

論文2002-39TE-1-8

CDMA 이동통신 ENHHO의 성능개선 방안

(Methods for Improving ENHHO of CDMA Mobile Communication)

崔 東 裕 * , 金 在 變 ** , 李 康 鉉 *** , 朴 暢 均 ***

(Choi Dong-You, Kim Jae-Sub, Rhee Kang-Hyeon, and Park Chang-Kyun)

요 약

이동전화 서비스에 있어서 가장 중요한 것 중 하나가 핸드오프(H/O : Hand-Off)이다. 그동안 동일 세대 간(2G↔2G) H/O를 위해 소프트 H/O방식과 소프트 H/O방식이 이용되어 왔으며 별다른 문제점이 없었다. 그러나 사용자의 욕구와 통신기술의 발달로 세대가 다른 시스템이 공존하여 서비스를 시작하므로써 세대간 (2.5→2G) H/O를 위해 파일럿 비컨방식과 주기형 비컨방식이 이용되어 왔으나 비경제적이고 능률적이지 못하였다. 이를 개선하기 위해 2001년 4월 ENHHO방식이 개발되어 현재 이용되고 있다. 이 방식 또한 파일럿 신호가 5개 이상인 경우 H/O가 진행되는 동안 통화정보가 순간적으로 단절되는 단점을 갖고 있다. 따라서 본 논문에서는 ENHHO방식의 문제점을 개선하기 위한 알고리즘을 제안하고 이를 이용한 현장측정 결과를 분석하므로써 그 타당성을 검증하였다.

Abstract

One of the most important things is Hand-Off(H/O) in mobile phone service. Meantime soft H/O and softer H/O have been used between the same generations(2G↔2G) and there is little problem. With user's needs and the development of communication technology, the system with different generation coexists and pilot beacon and time-periodic beacon are used for H/O between generations(2.5G→2G) to start service, but it is not economic and efficient. To improve such problems, ENHHO developed in April 2001 has recently used. Unfortunately, this method also has the defect of momentary cutoff of communication information during the procedure of H/O in case of more than 5 pilot signals. Accordingly, we suggest algorithm to improve the problem of ENHHO and examines its propriety by analyzing the results of field survey using the algorithm.

Key Word : H/O, Pilot beacon, Flash beacon. ENHHO, Idle H/O, Traffic H/O

* 正會員, 朝鮮大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Engineering Graduate School
Chosun University)

** 正會員, 東岡大學 情報通信科

(Dept. of Information Engineering Dongkang College)

*** 正會員, 朝鮮大學校 電子情報工科

(Dept. of Electronic & Information Engineering School
Chosun University)

※ 본 논문은 2000년도 조선대학교 학술연구비의 지원을
을 받아 연구되었음

接受日字:2001年11月9日, 수정완료일:2002年1月25日

I. 서론

이동전화 중계 시스템 구성에 있어서 가장 중요한 것 중 하나는 BS(Base Station)간을 이동하는 MS(Mobile Station)의 통화가 단절되지 않도록 호 접속과 통화품질을 지속적으로 유지시키는 것이며 이 과정을 H/O(Hand-Off)라 한다.^[1-2]

하드 H/O방식은 세대간(2.5G→2G) H/O를 해결하기 위하여 개발된 방식으로써 파이롯 비컨(pilot beacon) H/O방식, 주기형 비컨(flash beacon) H/O방식, ENHHO(Enhanced Hard H/O)방식으로 분류된다. 파이롯 비컨 H/O방식은 설치비용이 많이 소요되고 E_c/I_o 의 저하로 서빙 BS(serving BS)와 타겟 BS(target BS)의 FA(Frequency Allocation)수의 차가 3개 이상인 경우 통화품질이 급격히 나빠지는 단점이 있다. 이 단점을 보완하기 위해 주기형 비컨 H/O방식이 개발되었으나 이 방식 또한 서빙 BS와 타겟 BS의 FA 수의 차가 5개 이상인 경우 비컨의 주기가 단축되어 H/O 완료율 및 착·발신 완료율이 낮아지는 단점이 있다. 이상의 단점을 보완하기 위하여 파이롯 비컨 발생 장치를 별도로 설치하지 않고 세대간 H/O를 구현할 수 있는 ENHHO방식이 2001년 4월 개발되었다. 그러나 ENHHO 방식 또한 탐색에 필요한 타겟 BS의 파이롯 신호가 5개 이상인 경우 통화상태 H/O시 통화정보가 순간적으로 단절되는 단점을 갖고 있다.^[3-7]

따라서 본 논문에서는 기존 ENHHO방식의 통화상태 H/O시 통화정보가 순간적으로 단절되는 문제점을 개선하기 위해 새로운 알고리즘을 제안한다. 그리고 제안한 알고리즘을 사용하여 현장에서 측정된 결과와 기존 ENHHO방식을 이용한 현장측정 결과를 구하고, 그 결과를 비교 분석함으로써 제안 알고리즘의 타당성을 검증한다.

II. 하드 H/O방식

시스템 세대가 다른 BS간을 이동하는 MS의 통화가 단절되지 않고 지속적으로 유지될 수 있도록 호 접속을 유지시키기 위한 하드 H/O방식에는 파이롯 비컨 H/O방식, 주기형 비컨 H/O방식, ENHHO방식이 있다.^[8-10]

1. 파이롯 비컨 H/O방식

H/O를 위해 서빙 BS와 타겟 BS의 FA 수 차만큼의 의사 파이롯 비컨을 발생시켜 송출하는 방식이다. 그림 1은 파이롯 비컨 H/O방식의 응용 예로서 서빙 BS의 2FA로 서빙 받고있는 MS를 타겟 BS의 1FA로 H/O를 유도할 수 있도록 타겟 BS에서 서비스 경계지역에 2000ms 주기의 의사 파이롯 비컨을 송출하는 경우이다.

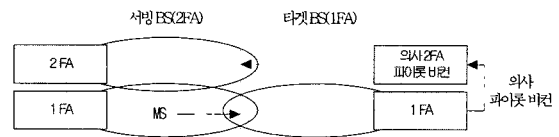


그림 1. 파이롯 비컨 H/O 방식의 응용 예
Fig. 1. The example of applying pilot beacon H/O.

