

CDMA 이동통신 시스템의 Field Trial

李 都 永
新世紀 移動通信

I. 서론

미국 셀룰라 통신산업협회(CTIA)가 TDMA를 북미 디지털 통신방식으로 채택한지 불과 3개월 후인 '89년 1월 퀄컴(Qualcomm)사는 CDMA 기술을 이용한 디지털 셀룰라 방식을 새롭게 제안했다. 퀄컴은 이어 그해 연말에 Prototype에 의한 CDMA 현장시험을 실시하는 한편, 깊이있는 연구실 실험과 Common Air Interface 규격작업을 계속해서 수행했다.

새로운 디지털 셀룰라 방식에 대한 퀄컴의 노력에 자극받아 당시까지 TDMA를 선호하던 미국내 많은 운용사업자와 장비 제조업체들도 퀄컴의 CDMA 시험에 참여하게 되었다. 퀄컴은 관련업체와 공동으로 행한 현장시험 결과를 토대로 1991년 12월에는 CDMA 방식의 이점을 대외에 공식적으로 천명하기에 이르렀다.

퀄컴은 당시 발표를 통해 CDMA 셀룰라가 주는 장점으로 우선 이용자 측면에서 통화품질의 개선, 용량증대, 커버리지 향상, 통화비밀 보호 및 단말기 통화시간 확대 등 열 가지를 지적했다. 그리고 사업자 측면에서는 수용능력의 획기적인 확대, 망 구축의 단순성, 투자비의 경감, 커버리지의 확대 등 일곱 가지를 제시했다.

퀄컴의 이와같은 1차 CDMA 현장시험의 결과 발표는 "또다른 디지털 셀룰라 방식으로서의 가능성"을 인식시켜 CDMA가 북미 표준방식으로 채택 절차를 밟게하는데 큰 역할을 했다.

북미 표준화 과정에서 <표1>에 나타난 여러 셀룰라 사업자와 셀룰라 시스템 및 단말기 제조업체들이 참

여한 CTT(Core Test Team)가 구성되어 한편으로는 CDMA 방식의 정량적인 분석을 하고, 다른 한편으로는 분석결과를 표준화에 반영시키는 노력을 기울였다.

이 글은 우리나라가 CDMA를 이동통신 기술방식으로 채택하는 등 전세계적으로 CDMA의 중요성이 급격히 커지고 있는 상황에서 CTT의 CDMA 현장시험결과를 중점적으로 소개하고, 여기에 곁들여 우리나라에서 실시된 현장시험도 개괄적으로 기술함으로써 CDMA 셀룰라 방식에 대한 이해를 돕고자 하는데 그 목적이 있다.

표 1. Core Test Team (CTT)의 구성

○운용사업자	
-Ameritech	-NYNEX
-Bell Atlantic	-PacTel
-Bell Cellular Mobile	-US West
-GTE	
○셀룰라 시스템 제조업자	
-AT&T	-Motorola
○셀룰라 단말기 제조업자	
-Oki	-Motorola
-Qualcomm	-Nokia

II. CTT의 CDMA 현장시험(결과)

1. 음성품질

통화품질, 그 중에서도 특히 음성품질은 관련 기술 방식이 사용자들에게 보급이 되느냐 안되느냐의 여부를 결정할 만큼 매우 중대한 문제이다. 단순히 주파

수 이용 효율을 뜻하는 용량만으로 국한시켜 본다면 여러 가지의 용량확대 방안이 있을 수 있으나 음성 품질을 뒷받침하지 못하는 용량확대는 큰 의미가 없다.

Ameritech Mobile Communications사는 음성 품질 시험을 기존 FM과 TDMA, 그리고 CDMA를 상호 비교하는 방식으로 수행했다.

시험의 객관성을 확보하기 위해 FM, TDMA에 대한 시험환경의 구축과 최적화는 AT&T가 맡아 AT&T의 Series II Analog/TDMA integrated system으로 구축했다.

아울러 CDMA에 대한 시험환경의 구축과 최적화는 켈컴이 담당했다.

이들 회사는 15명의 사용자를 무작위로 추출하여 익명화된 단말기가 놓인 시험차량에 태운 뒤 「디지털 A」, 「디지털 B」, 「아날로그」 기술에 대해서 상호 비교하는 시험통화를 하도록 하고, 이들의 개별적인 평가를 종합하는 방법으로 품질시험을 했다. 이를 통해 <표2>와 같이 CDMA 방식의 음성품질이 다른 방식의 품질보다 우수하다는 평가를 얻어냈다.

그러나 평가에 참여했던 사용자들은 CDMA 방식이 우수하다는 것을 인정하면서도 한편으로는 “시간 지연”과 “메아리”(echo-like sound) 등의 문제점을 제기하기도 했다.

