

# UNL Fourier Feature를 이용한 RF 특성 인식 기법 구현

이호균\*, 최용호\*, 이순홍\*, 정영기\*  
\*LG 전자 / 정보통신 생산 기술 연구소  
e-mail : hglee@lgic.co.kr

## Implementation of Recognition of RF Spectrum by using UNL Fourier Feature

Ho-Gyun Lee\*, Yong-Ho Choi\*, Soon-Hong Lee\*, Young-Gi Jung\*  
\*LG Electronics / Information and Communication

### 요약

본 논문에서는 영상 인식 기법 중의 하나인 UNL Transform 기법을 적용해서 RF 특성을 분석해 보았다. 이 특성 분석기를 바탕으로 RF PBA단의 진단기를 개발하는 과정을 보이고 있다.

### 1. 서 론

한국은 세계 최초로 CDMA 서비스를 구현한 나라로 CDMA 시스템 구현 기술력은 세계에서 가장 앞서 나가고 있다고 자타가 공인하고 있다. 그러나 이 시스템 구현 기술력이란 것을 생산 입장이나 서비스 제공의 입장에서 본다면 아직도 개선의 여지가 너무나 많음을 알 수 있다. 비근한 예로 국산 교환기의 대표격인 TX1A 시리즈와 미국 AT&T의 5ESS를 비교해 보면 그 시험, 진단 능력에 있어서 현격한 차이가 있다[1][2]. 시장의 요구에 뒤처지지 않게 제품 개발 기간의 단축과 우선적으로 눈앞에 보이는 기능 개발만을 위주로 한 시스템 설계 관행이 유지, 보수적인 측면을 소홀히 보게 하였고 장기적으로 시스템 불량률과 서비스 안정성을 현격하게 떨어뜨리고 있다.

본 논문은 서비스 중인 CDMA 시스템의 RF 보드 불량을 진단하기 위한 방법론을 제안, 구현하고 있다. 일반적인 CDMA BTS 시스템의 RF단은 UDCA, PVMA, BSCA 보드 등으로 구성되어 있다. RF 보드의 특성상 전파의 특성을 보고 보드의 불량을 추정할 수 있는데 지금까지는 소수의 전문가 만이 생산 현장에서 이를 파악할 수 있었다. 이점에 착안하여

서비스 현장에서도 영상 인식 기술을 이용한 진단 프로그램을 사용하여 보드의 불량을 정확하게 파악할 수 있도록 하고 있다.

논문의 구성은 2장에서 CDMA BTS 시스템의 RF 단 구성과 RF 특성을 이용한 불량 진단 사례를 정리하고, 3장에서 전파 특성을 영상 인식을 이용해서 자동 인식시키기 위한 UNL Fourier Feature 기법에 대해서 기술 한다. 4장에서 RF PBA 시험 진단 S/W의 구현 과정을 보이고, 마지막으로 결론 및 향후 과제를 언급한다.

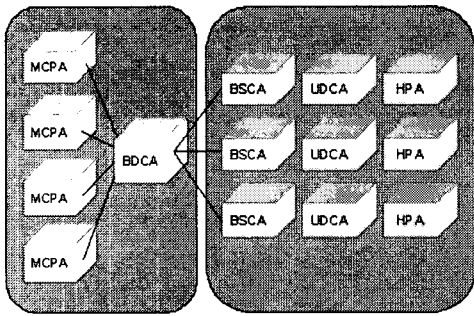
### 2. RF 특성을 기반으로 하는 불량 검출

CDMA 기지국 구성 중에서 RF PBA 단은 직전의 디지털단에서 음성정보 등을 CSM(Cell Site Modem)을 거쳐서 변조시킨 신호를 D/A 컨버트와 Up/Down 컨버전을 거쳐서 최종 출력 주파수를 만들어주는 단계를 말한다. RF PBA는 크게 BSCA, UDCA, PVMA 단으로 구성된다[6].

- 1) BSCA(Broadband Sector Conversion Board Assemblby) : 채널카드에서 받은 신호를 D/A conversion 해서 4.95MHz의 IF 신호를 생성한다. 즉 4.95MHz를 기준으로 1.23MHz 대역의

CDMA 파형이 생성된다. BSCA는 셀의 섹터별로 나누어져 있다.

- 2) UDCA(Up Down Convert Board Assembly) : BSCA에서 나온 IF 신호를 UP Conversion, Down Conversion 한다. 송신에서는 1.8GHz 대역으로 주파수를 Up Conversion 시키고 수신에서는 반대로 Down Conversion 시킨다.
- 3) PVMA(Power and Variation Monitor Board Assembly) : 송신 출력을 Monitor 하기 위한 보드이다. 출력만을 모니터하며 RFPA 프로세서 보드에서 그 정보를 이용하여 기지국 송신 출력을 제어한다. 그림 1은 송신 Path의 블록도를 나타낸다.