이 방식은 H/O 경계지역에서 통화 FA와 유사하게 연동한다는 장점이 있지만 FA 수의 차가 큰 경우에는 파이롯 비컨 송출에 많은 RF 출력이 소요되므로 출력단의 IMD(Inter Modulation Distortion : I_o)량이 증가한다. 특히 트래픽 채널을 이용하는 MS의 수가 적은 경우는 통화 잡음보다 파이롯 비컨 잡음이 더 많아지는 문제점이 있다. 이러한 문제를 개선하기 위한 방법은 첫째, 파이롯 비컨 수를 최소로 하거나 하드 H/O 변수인 T_COMP(Threshold Compare : 서빙 BS와 타겟 BS간 E_c/I_o 의 차)를 조정하여 파이롯 비컨에 의한 출력부하를 줄이는 방법이다. 둘째, 서빙 BS와 타겟 BS간 중첩거리(경계지역 폭)가 충분할 때는 파이롯 비컨의 I 채널과 Q 채널 중 하나의 채널만을 선택하여 사용하므로 출력부하를 줄이는 방법이다.

결국 파이롯 비컨 H/O방식은 다른 하드 H/O방식인 주기형 파이롯 비컨 H/O방식과 ENHHO 방식보다 H/O 완료율이 비교적 높다는 장점이 있다. 그러나 설치에 따른 많은 비용이 소요되는 것 외에 트래픽 채널의 외적 요인인 파이롯 비컨 수의 증가로 인해 E_c/I_o 가 나빠지기 때문에 서빙 BS의 FA와 타겟 BS의 FA 차가 3개 이상인 경우는 통화품질이 저하되는 단점을 갖는다.

2. 주기형 파이롯 비컨 H/O 방식

파이롯 비컨 H/O 방식과 같이 파이롯 비컨을 발생시킨다는 점은 동일하나 파이롯 비컨 H/O 방식의 단점 즉, 서빙 FA 수와 타겟 FA 수의 차 N만큼의 파이롯

비컨 수의 증가로 E_c/I_0 가 저하되는 문제점을 개선한 것이다. 이 방식은 FA 수의 차만큼의 2000ms 주기 파이롯 비컨을 발생시키는 대신 하나의 파이롯 비컨을 발생시켜 2000ms/N 주기로 시분할하여 전송하는 방식으로 플래시 비컨 H/O방식이라고도 한다.

그림 2는 현장측정 결과로서 각 주기형 파이롯 비컨 발생 방법과 파이롯 비컨 수에 따른 출력단 부하의 변동 상태이다.^{[11][12]}

여기서,

- Modified Traffic FA: QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변조로 트래픽 채널과 OVHD 채널을 송출할 경우
- QPSK OVHD CH: QPSK 변조로 OVHD 채널만 송출할 경우
- QPSK gineous PN: QPSK 변조로 의사 파이롯비컨만을 송출할 경우
- BPSK OVHD CH: BPSK(Binary Phase Shift Keying) 변조로 OVHD 채널만 송출할 경우
- BPSK gineous PN: BPSK 변조로 의사 파이롯비컨만을 송출할 경우
- Flash (QPSK PN): QPSK 변조로 주기형 파이롯비컨만을 송출할 경우
- Flash (BPSK PN): BPSK 변조로 주기형 파이롯비컨만을 송출할 경우이다.

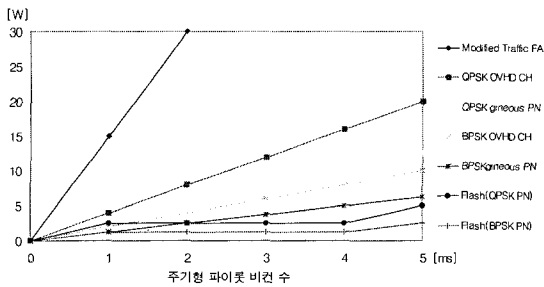


그림 2. 파이롯 비컨 발생 방식에 따른 출력단 부하
Fig. 2. Output load by the way to generate pilot beacon.

그림 2의 현장측정 결과로부터 서빙 BS의 FA 수와 타겟 BS의 FA 수의 차가 3인 경우, H/O시 의사 파이롯 비컨 또는 주기형 파이롯 비컨을 사용할 때 신호 발생 방법에 따른 출력단 부하 전력의 비교는 표 1과 같다.

표 1. 파이롯 비컨 발생 방법에 따른 출력단 부하(N=3)

Table 1. Output load by the way to generate pilot beacon(N=3).

신호발생 방식	Modified Traffic FA	OVHD CH (QPSK)	gineous PN (QPSK)	Flash (QPSK PN)	Flash (BPSK PN)
출력[W]	45	12	7.5	2.5	1.3
BPSK PN 기준[dB]	15.4	9.7	7.6	2.8	0

표 1의 결과 H/O시 BPSK PN 변조로 주기형 파이롯 비컨만을 송출할 경우 부하단의 전력은 1.3W로써 가장 출력이 낮음을 확인한다. 동일한 주기형 파이롯 비컨 방식을 사용하는 QPSK PN 경우는 BPSK PN 경우 보다 부하단의 전력이 약 2배(3dB)임을 확인한다. 더욱이 의사 파이롯 비컨을 사용하는 세 가지(QPSK gineous CH, QPSK OVHD CH, Modified Traffic FA) 경우와 비교할 때 약 5.8(7.6dB)~35(15.4dB)배의 부하단 전력이 증가함을 확인한다. 결국 부하단 전력만을 기준할 때 BPSK PN 변조의 주기형 파이롯 비컨을 이용하여 세대간 H/O를 하는 것이 최적임을 확인한다.

결국 주기형 파이롯 비컨 H/O 방식을 파이롯 비컨 H/O 방식과 비교할 때 15dB의 전력 차만큼 H/O 시간이 연장됨을 확인한다.

그림 3은 현장측정 결과로서 주기형 파이롯 비컨의 주기에 따른 H/O 완료율이다.

