

차세대 기지국 배열 안테나를 위한 주파수 및
편파 재구성 안테나 소자 기술

엄순영 · 정영배 ·
전순익 · 김창주
한국전자통신연구원

I. 서 론

현대의 다양한 무선 이동 통신 서비스 사용자들은 정보의 고속화 및 다기능 복합화 서비스를 점진적으로 요구하고 있는 추세이므로, 이러한 요구 사항들을 만족하기 위한 인지 무선(Cognitive Radio), SDR(Software Defined Radio) 시스템 기술 개발이 절대적으로 필요하다^{[1]~[5]}. 현재 이동 통신 대역 주파수 스펙트럼은 종래에 상용 서비스들로 인하여 이미 포화된 상태이다. 인지 무선 시스템 기술은 새로운 미래 이동 통신 서비스로써 주파수 대역을 고정하지 않고 실시간적으로 사용하지 않는 상용 이동 통신 주파수 대역을 찾아 재사용함으로써 주파수 스펙트럼 효율을 개선하는 핵심 기술이며, 또한 SDR 시스템 기술은 단일 단말기/기지국에서 여러 개의 이종 서비스들을 사용자 요구에 따라 선택적으로 서비스할 수 있는 미래형 핵심 기술이다. 그러므로, 차세대 복합 다기능 단말기 및 복합 기지국 시스템 구현에 가장 필요한 핵심 기술 중 하나는 재구성 안테나 기술일 것이다.

재구성 안테나 기술은 공진 주파수, 편파, 방사 패턴(빔 형태/빔 폭 등) 등 안테나 주요 설계 변수 값들을 외부 전기적 또는 기계적 제어에 의해 재구성하는 것이다^{[6]~[9]}. 주파수 및 편파 재구성 기술은 이종 서비스들을 동일 단말기에서 사용 가능하게 하고, 또한 편파 재구성 기술은 고역리 특성을 갖는 MIMO 안테나 기술에 응용이 가능하다^[10]. 또한, 방사 패턴 재구

성 기술은 안테나의 입사 전력을 적절히 각 서비스 트래픽 밀도에 따라 독립적으로 제어하는 수동 전력 제어 기술에 응용이 가능하다^[11].

종래의 재구성 안테나 기술은 안테나 방사체 자체에 연결된 바랙터 다이오드, MEMS 스위치 등 많은 스위칭 제어 소자들을 제어하여 다중 모드로 동작한다. 이러한 재구성 안테나에는 복수개의 스위칭 소자들이 안테나 방사체 자체에 실장되어 있으므로 스위칭 소자의 저항성 손실이 크며, 복잡한 전기적인 외부 제어 회로로 인한 안테나 특성 열화로 안테나 효율이 매우 낮다는 단점이 있다. 또한, 주파수, 편파 등의 안테나 특성 재구성시 안테나의 입력 임피던스를 스위칭 소자들을 사용하여 다시 정합시켜야 하는 불편이 따르며, 복잡한 구조로 인하여 광대역 특성을 얻기가 어려운 단점이 있다. 그리고, 복수개의 스위칭 제어 소자들의 사용은 안테나의 최대 입력 전력을 제한하며, 안테나의 동작 신뢰성을 저하시킨다. 고이득 특성을 위하여 재구성 단위 안테나 소자를 사용하는 재구성 배열 안테나 설계시 안테나 배열 소자들의 재구성 배열 배치 및 급전 회로 설계가 어려운 단점이 있다.

ETRI는 재구성 안테나의 이러한 단점들을 극복하기 위하여 방사 영역은 고유하면서 안테나 방사체를 독립적으로 선택할 수 있는 주파수 재구성 안테나 소자 구조 및 광대역 편파 재구성 안테나 소자를 연구한 바 있다^{[12][13]}. 이러한 주파수 재구성 안테나 소자

본 기고에 기술된 재구성 안테나 소자 기술 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 원천기술개발사업의 일환으로 수행한 것임[2007-F-041-03, 지능형 안테나 기술 개발].

구조는 스위칭 제어 소자들이 방사체에 직접 실장되는 것이 아니라 외부 스위치 회로에 별도로 실장되기 때문에 다중 대역 안테나 소자로도 활용 가능한 장점이 있다.

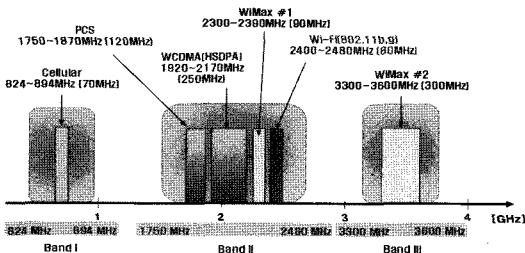
본 기고는 현재 상용중인 셀룰라, WCDMA, 와이브로 서비스 등 복합 서비스들을 동시에 수용하기 위하여 ETRI가 현재 수행하고 있는 차세대 재구성 기지국 배열 안테나 구현에 있어 가장 기본적이고 핵심적인 요구 기술인 재구성 안테나 소자 기술에 대하여 기술한다.

II. 주파수 재구성 안테나 기술

2-1 재구성 주파수 대역 및 배열 소자 배치

[그림 1]은 현재 한국에서 상용화 서비스되고 있는 주요 이동 통신 주파수 대역을 보여주고 있다.