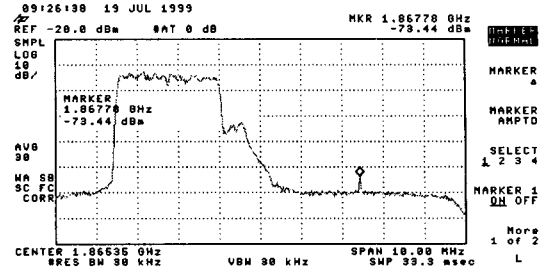


디지털 블록 RF PBA 블록  
(그림 1) BTS 시스템에서 RF 블록도

RF 출력단에서의 불량이란 위에서 말하는 보드들의 각 단계를 거치면서 파형 변환이 제대로 이루어지지 않은 경우 최종단에서 이상적인 파형을 얻지 못함을 말한다. 보통 많이 발생하고 검출이 쉬운 불량에는 Mixer불량, IMD 불량, 필터 불량 등이 있다.

- Mixer, IMD 불량  
특정 대역에서 다른 대역으로 주파수 Conversion을 시키는 과정 중에 생기는 불량을 말한다. 이 과정에 불량이 생기면 파형이 기울어지게 된다.
- Amp, AGC 불량  
Amp는 파형의 출력 크기를 원하는 값까지 끌어올리는 역할을 담당하고 있다. 이때 Amp가 불량이 생기면 파형의 크기가 원하는 크기에 미치지 못하게 된다.
- Spurious, Filter 불량  
Amp를 거쳐서 증폭된 신호는 필터를 거쳐서 원하지 않은 잡음들의 증폭을 제거하게 된다. 이때 필

터가 불량이 나면 원하는 파형 이외에 다른 파형이 더 생기게 된다. 그림 2는 필터의 불량이 난 파형을 보이고 있다.



(그림 2) 필터 불량시의 RF 파형 정보

RF 단의 파형은 여러 단계를 거치면서 변형된 것이기 때문에 최종단의 파형만을 보고 정확하게 어느 단계의 불량이라고 말할 수가 없다. 따라서 정확한 불량 원인 검출은 위해선 각 단계별로 파형의 변화를 추적하는 기능이 추가되어야 한다. 현재 보드 레벨에서 각 단계의 파형을 출력시키는 인터페이스의 추가가 이루어지고 있다.

### 3. UNL Fourier Feature Transform

#### 3.1 UNL Transform

UNL Transform의 기본적인 아이디어는 객체가 회전하고 이동하고 크기상의 변화가 생기더라도 원상의 고유한 표현을 컴퓨터가 인식할 수 있도록 하는 것이다. 곡선형의 원형 패턴에 가해지는 기하학적인 기본 변형들, 즉 회전, 이동, 크기 변화는 수학적으로 명료하게 정의된 연산들이다. UNL의 원리는 이미지의 원상을 얻기 위해서 수학의 역연산을 활용하는 것이다.

UNL 기법으로 처리할 수 있는 패턴 그룹의 조건은 다음과 같다. 첫째, 패턴은 유한 개수의 간략화된 매개변수로 표현되는 곡선식으로 구성되어야 한다. 이 조건은 대부분의 패턴에서 참이다. 둘째, 영역을 표현하는 패턴이라도 그들의 경계 추출을 통해서 정보 손실 없이 동일하게 표현될 수 있어야 한다. UNL 변환이 적용 가능한 이미지의 이러한 특성은 RF 파형 정보의 이미지 특성에 부합한다.

UFF 변환을 통한 이미지의 일반화 과정은 다음과 같다. 먼저 UNL 변환을 통해서 회전과 이동, 크기 변화 정보를 걸러낸다. 이때 입력정보는 매개변수 곡선식이 된다. 이 변환은 Cartesian 좌표계를 Polar 좌표계로 매핑시킨다. 이는 Log-Polar 변환과

비슷하지만 본질적인 차이점은 UNL 변환은 곡선 전체를 매핑시키는데 반해서 Log-Polar는 점대점으로 매핑시키는 것이다. UNL 변환을 거친 뒤에는 푸리에 변환을 거치는데 이 과정을 통해서 cyclic shift 정보를 걸러내고 최종적으로 원상의 정보를 얻어내게 된다[3].

정의 1. UNL Transform for discrete pattern

$\hat{\Omega}(t)$ 는  $z_i = (x_i, y_i)$ 인  $n$ 개의 픽셀로 구성된 이산객체로 두고,  $\hat{O} = (\hat{O}_x, \hat{O}_y)$ 는객체의 중점,  $\hat{M}$ 은 중점  $\hat{O}$ 로부터 각픽셀  $z_i$ 까지의 Euclidean 최대거리라고 하자.