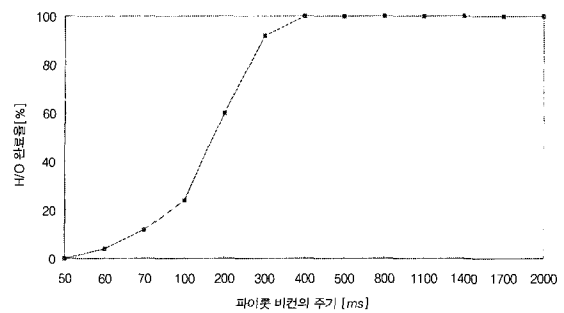


그림 3. 파이롯 비컨 주기에 따른 H/O 완료율
Fig. 3. H/O complete ratio by pilot beacon period.

그림 3의 결과 H/O 완료율을 100% 기준할 때 파이롯 비컨 주기는 최소 400ms 이상이어야 한다. 만약 주기형 파이롯 비컨 수가 6개 이상이면 파이롯 비컨의 주기가 400ms 이하로 되어 탐색 시간의 부족으로 H/O

완료율 및 착·발신 완료율이 저하된다.

결국, 주기형 파이롯 비컨 H/O 방식은 파이롯 비컨 H/O 방식보다 설치에 따른 비용이 적게 소요되고 부하 단의 출력 감소로 E_c/I_o 가 향상되며 H/O 가능시간이 연장되는 장점이 있다. 그러나 파이롯 비컨의 최대 순환 주기가 2000ms로 한정되어있기 때문에 주기형 파이롯 비컨 수가 6개 이상이 되면 MS의 동조에 필요한 절대 시간이 부족하여 H/O 완료율과 착·발신 완료율이 낮아지는 단점이 있다.

3. ENHHO 방식

주기형 파이롯 비컨 H/O방식의 단점인 설치비용 소요, 탐색 FA수의 제한, H/O 완료율 및 착·발신 완료율이 낮아지는 문제를 해결하기 위하여 2001년 4월 ENHHO방식이 개발되었다.

ENHHO방식은 통화대기 상태 H/O(Idle H/O)와 통화상태 H/O(Traffic H/O)로 구분하며 파이롯 비컨 H/O방식과 주기형 파이롯 비컨 H/O방식처럼 별도의 파이롯 비컨 발생장치를 설치하지 않고 세대간 H/O를 구현하므로써 하드웨어적 설치비용이 전혀 필요 없다.

가. 통화대기 상태 H/O

2.5G(IS-95C) BS의 서비스 영역에서 통화대기 상태로 2G (IS-95A) BS의 서비스 영역으로 진입중인 MS는 이미 2.5G BS의 페이징 채널을 통해서 2G BS의 NGBR_CONFIG 2(Neighbor Configuration 2 : 인접

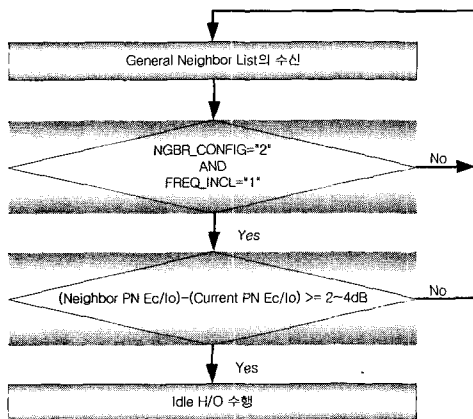


그림 4. 기존 ENHHO 방식 통화대기 상태 H/O의 흐름도
Fig. 4. Flow chart of a idle H/O in the existing ENHHO method.

BS의 FA가 다르다는 정보), NGBR_BAND (Neighbor Band : 이동통신 주파수 대역 지정, SK텔레콤의 경우 800MHz, PCS의 경우 1.8GHz), NGBR_FREQ(Neighbor Frequency : 타겟 BS의 E_c/I_o 을 포함한 FA 선택 정보) 정보를 받는다. MS는 스스로 측정한 2.5G 서빙 BS 파이롯 비컨의 E_c/I_o 와 2G 타겟 BS의 E_c/I_o 차를 비교하여 서빙 BS의 E_c/I_o 에 따른 표 2의 H/O 조건이 충족되면 2G 타겟 BS로 통화대기 H/O를 한다. 그림 4는 통화대기 상태 H/O 흐름도이다. 결과적으로 통화대기 상태 세대간 H/O의 경우는 문제점이 전혀 없다.

표 2. 통화대기 상태 H/O 조건
Table 2. A condition of idle H/O.

서빙 BS의 E_c/I_o	H/O 조건
-6dB 이상	(타겟 BS의 E_c/I_o -서빙 BS의 E_c/I_o) > 4dB
-6dB~ -10dB 이상	(타겟 BS의 E_c/I_o -서빙 BS의 E_c/I_o) > 3dB
-10dB~ -16dB 이상	(타겟 BS의 E_c/I_o -서빙 BS의 E_c/I_o) > 2dB

나. 통화상태 H/O

통화상태 H/O는 통화대기 상태 H/O의 경우와 마찬가지로 일단 MS가 2.5G BS의 서비스 영역에 진입하면

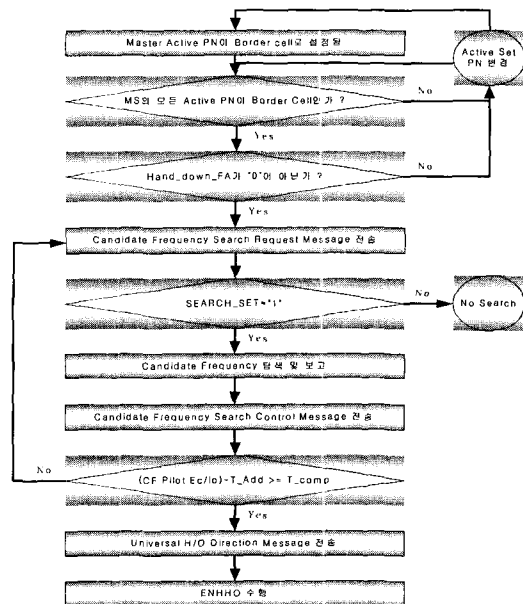


그림 5. 기존 ENHHO 방식 통화상태 H/O의 흐름도
Fig. 5. Flow chart of a traffic H/O in the existing ENHHO method.