대역 1(B₁)은 CDMA 서비스, 대역 2(B₂)는 WCDMA, PCS, WiMAX 1, WiFi 그리고 대역 3(B₃)은 WiMAX 2 서비스 주파수 대역을 나타낸다. [그림 1]에서 분류된 3개 서비스 주파수 대역에서 동작하는 재구성 기지국 배열 안테나 구현에 있어서 각 서비스별 독립적인 배열 안테나 사용은 재구성 기지국 배열 안테나의 크기를 크게 하므로 각 서비스별 안테나의 방사 영역 또는 안테나 개구면을 공유하는 것이 효과적이다. 또한, 대역 1용 안테나 개구면이 클 경우에는 대역 2와 대역 3 개구면을 분리하는 것이 대역 1, 2,



[그림 1] 상용화 서비스 중인 이동 통신 주요 주파수 대역

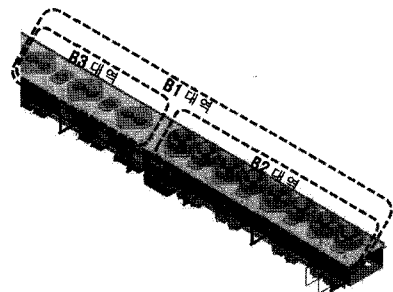
3이 모두 중첩될 경우보다 안테나 소자 및 배열 설계가 용이하고, 방사 패턴 특성이 양호하며, 상대적으로 안테나의 전체 높이가 낮다는 장점이 있다. 특히, 주파수 재구성 배열 안테나 설계시 대역 1, 2, 3에서 동작하는 주파수 재구성 안테나 소자를 이용하여 최적의 성능을 갖도록 배열하기가 매우 어려우며, 또한 급전 설계가 복잡해진다는 단점을 갖는다. 그러므로, 이러한 관점에서 [그림 2]에서 보는 재구성 기지국용 배열 안테나 소자 배치 구성도는 매우 효율적이라 생각할 수 있다. 참고로, 안테나 소자들 간의 최적의 배열 간격은 동작 주파수 및 각 안테나 소자의 방사 패턴 특성에 의해 결정된다.

[그림 2]와 같은 주파수 재구성 배열 안테나 개발을 위해서는 5 종류의 안테나 소자 즉, 각 B₁, B₂, B₃ 대역에서 동작하는 3종류의 단일 안테나 소자들과 (B₁+B₂) 및 (B₁+B₃) 재구성 대역에서 동작하는 2 종류의 재구성 안테나 소자들이 필요하다.

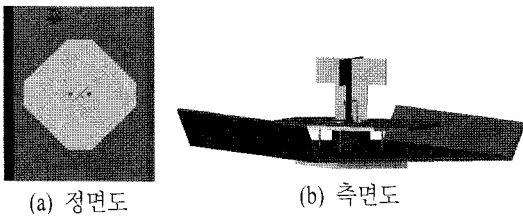
2-2 주파수 재구성 안테나 소자 I

ETRI가 고안한 주파수 재구성 안테나 소자의 기본 구조는 [그림 3]과 [그림 4]에서 보는 바와 같이 가장 저주파인 B₁ 대역 방사 소자는 하부에 그리고 더 높은 주파수인 B₂ 또는 B₃ 대역 방사 소자는 상부에 두는 구조이다^[12].

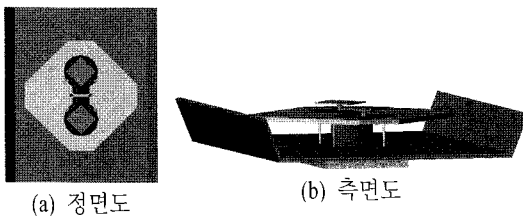
이때, 하부 B₁ 대역 방사 영역 부분은 B₂ 또는 B₃



[그림 2] 재구성 기지국용 배열 안테나의 안테나 소자 배치 구성도



[그림 3] (B_1+B_2) 재구성 대역 안테나 소자 구조



[그림 4] (B_1+B_3) 재구성 대역 안테나 소자 구조

대역 방사 소자의 접지면 역할을 제공한다. 이를 위해 하부에는 B_1 대역의 방사 소자를 air-strip 패치 구조로 하고 그 상부에 B_2 대역용 광대역 프린트 교차 다이폴 소자 또는 B_3 대역용 적층형 마이크로스트립 패치 소자를 각각 놓는다. 적층형 마이크로스트립 패치 소자는 배열 소자 간격을 고려하여 2개 한 쌍이 마주 보며 대칭적으로 놓여진다.

각 단일 안테나 소자 및 주파수 재구성 안테나 소자는 한 쌍의 송신 및 수신 단자를 가지며, 서로 직교 $+45^\circ/-45^\circ$ 선형 편파를 발생한다. 방사 소자 크기를 줄이기 위하여 모서리를 대칭적으로 절단하였으며, 이것은 배열시 배열 간격을 조정하는데 도움을 준다. 방사 소자의 중앙 부분이 공진 주파수에서 등가적으로 단락 회로를 구성한다고 간주할 수 있으므로, 안테나 소자의 중심부를 원통형 도체 기둥으로 단락시켰다. 이것은 공기 중에 떠 있는 에어스트립 패치를 지지하는 역할뿐만 아니라 주파수 재구성 안테나 소자 구조에서는 B_2 대역 방사 소자 및 B_3 대역 방사 소자의 접지면 경로를 제공할 수 있다. 또한, 에어스트립 패치상에 B_2, B_3 대역 방사 소자들이 올

라가며, 이것은 B_1 방사 구조에 간섭 영향을 주어 B_1 대역의 방사 패턴을 열화시키므로 이를 보상하기 위한 방법으로 [그림 3](a)에서 보는 바와 같이 4 단자 여기(excitation) 구조를 갖는다. 이것은 2 단자는 송신용, 나머지 2 단자는 수신용 여기 단자들이다. 그러므로, 송신 또는 수신 여기 단자에는 임피던스 정합 및 반대 위상을 제공하는 발룬 회로가 사용된다. 또한, [그림 3]과 [그림 4]에 표시된 바와 같이 접지면 도체판 가장자리는 방위각 방향의 3 dB 빔 폭을 조정하기 위하여 약 60° 정도 절곡되며, 이러한 절곡 효과는 또한 전후방비 특성에도 영향을 준다.