표 2. 통화품질 비교표

OTDMA to Analog	좋음(8) - 나쁨(6)
OCDMA to Analog	좋음(14)
○선호도	CDMA(9)-TDMA(2)-Analog(2)

한편, 음성품질에 대한 이같은 정성적인 평가와 함께, 양호한 품질을 뒷받침할 수 있는 정량적인 분석이 동시에 수행되었다.

현재까지 알려진 셀룰라 방식 중에서 CDMA 방식만이 유일하게 패킷을 사용하여 음성을 전달하는 방식이다. 패킷을 실어 나르는 프레임의 오류율(FER: Frame Error Rate)이 2% 이하이면 음성품질에 문제가 없다. 정량적인 분석은 바로 음성정보가 얼마만큼 훼손될 경우 통화에 문제가 발생하는가에 초점을 맞추어 조사하는 것이다.

Bell Atlantic Mobile사의 현장시험 결과는 FER의 분포가 순방향 링크의 경우 평균 0.282%에 표준편차 0.367%, 역방향 링크의 경우에는 평균 0.

340%에 표준편차 0.357%의 양호한 품질이 구현된 것으로 확인되었다.

켈컴사의 시험 결과는 독립된 섹터셀에서 순방향/역방향 모두 FER이 1.2% 이하였고, Embedded Sector 셀에서는 역방향의 경우 1.4% 이하, 순방향의 경우 1.7% 이하로 관찰되었다.

이러한 정량적인 시험 결과는 Ameritech사의 정성적인 시험 결과를 충분히 뒷받침하고 있는 것이다.

2. 용량(Capacity)

미국 CTIA가 차세대 디지털 셀룰라 방식과 관련해서 요구하고 있는 것 중 가장 중요한 사항 중의 하나는 CDMA용량이 아날로그 방식에 비해 최소한 10배는 넘을 것이라는 사실을 확인하는 것이다. 급증하는 이동전화 수요를 경제적으로 충족시키기 위해서는 무엇보다도 셀당 허용될 수 있는 통화용량이 획기적으로 개선되어야 하기 때문이다.

Bell Atlantic Mobile사는 음성품질이 충족되는 상황에서 CDMA 정보 bit 에너지 對 잡음 에너지의 비(Eb/No)를 측정했다. 측정 결과 CDMA 단말기가 요구하는 평균 Eb/No는 7.5 dB였으며, 이를 다음 공식에 적용하여 CDMA가 아날로그에 비해서 10배 이상의 용량이 가능하다는 것을 확인했다.

$$N = \frac{W/R}{Eb/No} * \frac{1}{d} * f * s$$

3. 통화영역(Coverage)

용량 특성 못지 않게 중요한 것이 셀의 영역(coverage)이다. 통화가 가능한 영역(coverage)의 확대는 두가지 측면에서 생각해 볼 수 있다. 서비스 반경의 확대 측면이 그 하나이고, 다른 하나는 전파의 침투 확대 측면이다. 같거나 작은 송신출력으로 더 멀리 통화할 수 있다는 것과, 전파의 격심한 감쇄 또는 간섭에도 불구하고 빌딩 내의 구석구석까지 통화가 가능하다면 이는 매우 바람직한 것이다.

Bell Atlantic Mobile사는 CDMA와 AMPS의 상대적인 영역의 비교 시험을 수행했고, 방법은 호소실(Call drop)이 발생하는 지점에서의 수신전력을 비교하는 방식을 사용했다.

시험을 통해 CDMA 방식이 아날로그 방식에 비해 서비스 반경 측면에서 뿐만 아니라 격심한 감쇄나 간섭이 심한 빌딩 내 침투능력까지도 매우 우수한 것으로 확인했다. <표3참조>

표 3. CDMA의 영역특성(Analog 대비)

- 호소실 (call drop)이 발생할 시점에서의 단말기 수신신호 세기는 CDMA의 경우가 Analog의 경우보다 5dB 정도 낮았음.
- 셀 반경은 33% 정도 커졌음.
- 빌딩 내에서의 통화 가능영역이 더 넓어졌음.

4. 소프트 핸드오프(Soft Handoff)

소프트 핸드오프는 켈컴이 제안한 CDMA 방식에서 매우 중요한 장점 중의 하나다. CTT에 참여한 여러 업체들의 시험 결과는 소프트 핸드오프 성능의 우수성을 입증하고 있으며, 그 특징은 다음과 같다.

○핸드오프시 click음과 같은 것이 없으며, 호소실 (call drop)을 적게 함.

○이동전화를 이용한 데이터 서비스 등에도 유리함.