2.5G BS의 페이징 채널을 통하여 타겟 2G BS의 NGBR_CONFIG 2, NGBR_BAND, NGBR_FREQ 정보를 받아 H/O에 활용하는 것 등은 동일하다. 그러나 통화대기 상태 H/O에서 MS가 타겟 2G BS의 FA 정보에 자동 동조되어 H/O가 이루어지는 것과는 달리, 통화상태 H/O에서는 MS가 타겟 후보(candidate) 2G BS FA의 파이롯트 비컨 E_c/I_o 를 측정하여 2.5G BS에 보고토록 하고 보고된 정보를 근거로 후보 FA 중 하나를 선택하여 H/O를 수행토록 하는 것이 차이점이다. 그림 5는 통화상태 H/O의 흐름도이다.

결국, ENHHO 방식은 파이롯트 비컨 H/O 방식과 주기형 파이롯트 비컨 H/O 방식에서와는 달리 H/O를 위한 파이롯트 비컨 발생 장치를 설치할 필요가 없어 비용이 절감된다는 장점이 있다. 그러나 실제 현장 응용결과 통화상태 H/O시 통화정보가 순간적으로 단절되고 H/O 완료율이 비교적 낮다는 단점이 있다.

III. 개선된 ENHHO 알고리즘 제안 및 현장측정 결과

ENHHO 방식 통화상태 H/O가 진행되는 동안 통화정보가 순간순간 단절되는 문제점을 개선하기 위한 새로운 알고리즘을 제안하고, 제안 알고리즘의 ENHHO 방식 통화상태 H/O와 기존 알고리즘의 ENHHO 방식 통화상태 H/O를 이용하여 각각 현장측정하고, 그 결과를 비교 분석하므로써 제안 알고리즘의 타당성을 검증한다.

1. 제안 알고리즘

ENHHO 방식의 세대간 통화상태 H/O 경우 통화정보가 순간순간 단절되는 현상을 방지하기 위해서는 다음 3 가지 탐색 조건이 추가 실행되어야 한다.

- 기존 ENHHO 방식의 통화상태 H/O에서는 서빙 BS가 탐색에 필요한 인접 2G BS FA 파이롯트 신호의 수를 제한하지 않고 MS에 송출하였으나 이를 사전에 5개 이내로 제한하여 MS에 송출하게 하므로써 파이롯트 신호 탐색에 필요한 시간과 데이터 정보량을 줄여 H/O 소요 시간을 단축시킨다.

- 기존 ENHHO 방식 통화상태 H/O에서는 서빙 BS와 타겟 BS의 E_c/I_o 의 차와 무관하게 MS가 서빙 BS로부터 CFSRM(Candidate Frequency Search Request Message)을 수신하는 순간 파이롯트 신호 탐색을 시작하

였다. 이는 서빙 BS의 E_c/I_o 가 클 때도 파이롯트 신호의 탐색을 수행케 하므로써 통화정보 누락의 원인이 되었다. 따라서 서빙 BS의 E_c/I_o 가 좋은 지역에서는 MS가 파이롯트 신호를 탐색하지 않고 H/O 바로 직전에 파이롯트 신호를 탐색하여 H/O를 할 수 있도록 조건을 설정한다. 그 조건으로서는 MS의 Rx단에 도래하는 서빙 BS만의 E_c/I_o (SF_TOTAL_Ec_Io_THRESH: Serving Frequency Total E_c/I_o Threshold)와 수신전계강도 E_c (SF_TOTAL_EC_THRESH: Serving Frequency Total E_c Threshold)의 가능한 한 최소값에서 탐색 시작 조건을 설정하므로써 H/O를 위한 탐색시간을 단축시킨다.

- 기존 ENHHO 방식의 통화상태 H/O시 서빙 BS와 타겟 BS의 E_c/I_o 차 3dB 기준을 2dB로 줄여 H/O를 위한 탐색시간을 단축시킨다.

이 밖에 H/O를 위한 탐색 시작 시간을 지연시킴으로써 탐색에 필요한 실제 소요 시간을 단축시킬 수도 있지만 이 또한 현장 응용결과로서 기존 ENHHO 방식의

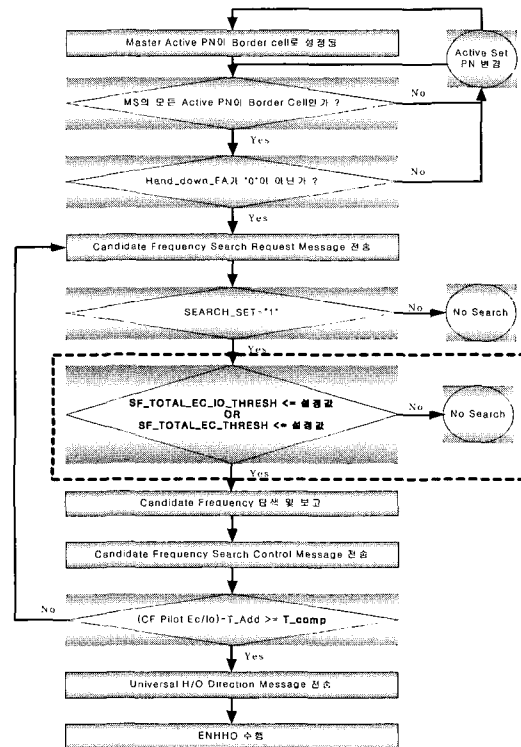


그림 6. 제안 ENHHO 방식 통화상태 H/O의 흐름도
Fig. 6. Flow chart of a traffic H/O in the proposal ENHHO method.

통화상태 H/O에서와 마찬가지로 통화정보가 순간적으로 단절됨을 확인할 수 있다.

2.5G BS의 서빙을 받고 있는 통화상태의 MS가 경계 지역에 진입하여 2G BS로 H/O 할 때 통화정보가 누락되어 순간순간 단절되는 현상을 방지하기 위해 기존 ENHHO 방식의 통화상태 H/O 흐름도(알고리즘)에 이상의 3가지 추가 탐색 조건을 수행할 수 있도록 제한한 알고리즘은 그림 6과 같다.