B_2 대역용 방사 소자는 약 40%의 대역에서 동작하는 프린트 다이폴 방사 소자를 기본으로 사용한다. 이 기본 소자는 송수신 직교 선형 편파 방사 구조를 갖기 위하여 서로 직교되므로 2 단자 직교 여기 구조를 갖는다. 프린트 다이폴 소자의 급전 구조는 마이크로스트립 선로에서 Coplanar 스트립 선로로 천이되는 구조로서 내부에 발룬 회로 특성을 갖는다. B_2 대역에서의 안테나 소자 이득 증가 및 안정적인 양질의 빔 패턴을 형성하기 위하여 프린트 교차 다이폴 소자 주위에 직경 한 파장이며, 두께 1 mm인 원형 도체 링을 둘 수 있다.

B_3 대역용 방사 소자는 약 10%에서 동작하는 송수신 겸용 적층형 마이크로스트립 패치 구조를 사용한다. 적층형 마이크로스트립 패치 구조는 비교적 양호한 동작 대역폭과 이득 특성을 보여주며, 송수신 단자를 위해 2개의 직교 여기 구조를 가지며, 직접 급전 방식을 사용한다. 기생 패치는 얇은 도체 판으로 구현되며, 구동 패치 중심부에 도체 지지대를 세워 두 패치간 간격을 유지한다. 이때, 도체 지지대는 구동 및 기생 패치의 중심부를 단락시키는 역할을 하지만 동작 대역 내에서는 방사 패턴 특성에 거의 영향을 주지 않는다. [그림 4]의 (B_1+B_3) 재구성 대역 방사 소자 구조에서 한 쌍의 B_3 대역 안테나 소자들이 사용된 이유는 B_3 주파수 대역 특성 및 안테

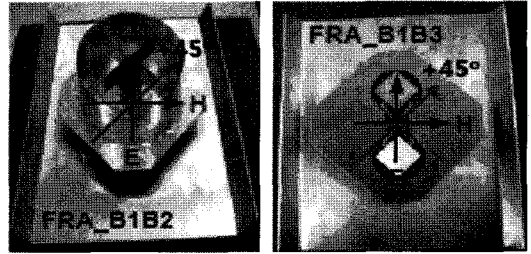
나 소자 특성을 고려한 배열 간격을 고려하였기 때문이다. 또한, 2개의 안테나가 서로 마주보는 이유는 빔 틸트 현상을 보상하기 위함이다.

[그림 5]는 실제 제작된 재구성 안테나 소자들의 시제품 사진이며, [그림 6]은 재구성 대역별 중심 주파수에서 측정된 실험 결과들을 보여준다. 측정된 주파수 재구성 방사 패턴들은 매우 양호한 특성을 보임을 알 수 있다.