그러나 소프트 핸드오프가 통화 품질의 장점을 제공하는 반면에 설비 투자면에서는 비용을 추가적으로 발생하게 한다. 소프트 핸드오프 영역에서의 통화는 한 통화가 다중경로 만큼 복수의 통화로를 구성하고 있어야 하기 때문이다. 샌디에고(San Diego) 지역에서의 실험결과에 따르면 통화영역의 30% 정도가 소프트 핸드오프 지역이었다.

5. 전력제어

전력제어는 CDMA가 가용한 셀룰라 방식이 되는데 있어서 가장 어려운 기술로 지적되던 분야이다. 이른바 Near-far problem을 충분히 극복할 만큼 정교한 전력제어가 가능함을 입증했다. 이와 더불어 <표4>에서와 같이 CDMA 단말기의 송신출력은 아날로그에 비해 14-30dB 정도의 작은 송신출력으로도 통신이 가능하다는 것을 확인시켜 주었다.

특히 도시지역에서는 기지국의 반경이 작은 경우에 단말기와 기지국간의 거리가 가깝기 때문에 아날로그의 1/1000 수준인 1mW 정도의 출력으로 통화가 가능하다는 결론을 가능하게 했다. 이 사실은 CDMA

표 4. CDMA 단말기와 아날로그 단말기의 송신출력 비교

○기지국에 매우 가까운 경우	30-60dB
○기지국에 가까운 경우	24-30dB
○기지국으로부터 먼 경우 (핸드오프 셀 존재)	14-24dB
○기지국으로부터 먼 경우 (핸드오프 셀 부재)	5-14dB

단말기의 경우 동일한 배터리로 긴시간 통화를 하거나, 또는 작은 배터리를 사용함으로써 결과적으로 가벼운 단말기를 구현하는 것이 가능하다는 사실을 암시하는 매우 중요한 내용이다.

6. 기타

CTT의 CDMA 현장시험은 이와 함께 다음과 같은 부수적인 결과를 도출하는데 기여했다.

○레이크 수신기의 활용도에 대한 조사 결과 현장 시험에서 취한 경로들에 대해 30% 정도가 1개의 핑거(finger)만을 사용하였고, 50% 2핑거, 20%가 3핑거를 사용하였음. 다중 경로신호를 건설적으로 활용하는 정도를 보여준다고 하겠음.

○빌딩 내에서 fast fading 현상은 없었음.

Ⅲ. 국내에서의 CDMA 현장시험(결과)

우리나라에서도 ETRI 주관하에 작년 12월부터 금년 1월까지 2개월여에 걸쳐 대전지역에서 1개의 간이형 교환기와 2개의 기지국, 그리고 7개의 단말기로 구성된 CDMA 현장시험이 실시되었다.

지형이 분지 형태인 대전 지역은 대부분 양호한 서비스 영역이었으며, 시험을 통해 전력제어 기능의 확인, 핸드오프 지역에서의 품질향상의 확인 등 CDMA 방식이 가용한 기술임을 입증했다.

주요 시험 결과는 다음과 같다.

○시험 경로상에서 성능이 양호함.

○단말기의 송신출력은 기지국 근처에서 1mW 이하, 두 기지국간의 중심인 도심 지역에서는 10-30mW 정도였음.

○역방향 전력제어는 인수시험 합격치인 2dB(full rate)와 3dB(all rate)를 만족시켰고, 오차는 시스템 용량과 무관함.

○시스템 품질과 관련, 역방향의 FER은 단독 기지국의 경우 0.4% 이하 두 기지국의 경우 1% 이하를 나타내고, 순 방향의 경우도 FER 1% 이하를 나타냄.


○레이크 수신기의 핑거를 1개만 사용하는 경우 단말기는 20% 정도, 기지국은 2% 이하였으며, 나머지 경우는 다중경로 신호를 수신함.

○다중과 지연특성은 전체적으로 약 5uS 이내를 나타냄.

參考文獻

[1] Proceedings of Code Division Multiple Access Digital Cellular Technology

Forum, Feb. 23-24, 1993, San Diego, California.

[2] 이동시험시스템(RTS) 대전지역 시험결과보고서, 1993.7. 한국전자통신 연구소 이동통신기술연구단. 

筆者紹介



李 都 永

1950年 3月 31日生

1972年 2月 서울공대 전자과(학사)

1985年 8月 한국과학기술원 전산학과(석사)

1991年 8月 포항공과대학원 전산학과(박사)

1972年 2月 ~ 1974年 6月 군복무

1974年 7月 ~ 1977年 6月 삼성전자(주)

1977年 6月 ~ 1988年 2月 금성통신(주) 연구소, 책임연구원

1991年 6月 ~ 현재 포스데이터(주) 기술본부장

주관심 분야 : Computer network, protocol engineering, 이동통신