2. 기존 알고리즘을 이용한 ENHHO 방식의 통화상태 H/O시 현장측정

표 3의 현장측정 사양으로 기존 알고리즘을 이용한 ENHHO 방식의 통화상태 H/O를 하는 경우, 탐색 파일럿 신호 수에 따른 통화 데이터 평균 비트 에러율(FER : Fault Error Rate), 데이터 평균 전송속도, 서빙 BS의 파일럿 평균 E_c/I_o , 1Mbyte 파일 전송시 소요시간을 현장측정한 결과는 표 4와 같다.

표 3. 현장측정 사양

Table 3. The field measure contents.

측정일자	2001년 6월 15일
현장측정(자)	SK텔레콤 서부 엔지니어링팀
H/O 방식	제안 ENHHO 방식의 통화상태 H/O
H/O 세대	세대간(2.5G → 2G)
측정 대상 지역	전라북도 완주군 상림동 소재 서빙 BS(2.5G)의 β 섹터 → 완주군 이서 소재 타겟 BS(2G)의 α, β 섹터와 효자 소재 BS(2G)의 α, β, γ 섹터 경계지역 호남고속도로상
사용 계측기	삼성 SCH-x120, DM2K
측정 대상	FER, 데이터 평균 전송속도, 서빙 BS의 파일럿 평균 E_c/I_o , 전송시간
MS 이동속도	90 ~ 100 km
탐색 파일럿 신호 수	0 ~ 20 개
서빙 BS와 타겟 BS의 E_c/I_o 차(T_COMP)	3 dB
서빙 BS의 탐색조건	없음

표 4. 현장측정 결과

Table 4. The field measure result.

탐색 파일럿 신호 수	통화 데이터 평균 비트 에러율 (%)	데이터 평균 전송속도 (Kbps)	서빙 BS의 파일럿 평균 E_c/I_o	1Mbyte 파일 전송시 소요시간 (sec)
N=0	0.68	99.6	-2.6	81
N=1	2.35	88.48	-3.2	94

탐색 파일럿 신호 수	통화 데이터 평균 비트 에러율 (%)	데이터 평균 전송속도 (Kbps)	서빙 BS의 파일럿 평균 E_c/I_o	1Mbyte 파일 전송시 소요시간 (sec)
N=2	3.23	72.72	-3.7	113
N=3	3.8	63.84	-4.1	138
N=4	3.73	64.84	-4.4	135
N=5	3.8	60.32	-5.6	148
N=6	2.11	58.44	-5.7	150
N=7	6.06	56.30	-5.9	155
N=8	7.75	55.01	-6.3	159
N=9	8.20	54.44	-6.5	163
N=10	9.0	50.72	-6.6	168
N=15	13.5	측정불가	측정불가	측정불가
N=20	14.8	측정불가	측정불가	측정불가

3. 제안 알고리즘을 이용한 ENHHO 방식의 통화상태 H/O시 현장측정

표 5의 현장측정 사양으로 제안 알고리즘을 이용한

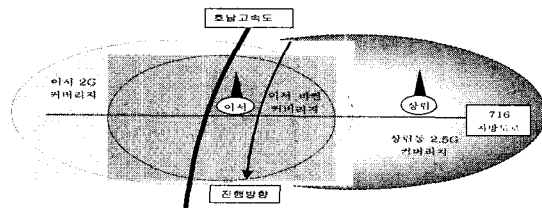


그림 7. 세대간 H/O 시험영역

Fig. 7. H/O test region of generation gap.

표 5. 현장측정 사양

Table 5. The field measure contents.

측정일자	2001년 7월 2일
현장측정(자)	SK텔레콤 서부 엔지니어링팀
H/O 방식	제안 ENHHO 방식의 통화상태 H/O
H/O 세대	세대간(2.5G → 2G)
측정 대상 지역	전라북도 완주군 상림동 소재 서빙 BS(2.5G)의 β 섹터 → 완주군 이서 소재 타겟 BS(2G)의 α, β 섹터와 효자 소재 BS(2G)의 α, β, γ 섹터 경계지역 호남고속도로상
사용 계측기	삼성 SCH-x120, DM2K
측정 대상	FER, 데이터 평균 전송속도, 서빙 BS의 파일럿 평균 E_c/I_o , 전송시간
MS 이동속도	90 ~ 100 km
탐색 파일럿 신호 수	0 ~ 20 개
서빙 BS와 타겟 BS의 E_c/I_o 차(T_COMP)	2 dB
서빙 BS의 탐색조건	SF_TOTAL_EC_IQ_THRESH<-8dB SF_TOTAL_EC_THRESH<-8dB and -8dBm

표 6. 현장측정 결과
Table 6. The field measure result.

탐색 파이롯 신호 수	통화 데이터 평균 비트 에러율 (%)	데이터 평균 전송속도 (Kbps)	서빙 BS의 파이롯 평균 E_c/I_o	1Mbyte 파일 전송시 소요시간 (sec)
N=0	0.66	99.8	-2.4	80
N=1	2.05	97.31	-3.3	87
N=2	3.10	79.48	-4.9	102
N=3	3.42	79.48	-4.5	107
N=4	3.8	73.84	-5.4	108
N=5	3.51	67.02	-5.3	129
N=6	4.90	73.66	-5.6	132
N=7	5.50	69.90	-5.7	133
N=8	6.12	66.71	-6.2	138
N=9	6.88	58.3	-6.5	140
N=10	7.3	54.8	-6.7	148
N=15	10.5	38.0	-9.8	211
N=20	12.6	33.7	-12.0	237

ENHHO 방식의 통화상태 H/O시 통화 데이터 평균 비트 에러율, 데이터 평균 전송속도, 서빙 BS의 파이롯 평균 E_c/I_o , 1Mbyte 파일 전송시 소요시간을 현장측정한 결과는 표 6과 같다.