2-3 주파수 재구성 안테나 소자Ⅱ

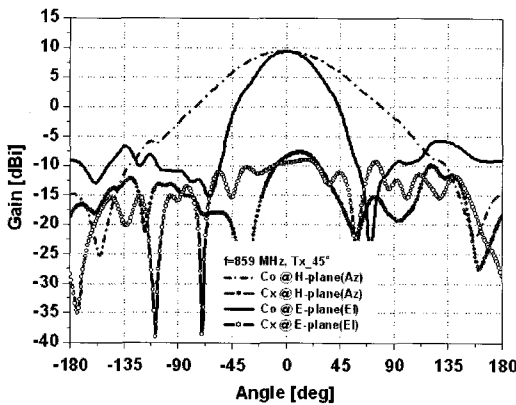
제 2-2절이 재구성 스위칭 소자를 병렬로 갖는 구

조라면 제 2-3절에서 논하는 재구성 안테나 소자 구

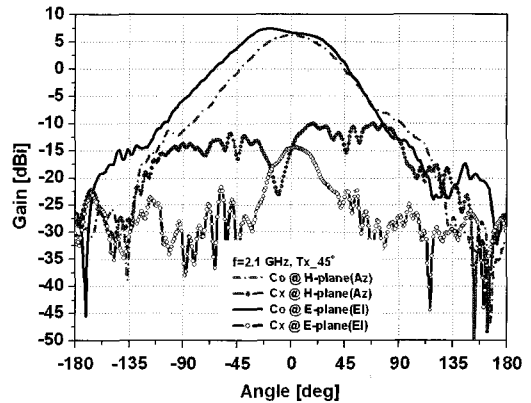


(a) (B_1+B_2) 재구성 대역 안테나 소자 (b) (B_1+B_3) 재구성 대역 안테나 소자

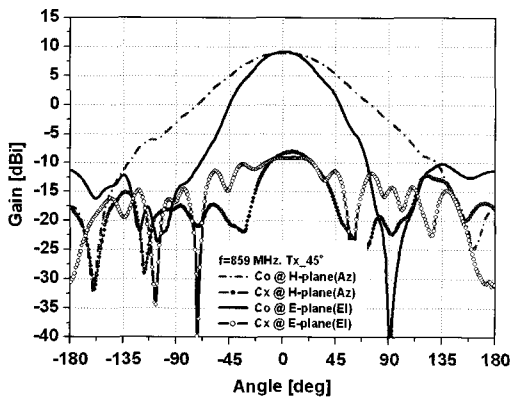
[그림 5] 제작된 재구성 안테나 소자들의 시제품 사진



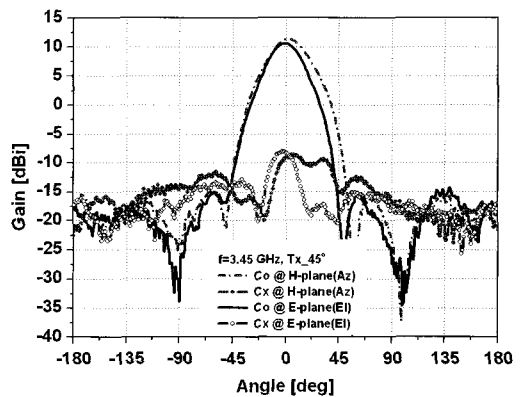
(a) (B_1+B_2) 안테나 구조의 B_1 방사 패턴 특성



(b) (B_1+B_2) 안테나 구조의 B_2 방사 패턴 특성



(c) (B_1+B_3) 안테나 구조의 B_1 방사 패턴 특성



(d) (B_1+B_3) 안테나 구조의 B_3 방사 패턴 특성

[그림 6] 각 재구성 중심 주파수에서 측정된 실험 결과

조는 스위칭 소자를 직렬로 갖는 구조라 볼 수 있다. 직렬 스위칭 소자들을 갖는 적층형 다이폴 재구성안테나 구조는 [그림 7]과 같이 재구성 안테나 방사체들을 전파 진행 방향으로 적층하여 입체 형태를 갖는 구조이다. 이때, 각 재구성 다이폴 안테나 방사체들은 지향 소자(director) 또는 반사 소자(reflector)로서 상호 작용하는 역할을 한다. 그러므로, 적층형 다이폴 재구성 안테나 소자 구조는 재구성 안테나 소자의 소형화(단일 소자) 및 단일 소자의 고이득 특성을 제공하는 장점이 있는 반면에 복수개의 스위칭 소자 수의 저항성 손실과 복잡한 전기적인 외부 제어 회로로 인하여 안테나 효율이 떨어진다. 또한, 재구성 방사체의 효율적 방사 위치 및 급전 설계가 상호 영향을 주는 관계이므로 광대역 급전 회로 설계

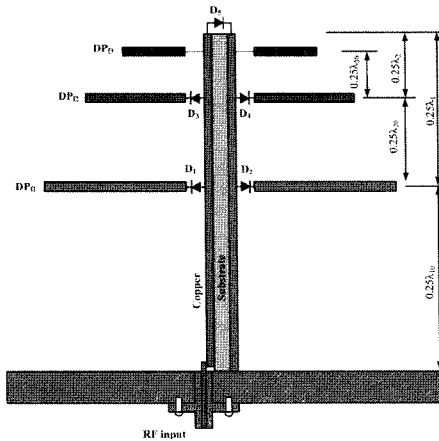
및 재구성 배열 설계가 어렵다는 단점이 있다.

[그림 8]은 재구성시 안테나 소자의 시뮬레이션 입력 반사 손실 특성을 보여주며, [그림 9]는 각 재구성 주파수 대역에서의 방사 패턴 특성을 보여준다. 시뮬레이션 결과는 입력 임피던스 정합 특성은 양호하나, 대역 2와 대역 3에서의 방사 패턴 특성은 안테나 구조에 의한 고차 모드 발생으로 인한 패턴 특성 열화가 일어나고 있음을 보여주고 있다.

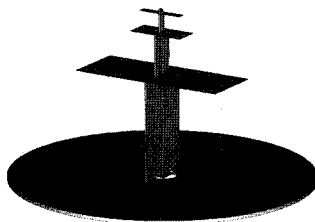
[그림 7]에서 보는 바와 같이 다이폴 소자를 재구성 안테나 소자로 사용하기 때문에 광대역 발룬 선로 회로가 요구된다. [그림 10]은 광대역 마이크로스트립-스트립 발룬 선로 구조로서, [그림 1]의 모든 재구성 대역에서 동작하며, 구현이 간단하다는 장점이 있다.

Ⅲ. 편파 재구성 안테나 기술

차세대 이동 통신 서비스는 고속화, 광대역화로 인하여 MIMO 안테나 기술 선호 추세이다. MIMO 안테나 성능은 안테나들간의 상호 상관 관계가 작을수록 성능이 우수하다. 그러나, 이것은 안테나들간의 간격을 공간적으로 멀리 하여야 하므로 MIMO 안테