객체  $U(\hat{\Omega}(t))$ 를, 즉 객체를 구성하고 있는 두 개의 이웃한 픽셀  $z_i = (x_i, y_i)$ 와  $z_j = (x_j, y_j)$  사이의 라인 세그먼트  $z_{ij}(t)$ 를, 다음 공식을 이용해서 Cartesian좌표계에서 polar좌표계로 매핑하는 과정을 UNL-Transform이라고 정의한다.

$$U : ((0,1) \rightarrow R^2) \rightarrow ((0,1) \rightarrow R^2) \quad \forall i = 1..n \quad t \in [0,1]$$

$$U(z_{ij}(t)) = \zeta_{ij}(t) = (R_{ij}(t), \theta_{ij}(t)) = \left( \left| \frac{z_i + t(z_j - z_i) - \hat{O}}{\hat{M}} \right|, \text{atan} \left( \frac{y_i + t(y_j - y_i) - \hat{O}_y}{x_i + t(x_j - x_i) - \hat{O}_x} \right) \right)$$

3.2 Fourier Feature Descriptor

FD 기법은 평면 상의 닫힌 곡선 패턴의 특성을 표현할 수 있는 장점이 있다. FD를 이용해서 2차원 곡선의 Encoding, 재구성, 분류가 가능해진다. FD에 사용되는 공식들은 다음과 같다.

일반화된 각도 보정 함수 :  $\Phi^*(t) = \Phi \left( \frac{L_z}{2\pi} \right) + t$

Fourier Expansion :  $\Phi^*(t) = \mu_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k_t - \alpha_k)$

Fourier descriptors :  $(A_k, \alpha_k), k = 1.. \infty$

4. 구현

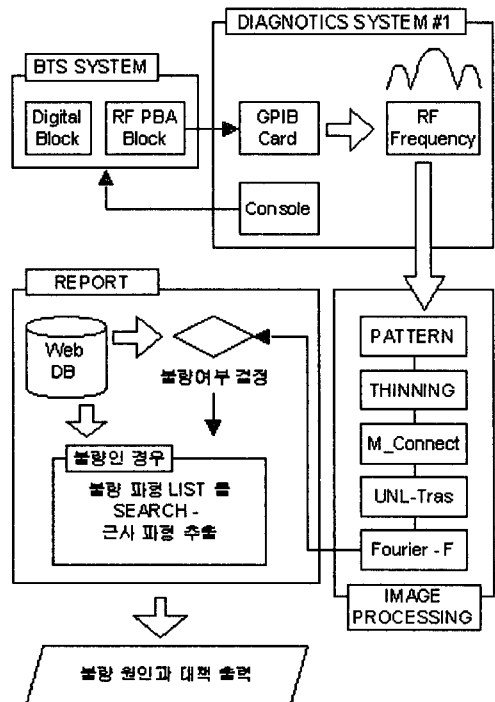
4.1. 데이터 수집

이제까지의 제안을 정확히 구현하기 위한 데이터 수집 방법에는 두 가지가 있을 수 있다. 첫 번째는 현장에서 불량이 날 때마다 특성 그래프를 출력 시켜서 기록을 하고 그 기록을 바탕으로 불량과 특성 그래프의 연관성을 추정하는 것이다. 두 번째는 시스템 하나를 시료로 삼아서 RF단과 그에 관련된 보드를 모두 부품별로 고의로 불량을 내서 데이터를 수집하는 것이다. 전자의 방법은 실험 기간이 너무 오래 걸리고 모든 불량률의 경우를 확인할 수 없다는

단점이 있고 후자는 투자 해야 하는 자원이 너무 많아진다는 단점이 있다. 본 실험에서는 각 보드의 담당자들이 그 동안의 경험을 바탕으로 불량률의 경우와 그래프의 관계를 미리 추출한 뒤 간략하게 후자의 방법을 채택해서 데이터를 수집했다.

4.2 진단 프로그램 구현

그림 3은 진단 프로그램의 전체적인 클래스 계층도를 보이고 있다. 진단기는 출력단의 출력 파형을 얻기 위한 GPIB 제어단과 기지국의 각 보드와 통신하기 위한 RS-232C 통신용 Console로 구성된다. GPIB로 추출한 출력 파형은 Image Processing 과정을 거쳐서 이산형 패턴으로 변형되고 이 파형을 불량 파형들의 정보가 저장되어 있는 DB 데이터들과 유사도를 비교한다. 이때 DB는 웹과 연동시켜 새로 개발된 시스템의 불량/비불량 정보가 온라인으로 갱신, 검색될 수 있도록 한다. 검색결과 유사한 파형을 찾아서 정상, 불량률을 판단하고 불량인 경우 불량 원인을 출력한다.