그림 7과 같이 현장측정 대상 지역으로 전라북도 완주군 상림동에 위치한 서빙 BS(2.5G)와 이서에 위치한 타겟 BS(2G)의 경계지역인 호남고속도로 상을 선택한 이유는 이 지역이 2G 시스템과 2.5G 시스템의 경계지역이면서 호남고속도로와 716 지방도로가 교차하고 자동차 통행량이 많아 측정 시료가 많다는 점과 임의의 주행속도를 지속할 수 있으며 주변이 개활 지역이라 인접 BS으로부터의 중첩 파이롯 신호의 수가 많기 때문이다.

IV. 현장측정 결과의 비교 분석

기존 알고리즘을 이용한 ENHHO 방식의 통화상태 H/O시 현장측정 결과인 표 4와 제안 알고리즘을 이용한 ENHHO 방식의 통화상태 H/O시 현장측정 결과인 표 6의 비교 데이터는 그림 8, 9, 10, 11, 표 7과 같다.

1. 통화 데이터 평균 비트 에러율 기준 결과 분석

Opinion test에 의한 MOS(Mean Of Score)를 기준할 때, 무선 구간에서 양호한 통화품질을 유지하기 위한 통화 데이터 평균 비트 에러율은 기존 ENHHO 방식의 경우는 4%이내, 제안 ENHHO 방식의 경우는 8%이내이다. 즉 현장운용의 결과로서 기존 ENHHO 방식의

경우는 통화 데이터 평균 비트 에러율 4%이상에서 통화정보가 순간적으로 단절되는 현상이 발생하고 제안 ENHHO 방식의 경우는 통화 데이터 평균 비트 에러율 8%이상에서 통화정보가 순간적으로 단절되는 현상이 발생한다. 따라서 MOS를 기준할 때 탐색 가능 최대 파이롯 신호의 수가 기존 ENHHO 방식에서는 5개 이내인 반면, 제안 ENHHO 방식에서는 10개 이내로 확장된다.

비트 에러율 기준 MOS 평가가 다른 이유는 기존 ENHHO 방식에서는 MS가 탐색해야 할 인접 BS의 파이롯 신호의 수가 많을 경우 각 파이롯 신호의 E_c/I_o 를 측정하는 동안 서빙 BS의 통화 데이터(패킷 데이터)를 디코딩하지 못하여 통화정보가 누락되기 때문이다.

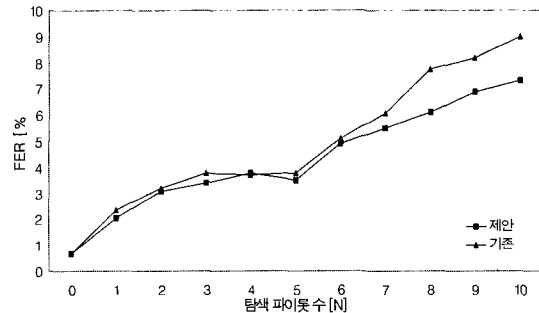


그림 8. 통화 데이터 평균 비트 에러율
Fig. 8. Call data mean bit fault error rate.

2. 데이터 평균 전송속도 기준 결과 분석

설계 이론상 2G 시스템의 최대 데이터 전송속도는 9.6Kbps/ch, 2.5G 시스템은 144Kbps/ch이다. 그러나 현장운용의 결과로서 데이터 전송속도는 2G 시스템의 경우는 무선환경과 거의 무관하나 2.5G 시스템의 경우

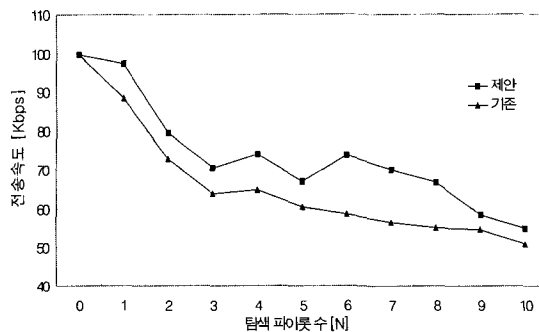


그림 9. 데이터 평균전송속도
Fig. 9. Mean data transmission rate.

는 무선 환경에 따라 많은 영향을 받고 무선 환경이 양호한 지역에서 60Kbps/ch ~ 80Kbps/ch이다.

2.5G 시스템의 최저 데이터 전송속도 62Kbps를 기준 (SK텔레콤)할 때 기존 ENHHO 방식에서는 탐색 가능 최대 파이롯 수가 4개($E_c/I_o=-4.4\text{dB}$ 이상) 이내인 반면, 제안 ENHHO 방식에서는 8개($E_c/I_o=-6.2\text{dB}$) 이내로 확장되었다.

3. 서빙 BS의 평균 E_c/I_o 기준 결과 분석

최저 데이터 전송속도를 62Kbps/ch 이상 유지하기 위해서는 기존 ENHHO 방식의 경우 평균 E_c/I_o 는 -4.4dB 이상이나 제안 ENHHO 방식의 경우는 -6.2dB 이상으로 1.8dB 개선된다. 이는 제안 ENHHO 방식에서는 탐색에 필요한 인접 BS의 파이롯 신호의 수를 5개 이내로 제한하여 탐색 시간을 최소화하였기 때문이다. 결과적으로 제안 ENHHO 방식은 기존 ENHHO 방식보다 E_c/I_o 가 더 낮은 상태에서도 기존 데이터 전송속도를 유지할 수 있다.

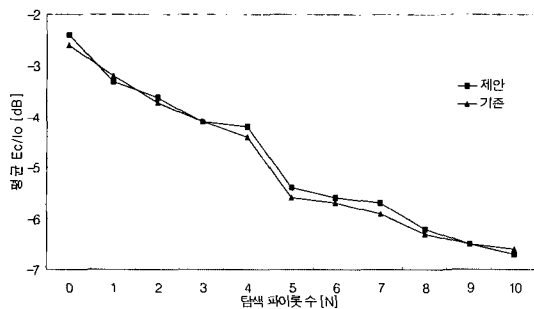


그림 10. 서빙 BS의 파이롯 평균 E_c/I_o
Fig. 10. Mean E_c/I_o of serving BS.