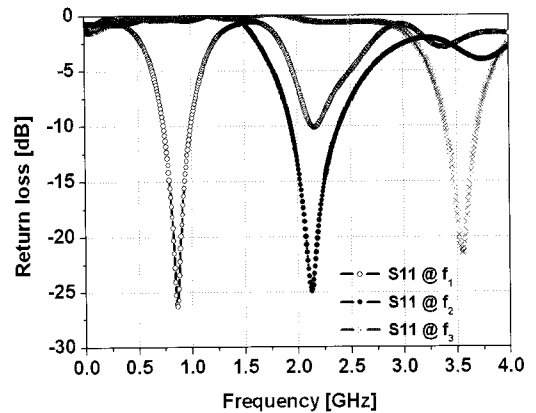


(a) 측면도

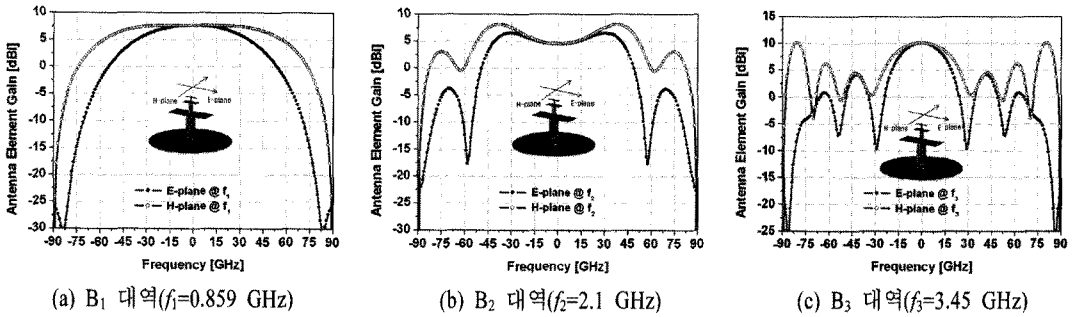


(b) 3-D

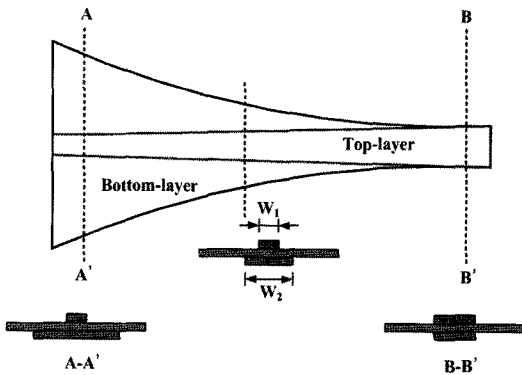
[그림 7] 직렬 스위칭 소자들을 갖는 적층형 다이폴 재구성 안테나 구조



[그림 8] 적층형 다이폴 재구성 안테나 소자의 시뮬레이션 입력 반사 손실 특성($f_1=0.859$ GHz, $f_2=2.1$ GHz, $f_3=3.45$ GHz)



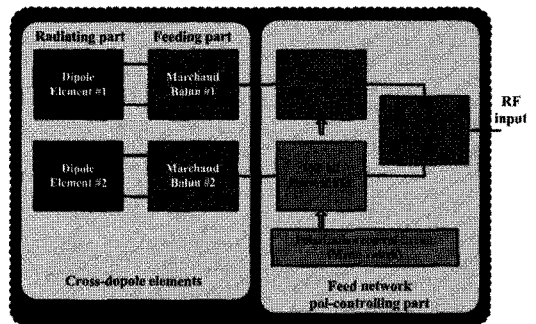
[그림 9] 적층형 다이폴 재구성 안테나 소자의 시뮬레이션 방사 패턴 특성



[그림 10] 광대역 마이크로스트립 불균형-균형 전송선로 구조

나의 전체 크기가 큰 단점이 있다. 이것을 극복하기 위한 한가지 방법은 인접 안테나들간의 실시간 직교 편파 사용을 통하여 인접 안테나간 고격리 특성을 제공함으로써 환경 적응형 소형 MIMO 안테나 구현이 가능하도록 한다. 또한, 종래의 재구성 편파를 위하여 방사체 모양을 변형하는 구조는 안테나 효율이 낮고 동작 대역폭이 매우 협소하며, 교차 편파 특성이 양호하지 못한 단점들이 있다^{[14],[15]}. 본 기고에서 제안하는 광대역 편파 재구성 안테나 구조는 두 개의 안테나 입력 단자를 제어하는 구조로서 광대역 안테나 소자 및 광대역 급전 회로 기술을 사용한다.

[그림 11]은 광대역 편파 재구성 안테나 소자의 내부 구성도를 보여준다. 광대역 편파 재구성용 안테



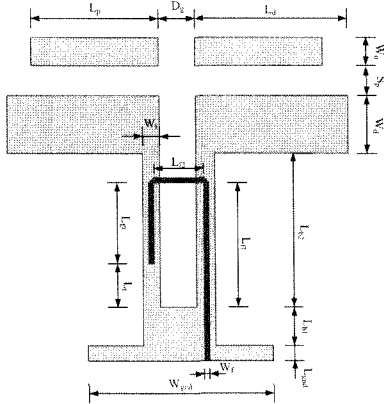
[그림 11] 광대역 편파 재구성 안테나 소자의 내부 구성도

나 기본 소자 및 재구성 급전 회로는 [그림 11]의 좌측 및 우측에 각각 보여진다. 재구성 급전 회로는 1:1 전력 분배비를 갖는 광대역 전력 분배기와 광대역 90° 위상 천이기 비트, 광대역 180° 위상 천이기 비트 그리고 디지털 편파 제어 회로로 구성된다.

3-1 광대역 다이폴 안테나 소자

광대역 편파 재구성을 위해 사용되는 광대역 안테나 소자는 [그림 12]에 보여지는 프린트 다이폴 안테나 구조로서 Marchant 발룬 급전 회로를 가지며, 광대역 임피던스 정합 특성을 보여준다^{[16],[17]}. 각 설계 변수들은 시뮬레이션을 통하여 결정된다.

이 안테나 소자의 동작 주파수 대역은 [그림 1]의 재구성 대역중 B₂ 대역에만 국한되어 이루어진다.



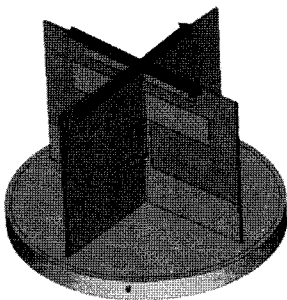
[그림 12] 광대역 프린트 다이폴 안테나 소자 구조

B₂ 대역은 PCS, WCDMA, Wibro 서비스 등 약 40 % 대역에서 동작하며, 차세대 MIMO 능동 기지국 안테나 배열 소자로 활용할 수 있다.

편파 재구성을 위해 프린트 다이폴 소자는 [그림 13] 과 같이 서로 직교되며, 두 개의 입력 단자를 갖는다. 두 개의 입력 단자에는 동일한 진폭을 가지며, 상대적인 위상 차가 0°, +90°, -90°, 180°인 신호들이 입력될 수 있도록 제어해 줌으로써 두 개의 직교 선형 및 두 개의 직교 원형 편파들을 생성할 수 있다.

