra-MSC Inter-BSC Hard Handoff나 Inter-MSC Inter-BSC Hard Handoff를 수행하는 경우에는 Handoff Execution이 일어나면 바로 해당 셀과의 TC가 끊어지므로 그전에 Source BSC는 MS1의 통신을 유지해 줄 다른 MS와의 새로운 경로를 설정해 줄 필요가 있다.] 즉, MS2와 Source BSC와의 Round trip delay measurement나 Pilot beacon을 이용하는 방법 등을 통한 Handoff Triggering이 발생하면 Source BSC는 MSC로 Handoff Required Message를 보내고 이에 대한 응답인 Handoff Command Massage를 받게될 시점에는 MS2가 이동하는 Target BSC와 MSC와의 Terrestrial resource가 할당된다.[4][5] 그리고 해당 BSC가 MS2로 Handoff Direction Message를 보내고 MS2의 응답을 받으면 바로 MS2와 Source BSC간의 Traffic Channel이 잃어버리므로 Handoff Direction Message를 MS2에 보내기 전에 MS1과 다른 MS간의 새로운 Incomplete Ad Hoc Networking 과정을 수행해야 한다.

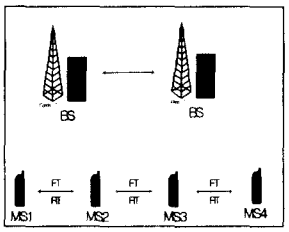
▪ Incomplete Ad Hoc Networking 중 MS2에 Paging Request Message가 전송되는 경우, MS가 Ad Hoc Networking을 수행하지 않는 경우에는 MS는 Paging Channel을 감시하다가 Paging Request Message을 받음으로써 Termination Call 과정을 수행한다. 하지만 Ad Hoc Networking을 수행하는 경우에는 이미 BTS와의 Traffic Channel이 설정되어 있으므로 관련 메시지가 Traffic Channel을 통해 교환되어야 할 것이다. PageReq Message를 받은 MS2는 자신의 IMSI(International Mobile Subscriber Identifier), ESN(Electronic Serial Number)과 Service Option등의 정보를 포함한 Page Respond Message를 전송하고 이에 대한 응답을 BSC로부터 받게 된다.[3] 이후로 바로 Channel Assignment Message가 전송되면 MS2는 바로 해당 Channel로 이동해야 하므로, 해당 BSC는 MSC로부터 MS2을 호출하는 PageReq Message를 받음과 동시에 MS1의 새로운 경로를 설정해 주어야 한다.

3.2. Ad Hoc Networking

앞에서 제안한 Incomplete Ad Hoc Networking을 이용하면 BTS와의 TC를 형성하지 않고도 MS와 MS간의 직접적인 TC를 형성할 수 있다. [그림5]와 [그림6]에서 MS1은 Access Channel로 Ad Hoc Networking 상대 MS2 List를 포함한 요청 메시지를 BTS로 전송한다. 이를 수신한 BTS는 현재 사용하지 않는 Walsh Code, PN offset, PA, 단말분포상황 등의 정보를 응답 프레임으로 전송하고 이를 이용해 상대 MS와의 직접 통신채널을 형성할 수 있다. MS들이 같은 셀에 있는 경우에는 Incomplete Ad Hoc Networking 수행과정과 같은 절차를 밟고, 셀이 서로 다른 MS간의 TC를 형성하기 위해서는 Walsh Code, PN offset, PA, 단말 분포상황 등의 정보를 해당 MS가 속해있는 BS간에 교환함으로써 직교성을 유지 시켜주는 MS간의 TC를 형성할 수 있다. Ad Hoc Networking에 참가하는 MS중에 Paging Request Message가 보내져야 하는 경우에는 BS중의 하나가 이를 통보해주면 된다.



[그림 5]



[그림 6]

▪ Ad Hoc Networking 중간 노드 선정과 전력제어

BTS는 PSMM에 포함되어 있는 PILOT_PN_PHASE를 이용하여 주변의 MS 분포를 추정할 수 있다. 산출식은 다음과 같다. $PILOT_PN_PHASE=(PILOT_ARRIVAL+(64*PILOT_PN))mod2^{15}$ 전력 제어 비트가 전력 제어 비트가 즉, 거리가 먼 곳에 있는 MS는 PILOT_ARRIVAL값이 크게 산출된다. 그리고 Incomplete Ad Hoc Networking을 요청 받은 BTS는 PILOT_PN_PHASE 값을 고려해 MS1과 연결해줄 MS2를 선정해 준다. 그리고 처음 MS2가 MS1과의 연결을 시도할 때 송수신 전력 값을 계산할 때 이 값을 고려해주어야 할 것이다. 그 이후로의 전력제어에서 MS2는 MS1에 1.25msec 단위로 MS의 전력을 조정할 것을 Traffic Channel의 전력제어 비트를 이용하여 명령하게 된다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서 cdma2000망에서의 부분적인 Ad Hoc Networking을 도입한 Incomplete Ad Hoc Networking을 사용해서 보다 질좋은 통신을 할 수 있는 방안과 이의 확장개념인 cdma2000 MS간의 Ad Hoc Networking 형성 방안에 관해 고찰해 보았다. 이후에 본 논문에서 제시한 cdma2000 Ad Hoc Networking을 이용한 Conferencing 또는 Home Networking이나 Personal Area Network과의 연계 활용 방안이 연구되어져야 할 것이다.

5. 참고문헌

[1]Amitabh Mishra,"QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks, IEEE Communications Magazine, February 2001

[2]Su-Lin Low, Ron Schneider, "CDMA internetworking", Prentice Hall, July 2000

[3]Telecommunications Industry Association, TIA/EIA/IS-95-A, Mobile Station-Base Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Systems, May 1995

[4]Telecommunications Industry Association, TIA/EIA/IS-634-A, MSC-BS Interface(A-Interface) for Public 800 MHz, July 1998

[5]Telecommunications Industry Association, TIA/EIA/TSB-80, MSC-BS Interface(A-Interface) for Public 800 MHz, October 1996