4. 1Mbyte 파일 전송시 소요시간 기준 결과 분석

1Mbyte의 데이터 파일 전송할 경우 탐색에 필요한 인접 BS의 탐색 파이롯 신호의 수를 4개와 8개로 기준할 때, 기존 ENHHO 방식의 소요시간은 각각 135sec와 159sec인 반면, 제안 ENHHO 방식의 소요시간은 각각 108sec와 138sec로서 전송속도가 약 27sec와 21sec 빨라진다. 이는 탐색해야 할 인접 BS의 파이롯 신호의 수에 따라 전송속도가 영향을 받기 때문이다. 즉 탐색해야 할 파이롯 신호의 수가 증가하면 전송속도가 상대적으로 저하된다.

이상의 결과 각 측정 데이터의 표준 값을 기준으로 평가한 주요 성능 비교는 표 8과 같다.

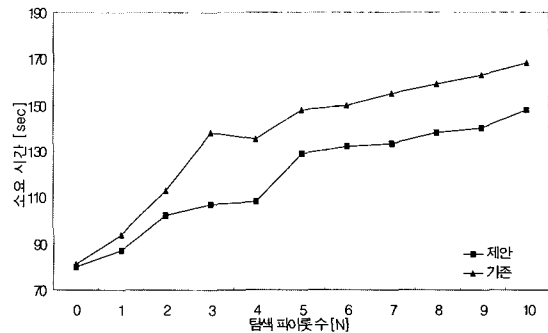


그림 11. 1Mbyte 파일 전송시 소요시간
Fig. 11. Required time for sending 1Mbyte.

표 7. 현장측정 과 비교

Table 7. The compare of field measure result.

탐색 파이롯 신호 수	통화 데이터 평균 비트 에러율 (%)				개선율 (제안/기존) (%)	상대 평균 개선율 (%)	데이터 평균 전송속도 (Kbps)		개선율 (제안/기존) (%)	상대 평균 개선율 (%)
	제안		기존				제안	기존		
	FEI	MOS 평가	FEI	MOS 평가						
N=0	0.6	양호	0.63	양호	3.0	3	99.8	99.6	0.2	0.2
N=1	2.0	양호	2.35	양호	14.6	8.8	97.31	88.48	10.0	5.1
N=2	3.1	양호	3.23	양호	4.2	7.3	79.48	72.72	9.3	6.5
N=3	3.4	양호	3.8	양호	11.1	8.2	70.43	63.84	10.3	7.45
N=4	3.8	양호	3.73	양호	1.9	6.96	73.84	64.84	13.9	8.74
N=5	3.5	양호	3.8	양호	8.3	7.2	67.02	60.32	11.1	9.13
N=6	4.9	양호	5.11	미흡	4.3	6.8	73.66	58.44	26.0	11.54
N=7	5.5	양호	6.06	불량	10.2	7.2	69.90	56.30	24.2	13.13
N=8	6.1	양호	7.75	불량	26.6	9.4	66.71	55.01	21.3	14.03
N=9	6.8	양호	8.20	불량	19.2	10.3	58.3	54.44	7.1	13.34
N=10	7.2	양호	9.0	불량	23.3	11.5	54.8	50.72	8.0	12.85
N=15	10.1	보통	13.5	불량	28.6	12.94	38.0	측정 불가	비교 불가	비교 불가
N=20	12.1	미흡	14.8	불량	17.5	13.3	33.7	측정 불가	비교 불가	비교 불가
표준값	8% 이하	양호	4% 이하	양호			62Kbps 이상	62Kbps 이상		

탐색 파이롯 신호 수	서빙 BS의 파이롯 평균 E_c/I_o (dB)		개선율 (제안/기존) (%)	상대 평균 개선율 (%)	1Mbyte 파일 전송시 소요시간 (sec)		개선율 (제안/기존) (%)	상대 평균 개선율 (%)
	제안	기존			제안	기존		
	N=0	-2.4			-2.6	1.0		
N=1	-3.2	-3.2	-2.1	-0.6	87	94	8.0	4.7
N=2	-3.6	-3.7	2.3	0.4	102	113	10.8	6.7
N=3	-4.1	-4.1	0	0.3	107	138	29	12.3
N=4	-4.2	-4.4	5.6	1.4	108	135	25	14.8
N=5	-5.4	-5.6	3.6	1.7	129	148	14.7	14.8
N=6	-5.6	-5.7	3.7	2.0	132	150	13.6	14.6
N=7	-5.7	-5.9	1.0	1.9	133	155	16.5	14.9
N=8	-6.2	-6.3	1.0	1.8	138	159	15.2	14.9
N=9	-6.5	-6.5	0	1.6	140	163	16.4	15.1
N=10	-6.7	-6.6	-4.5	1.1	148	168	13.5	14.9
N=15	-9.8	측정 불가	비교 불가	비교 불가	211	측정 불가	비교 불가	비교 불가
N=20	-12.0	측정 불가	비교 불가	비교 불가	237	측정 불가	비교 불가	비교 불가
표준값	-6.2dB 이상	-4.4dB 이상			150sec 이하	150sec 이하		

표 8의 결과로서 최소 데이터 평균 전송속도 62Kbps (SK텔레콤 표준 값)를 기준으로 기존 ENHHO 방식 통

표 8. 표준 값 기준 성능 비교
Table 8. Efficiency compare of a standard value basis.

분 류	제안 ENHHO 방식	기존 ENHHO 방식
MOS 기준 통화 상태 최대 허용 비트 에러율	8% 이상에서 통화 정보 순간적으로 단절	4% 이상에서 통화 정보 순간적으로 단절
데이터 전송속도	N=4일 때 73.84 Kbps N=8일 때 66.71 Kbps	N=4일 때 64.84 Kbps N=8일 때 55.01 Kbps
탐색 가능 파이롯 수	8 개(62Kbps 기준)	4 개(62Kbps 기준)
탐색 가능 파이롯	-6.2 dB (E_c/I_o)	-4.4 dB (E_c/I_o)

화상태 H/O와 제안 ENHHO 방식 통화상태 H/O의 성능을 비교할 때, MOS 기준 통화상태 최대 허용 비트 에러율은 4%→8%로 개선된다. 즉 현장측정 결과 기존 ENHHO 방식에서는 비트 에러율 4% 이상에서 통화정보 단절 현상이 발생한다. 이 방식에서는 탐색 가능한 서빙 BS의 파이롯 신호의 수를 4개 이하로 제한할 수 없기에 통화정보가 순간순간 단절되는 현상을 피할 수 없다. 그러나 제안 ENHHO 방식에서는 허용 최대 비트 에러율을 8%로 확장하므로써 탐색 가능한 서빙 BS 파이롯 신호의 최대 수를 8개까지 할 수 있고, 이 수를 5개 이하로 제한하므로써 세대간 H/O시 통화정보가 순간적으로 단절되는 현상을 방지할 수 있다.