3-2 광대역 편파 재구성 급전 회로

[그림 11]의 1:1 광대역 전력 분배기 설계는 40 %



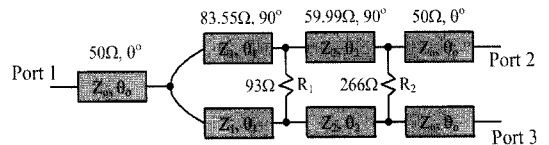
[그림 13] 광대역 편파 재구성을 위한 직교 다이폴 안테나 소자 구조

의 동작 대역폭을 고려하여 2단 윌킨슨 구조를 사용하며, 전력 분배기의 내부 구성도는 [그림 14]에 보여진다. [그림 14]의 설계 데이터는 $f_1/f_2=1.5$, $S_{11}(\max)=-35$ dB, $S_{22}, S_{33}(\max)=-49$ dB, $I(\min)=37$ dB의 설계 조건하에서 얻어진 것이다^[18]. 여기서, f_1 은 시작 동작 주파수, f_2 는 최종 동작 주파수, S_{11} 은 입력 단자 1의 반사 손실, S_{22} 는 출력 단자 2의 반사 손실, S_{33} 은 출력 단자 3의 반사 손실 그리고 I 은 출력 단자간 격리량을 각각 나타낸다.

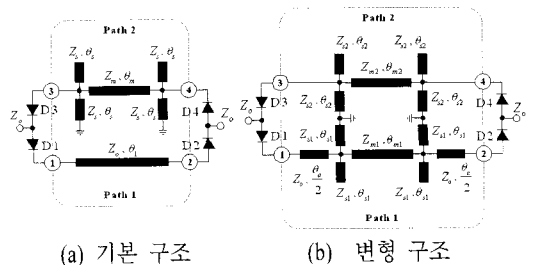
광대역 90°/180° 위상 천이기 비트 구조는 [그림 15]와 같이 보여진다^[19]. [그림 15](a)는 180° 위상 천이기 비트 설계에 사용되고, [그림 15](b)는 90° 위상 천이기 비트 설계에 사용된다. 사용된 위상 천이기 구조는 50 % 이상의 Fractional 대역폭 특성을 보여준다. 설계 변수에 대한 선택은 [그림 16]의 설계 변수 그래프를 사용한다^[19].

3-3 광대역 편파 재구성 회로 동작 및 전기적 성능

[그림 17]은 전기적 성능 실험을 위해 제작된 광



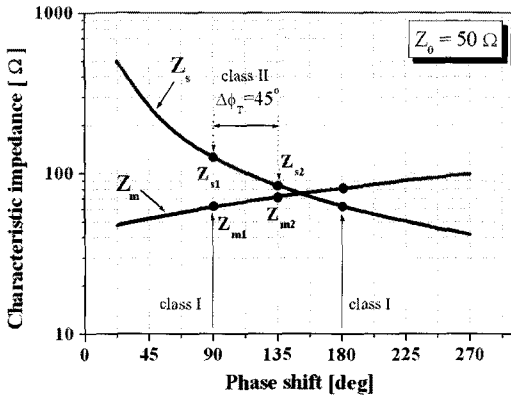
[그림 14] 1:1 광대역 2단 윌킨슨 전력 분배기의 내부 구성도



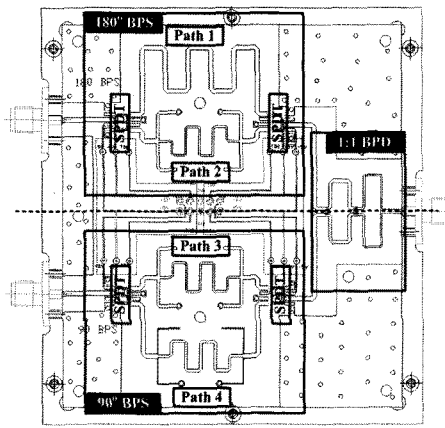
(a) 기본 구조

(b) 변형 구조

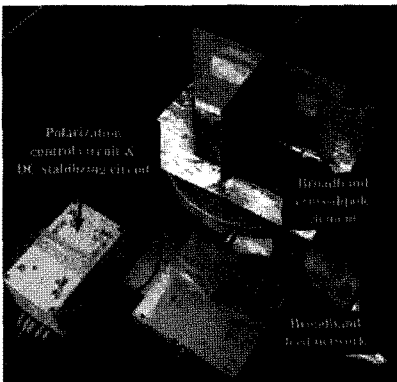
[그림 15] 광대역 90°/180° 위상 천이기 비트 구조



[그림 16] 광대역 위상 천이기 설계 변수 그래프



(a) 급전 회로 PCB 레이아웃



(b) 전체 조립도

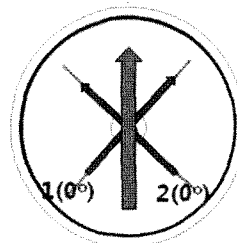
[그림 17] 광대역 편파 재구성 안테나 시제품 사진

대역 편파 재구성 안테나의 시제품 사진을 보여주며, 편파 재구성을 위한 제어 데이터는 <표 1>에 보여진다. 또한, <표 1>의 편파 재구성을 위한 제어 데이터를 이용한 제어를 통한 편파 재구성 동작 원리는 [그림 18]에 보여진다.