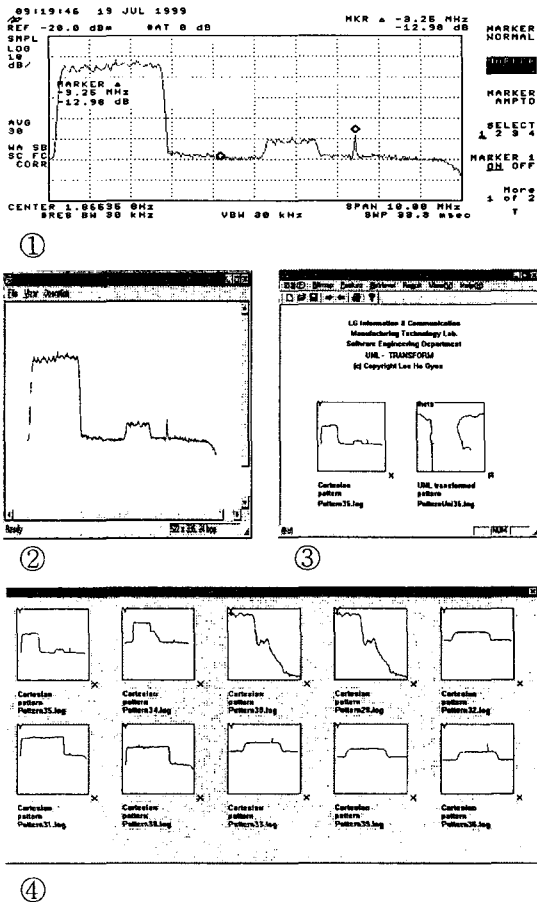
(그림 3) 시스템의 Module 관계도

불량 원인의 추정과정은 사람의 추정 과정을 그대로 자동화 시킨 것이다. 추정의 첫 단계는 출력 파형을 보고 영상을 인식하는 것이다. 하지만 영상 인

식만으로는 잡히지 않는 불량이 있는데 이를 처리하는 부분이 Debug Console 부분이고 여기서 사용되는 방법에는 ACPR, Spectral Regrowth 방식 등이 있다. 이는 기존에 사용되는 불량 검출 방법으로 본 논문은 이 과정 이전에 인식 과정을 추가하고 있다.

### 4.3 사용자 인터페이스

그림 4는 구현된 진단기 프로그램의 파형 인식 모듈의 사용자 인터페이스이다. GPIB 포트에서 얻은 ①번 원형 파형을 ②번 이미지 프로세싱 과정을 거쳐서 파형정보만을 뽑아내고, ③번 UNL 변환과정을 거쳐서 마지막으로 ④번 DB 정보와의 비교, 인식과정을 통해서 불량유형을 판정한다[4][5].



(그림 4) 사용자 인터페이스

### 4.4 실험 결과

실험 결과 파형의 형태상에 차이가 있는 불량유형인 경우 높은 불량 판단율을 보이지만 비슷한 형태

의 파형이면서 출력값이 임계치를 넘기는 경우와 같은 불량 유형은 판단율이 낮게 나왔다. 따라서 파형은 유사하게 나오지만 출력값이 임계치를 넘기는 경우에 대한 과정의 추가가 필요하고 이는 Debug Console에서 구현되어 있다.

### 5. 결론

본 논문은 UFF 변환을 적용한 영상인식 기술을 이용해서 CDMA 기지국 시스템 중 RF PBA 블록의 출력 파형을 검색, 불량을 판단하고 원인을 추정하는 시스템을 구현하였다.

향후에는 보드 형상 출력 기능과 시스템 형상 출력 기능을 추가해서 최종 출력 파형 뿐만이 아니라 보드내의 각 단계별로 파형 분석 기능을 구현해서 불량 원인 추정 정확도를 더욱 높이고자 한다. 또한 출력 파형만으로 불량을 추정하기엔 한계가 있기 때문에 다른 추정 방법들을 이용한 시스템과의 연계가 뒤따를 것이다.

### 참고문헌

- [1] AT&T, "5ESS Switch Maintenance Procedure Manual," 1993.
- [2] AT&T, "5ESS Switch Recovery Procedure Manual," 1993.
- [3] Thomas W. Rauber, "Two-dimensional shape description," Ph.D thesis, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciencias e Tecnologia, 1994.
- [4] D. J. Kruglinski, "Inside Visual C++," Fourth Edition, Microsoft Press, 1997.
- [5] Jeff Prosise, "Programming Windows 95 With MFC," First Edition, Microsoft Press, 1997.
- [6] LG 정보통신 정보통신기술원(ITT), "BTS RF - BTS 전문 과정," 9807-131-381A, July 1998.
- [7] LG 정보통신 정보통신기술원(ITT), "BTS 상태관리 / 장애분석 - BTS 전문 과정," 9807-131-391A, July 1998.