V. 결 론

이동전화 중계 시스템 구축에서 가장 중요한 것 중 하나는 H/O이다. 이동전화 서비스 초기 H/O는 동일 세대간(2G→2G) 또는 동일 세대에서도 기종이 다른(삼성↔현대, 삼성↔LG) FA간에만 사용되어 왔다. 그러나 최근 이용자의 욕구와 통신기술의 발전에 따라 이동전화 서비스 방법이 다양화되고 기술적으로 향상되었다. 이에 따라 동일 지역 내에 세대가 다른(2G와 2.5G) 이동통신 시스템이 공존하여 이동전화 서비스를 시작하므로써 세대간(2G→2.5G) H/O를 위한 하드 H/O 방식이 개발되었다.

하드 H/O 방식 중 초기 파이롯 비컨 방식은 설치비용이 과다하고 E_c/I_o 의 저하로 서빙 BS와 타겟 BS의 FA차가 3개 이상인 경우 통화품질이 급격히 저하되는 단점이 있었다. 이 단점을 해결하기 위해 주기형 비컨 H/O 방식이 개발되었으나 이 또한 서빙 BS와 타겟 BS의 FA차가 5개 이상인 경우 비컨 주기의 단축으로

H/O 완료율과 착·발신 완료율이 저하되는 단점이 있었다. 이상의 문제점을 해결하기 위해 별도로 파이롯 비컨 발생 장치를 설치하지 않고 세대간 H/O를 구현할 수 있는 ENHHO 방식이 2001년 4월 개발되었으나 H/O가 진행되는 동안 통화정보가 순간적으로 단절되는 현상이 발생되고 있다.

본 연구에서는 ENHHO 방식의 문제점을 해결하기 위해 새로운 알고리즘을 이용한 ENHHO 방식 통화상태 H/O 방안을 제안하고, 이를 이용한 현장측정 결과와 기존 ENHHO 방식의 현장측정 결과를 비교하여 제안 알고리즘의 실용성을 확인하였고 그 중요 내용은 다음과 같다.

- Opinion test에 의한 MOS를 기준할 때 최대 허용 비트 에러율을 4%에서 8%로 개선하므로써 세대간 H/O시 통화정보가 순간적으로 단절되는 현상이 방지된다.
- 2.5G 시스템의 최저 데이터 전송속도 62Kbps를 기준할 때 탐색 가능 최대 파이롯 신호 수가 4개에서 8개로 증가된다.
- 기존 데이터 전송속도를 62Kbps 이상 유지하기 위한 E_c/I_o 가 -4.4dB에서 -6.2dB로 개선된다.
- 1Mbyte 파일 전송시 탐색 FA수에 따른 평균 전송속도가 약 15%(20sec) 단축된다.

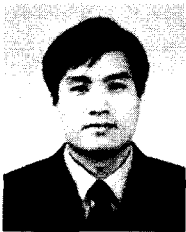
2002년 상용화를 예정하고 있는 3G IMT-2000 이동전화 서비스와 현재 사용하고 있는 2G, 2.5G 이동전화 서비스간 효율적 H/O를 위한 기술 개발이 준비되어야 할 것이다. 이러한 의미에서 본 연구 결과가 충분히 활용되어질 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 이상근·방효창. 『CDMA 무선 기술』, 서울:세화, pp. 135~153, 2000
- [2] 정만영 등. 『셀룰러 이동통신 방식 설계』, 서울:Σ시그마프레스, pp. 624~627, 1996
- [3] Samuel C. Yang. 『CDMA RF System Engineering』, Boston: Artech House, 1998.
- [4] 정만영·김기선·최정희. 『21세기 이동통신』, 서울: Σ시그마프레스, pp. 118~120, 2000
- [5] AT&T Technical Education Center. "Cellular

- System Design and Performance Engineering.” CCI400, version 1.12, 1993.
- [6] TIA/EIA IS-95A, “Mobile Station-Base Station Compatibility Standards for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System.” Telecommunications Industry Association. 1993.
- [7] TIA/EIA IS-95B, “Mobile Station-Base Station Compatibility Standards for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System.” Base-line Version. 1997.
- [8] TIA/EIA/IS-98, “Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Station.” 1994.
- [9] TIA/EIA/IS-98, “Recommended Minimum Performance Standards for Base Station Supporting Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Station.” 1994.
- [10] Qualcomm, “CDMA System Engineering Training Handbook.” Qualcomm Volume 1, 1993.
- [11] 심선희, 『CDMA Cellular System에서 Flash Beacon 방식 적용 방안에 관한 연구』, 1998.
- [12] SKtelecom, 『Flash Beacon 표준규격』, SKtelecom, 1998.

 저 자 소 개



崔 東 裕(正會員)

1999년 2월 : 조선대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사). 2001년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 2001년 3월~현재 : 조선대학교 대학원 전자공학과 박사학위 과정. <주관심분야 : 통신시스템, 이동통신, 전파전파>

야 : 통신시스템, 이동통신, 전파전파>



金 在 燮(正會員)

1990년 2월 : 조선대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사). 1993년 8월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1998년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1998년 3월~현재 :

동강대학 정보통신과 조교수. <주관심분야 : 통신시스템, 이동통신, 무선 CATV 등>

李 康 鉉(正會員) 第38卷 CI編 第7號 參照



朴 暢 均(正會員)

1968년 2월 : 조선대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사). 1979년 2월 : 동국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1999년 2월 : 전남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1968년 1월~1974년

2월 : 서울 M/W 건설국 근무. 1974년 3월~현재 : 조선대학교 전자정보통신공학부 교수. <주관심분야 : 통신시스템, 이동통신, 전파전파>