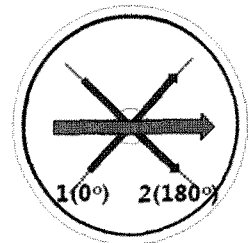
각 편파 재구성에 따른 측정된 방사 패턴 특성들은 [그림 19]에 보여진다. 그리고 요약된 이득 및 교차 편파 특성은 <표 2>에 정리되어 있다. 측정 결과는 동작 대역 내에서 최소 6.8 dBi, 그리고 최대 8.6

<표 1> 편파 재구성을 위한 제어 데이터

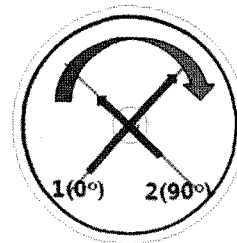
Polarization	Relative phase differences	Path 1	Path 2	Path 3	Path 4
+45° linear	0°	OFF	ON	ON	OFF
-45° linear	180°	ON	OFF	ON	OFF
LHCP	90°	ON	OFF	OFF	ON
RHCP	-90°	OFF	ON	OFF	ON



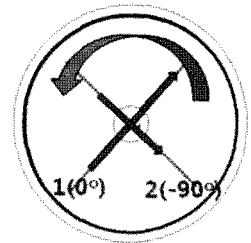
(a) 수직 편파



(b) 수평 편파

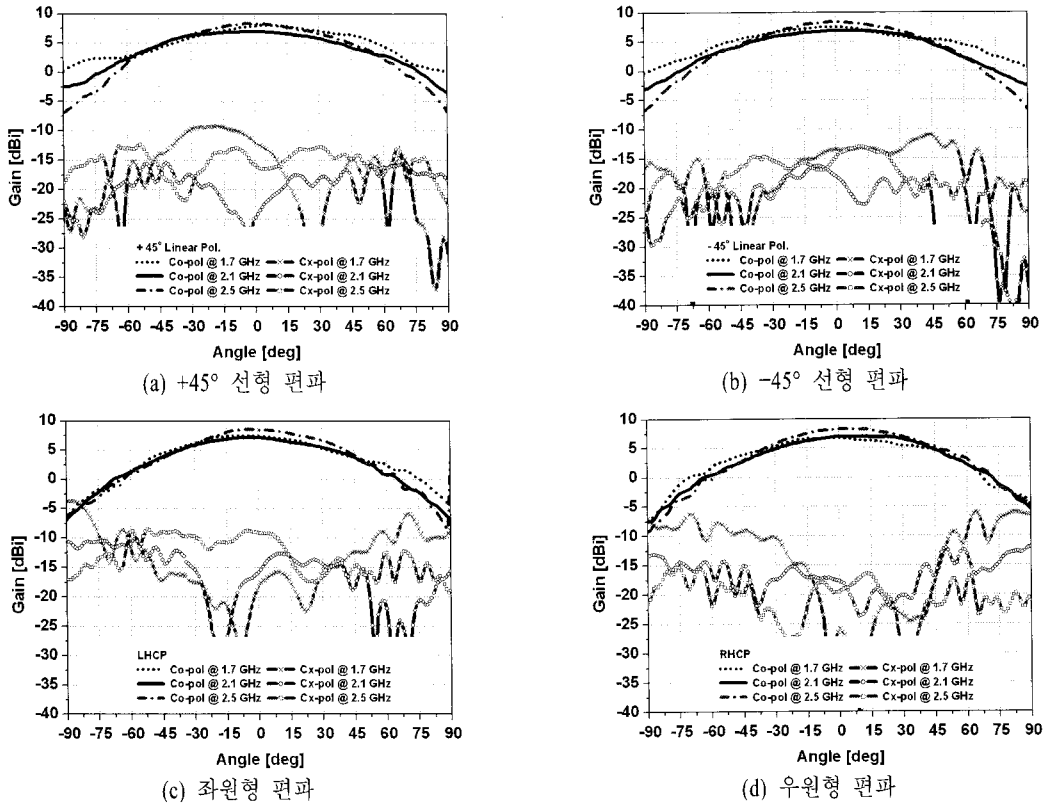


(c) 우현 편파



(d) 좌현 편파

[그림 18] 편파 재구성 동작 원리



[그림 19] 각 편파 재구성에 따른 측정된 방사 패턴 특성

<표 2> 요약된 이득 및 교차 편파 특성

Fre- quency	Polari- zation	Gain [dBi]	Cross-pol.[dBc] @ 3dB beam-width
1.7 GHz	+45° linear	8.1	15.6
	-45° linear	7.5	16.4
	LHCP	7.5	19.4
	RHCP	6.8	13.0
2.1 GHz	+45° linear	7.0	20.7
	-45° linear	6.9	22.9
	LHCP	7.2	16.9
	RHCP	7.0	16.2
2.5 GHz	+45° linear	8.4	19.3
	-45° linear	8.3	20.1
	LHCP	8.6	15.2
	RHCP	8.3	24.6

dB_i의 안테나 이득과 3 dB 빔 폭 범위 내에서 13 dBc 이상의 매우 양호한 교차 편파 특성을 보여줄 수 있다.

IV. 결 론

본 기고에서 기술한 주파수 및 편파 재구성 안테나 기술은 재구성 기능 구현을 위해 사용되는 스위칭 제어 소자 수를 최소화하므로 안테나 효율을 높일 수 있으며, 입력 임피던스 정합 특성을 개선할 수 있기 때문에 광대역 특성을 가질 수 있다. 또한, 방사체들 상호간 간섭 영향 및 고차 모드 발생 등을 최소화할 수 있는 이점이 있으며, 배열 안테나 시스템의 크기를 최소화할 수 있는 이점이 있다.

그러므로, 주파수 재구성 안테나 소자 기술은 차세대 인지 무선 또는 SDR 이동 통신 기지국/중계기 배열 안테나의 배열 소자로 활용할 수 있으며, 또한 광대역 편파 재구성 안테나 소자 기술은 인접 다중 안테나들간의 실 시간적 직교 편파를 사용함으로써 일정한 안테나 간격 하에 고 격리 특성을 얻을 수 있으므로 차세대 MIMO 기지국/중계기 배열 안테나의 배열 소자로 폭넓게 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] J. Mitola III, "Cognitive radio for flexible mobile multimedia communication", *Proc. IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications (MoMuC) 1999*, pp 3-10, Nov. 1999.
- [2] T. Wu, R. L. Li, S. Y. Eom, K. Lim, S. I. Jeon, J. Laskar, and M. M. Tentzeris, "A multiband/scalable reconfigurable antenna for cognitive radio base stations", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Jul. 2008.
- [3] C. Zhang, S. Yang, H. K. Pan, A. E. Fathy, S. El-Ghazaly, and V. Nair, "Reconfigurable antenna for simultaneous multi-service wireless applications", *IEEE Radio and Wireless Symposium*, 2007, pp. 543-546, Jan. 2007.
- [4] A. E. Fathy, A. Rosen, H. S. Owen, F. McGinty, D. J. McGee, G. C. Taylor, R. Amantea, P. K. Swain, S. M. Perlow, and M. ElSherbiny, "Silicon-based reconfigurable antennas-concepts, analysis, implementation, and feasibility", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 51, issue 6, pp. 1650-1661, Jun. 2003.
- [5] B. A. Cetiner, H. Jafarkhani, Jiang-Yuan Qian, Hui Jae Yoo, A. Grau, and F. De Flaviis, "Multifunctional reconfigurable MEMS integrated antennas for adaptive MIMO systems", *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, issue 12, pp. 62-70, Dec. 2004.
- [6] E. R. Brown, "RF-MEMS switches for reconfigurable integrated circuits", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 46, no. 11, pp. 1868-1880, Nov. 1998.
- [7] S. Xiao, B. Z. Wang, and X. S. Yang, "A novel frequency reconfigurable patch antennas", *Micro-wave Opt. and Technol. Lett.*, 36, pp. 295-297, Feb. 2003.
- [8] M. K. Fries, M. Grani, and R. Vahldieck, "A reconfigurable slot antenna with switchable polarization", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 13, issue 11, pp. 490-492, Nov. 2003.
- [9] S. Zhang, G. H. Huff, J. Feng, and J. T. Bernhard, "A pattern reconfigurable microstrip parasitic array", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 52, issue 10, pp. 2773-2776, Oct. 2004.
- [10] 교차 다이폴, 교차 다이폴 모듈, 배열 안테나 및 다중입력 다중출력 안테나, 국내 특허, 출원번호 12/117460.
- [11] 기지국 송수신 안테나 및 그의 운용 방법, 국내 특허, 출원번호 12/130859.
- [12] 주파수 재구성 동작을 위한 안테나 구조, 국내 특허, 출원번호 0124323.
- [13] 광대역 편파 재구성을 위한 광대역 안테나 시스템 및 이를 이용한 신호 송신 방법, 국내 특허, 출원번호 0124324.
- [14] Y. J. Sung, T. U. Jang, and Y. S. Kim, "A reconfigurable microstrip antenna for switchable polarization", *IEEE Microwave and Wireless Compon. Lett.*, vol. 14, pp. 534-536, Nov. 2004.
- [15] K. H. Chung, Y. S. Nam, T. Y. Yun, and J. H. Choi, "Reconfigurable microstrip patch antenna

- with switchable polarization", *ETRI Journal*, vol. 28, no. 3, pp. 379-382, Jun. 2006.
- [16] B. Edward, D. Rees, "A broadband printed dipole with integrated balun", *Microwave Journal*, pp. 339-344, May 1987.
- [17] P. Lindberg, E. Ojefors, Z. Barna, A. Thornell-Pers, and A. Rydberg, "Dual wideband printed dipole antenna with integrated balun", *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 1, Iss. 3, pp. 707-711, Jun. 2007.
- [18] S. B. Chon, "A class of broadband three-port TEM-mode hybrids", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech.*, vol. MTT-16, no. 2, pp. 110-116, Feb. 1968.
- [19] S. Y. Eom, H. K. Park, "New switched network phase shifter with broadband characteristic", *Microwave and Optical Tech. Lett.*, vol. 38, no. 4, Aug. 2003.

≡ 필자소개 ≡

엄 순 영



1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
 1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원

책임연구원

2009년 9월~현재: 과학기술연합대학원대학교 이동 통신 및 디지털방송공학과 겸임교수

2007년 7월~2008년 7월: 미국 조지아공대 국제공동개발

1991년 8월~1993년 7월: 이탈리아 Alenia Spazio사와 VSAT (DAMA-SCPC) 시스템 국제공동개발

[주 관심분야] 초고주파 수동/능동 부품 및 시스템, 위성 배열 안테나, 위성/이동 통신 안테나 및 RF 시스템 등

전 순 익

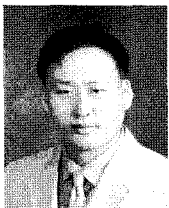


1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
 1996년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
 1990년 9월~현재: 한국전자통신연구원

안테나기술연구팀 팀장, 책임연구원

[주 관심분야] 초고주파 수동 및 능동 부품 및 시스템, 안테나 시스템, CR시스템 등

정 영 배



1999년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년 2월: 한국정보통신대학교 전자공학부 (공학석사)
 2001년 2월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원

[주 관심분야] 초고주파 수동 및 능동부품 설계, 이동 통신용 안테나, 위성 통신용 위성 배열 안테나 시스템

김 창 주



1980년: 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)
 1988년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1993년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1979년 12월~1983년 3월: ADD 연구원
 1983년 3월~현재: 한국전자통신연구원 전파기술연구부장
 [주 관심분야] 전파 자원 이용 기술, 전자파 환경 기술, 안테나 기술, Cognitive Radio, 이동 통신 및 방송 기술 등