



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2018-0043823  
(43) 공개일자 2018년04월30일

- |   |  |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>H03H 11/30 (2006.01) H01Q 5/50 (2014.01)<br/>H03H 7/40 (2006.01) H04B 1/04 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>H03H 11/30 (2013.01)<br/>H01Q 5/50 (2015.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-7008550</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2015년09월17일<br/>심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2017년03월26일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/IB2015/057161</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2017/033048<br/>국제공개일자 2017년03월02일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>15/01780 2015년08월26일 프랑스(FR)</p> | <p>(71) 출원인<br/>삼성전자주식회사<br/>경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)</p> <p>(72) 발명자<br/>브호이드, 프레데리크<br/>프랑스, 12 쉐멍 데 오프 드 클레르폰텐<br/>에프-78580 몰<br/>클라벨리에, 에블린<br/>프랑스, 12 쉐멍 데 오프 드 클레르폰텐<br/>에프-78580 몰</p> <p>(74) 대리인<br/>이건주, 김정훈</p> |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 20 항

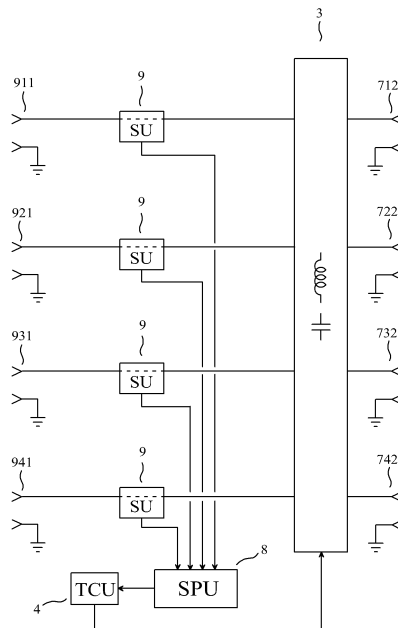
(54) 발명의 명칭 **튜닝 유닛을 자동으로 조정하는 방법 및 이 방법을 사용하는 자동 튜닝 시스템**

**(57) 요약**

본 발명은 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛, 일 예로 다수의 안테나들을 동시에 사용하는 무선 송수신기의 안테나들에 연결되는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 자동으로 조정하는 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 이 방법을 사용하는 자동 튜닝 시스템에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도1



자동 튜닝 시스템은 4개의 사용자 포트들 (712), (722), (732), (742) 및 4개의 타겟 포트들 (911), (921), (931), (941)을 가지며, 4개의 센싱 유닛들(9); 신호 프로세싱 유닛(8), 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 사용자 포트들에 적용되는 4개의 여기들에 대해 획득되는 센싱 유닛 출력 신호들을 사용하여 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양들을 추정하고, 상기 신호 프로세싱 유닛은 튜닝 명령을 전달하며; 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3); 상기 튜닝 명령을 수신하고, 튜닝 제어 신호들을 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛으로 전달하는 튜닝 제어 유닛(4)을 포함하며, 상기 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정된다.

(52) CPC특허분류

*H03H 7/40* (2013.01)

*H04B 1/0458* (2013.01)

*H04B 1/0475* (2013.01)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

주어진 주파수에서  $m$ 개의 사용자 포트들로부터  $n$ 개의 타겟 포트들로의 전력의 전달을 허락하고,  $m$ 은 2보다 크거나 같은 정수이며,  $n$ 은 2보다 크거나 같은 정수인 자동 튜닝 시스템에서 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 조정하는 방법에 있어서,

상기  $m$ 개의 사용자 포트들 각각에 적용하는  $m$ 개의 여기(excitation)들 각각을 획득하는 과정;

상기  $m$ 개의 여기들에 대하여 획득된 센싱 출력 신호들을 사용하여 상기 타겟 포트들의 제1 임피던스 행렬에 기초하여  $q$ 개의 실수 양들을 추정하고, 상기  $q$ 는 상기  $m$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기  $q$ 개의 실수 양들에 대응하는 튜닝 제어 신호들을, 상기 미리 결정된 주파수에서 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛 내에 포함된 상기  $p$ 개의 임피던스 디바이스들 중에서 적어도 하나의 임피던스 디바이스에 송신하고, 여기서 상기  $p$ 는  $m$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기  $p$ 개의 임피던스 각각은 리액턴스를 가지고, 상기  $p$ 개의 임피던스 디바이스들 중 하나의 임피던스 디바이스의 리액턴스는 상기 사용자 포트들에 의하여 제공되는 제2 임피던스 매트릭스에 영향을 미치는 과정;

상기 튜닝 제어 신호들 각각을 적어도 하나의 임피던스 디바이스로 송신하는 과정을 포함하며, 상기 적어도 하나의 임피던스 디바이스의 상기 리액턴스는 상기 터널 제어 신호에 기초하여 결정되는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기  $m$ 개의 여기들은 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용됨을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 여기들 각각은 1개의 복소 포락선(complex envelope)을 가지며, 상기  $m$ 개의 복소 포락선들은 복소수들의 필드에 대한 벡터 공간으로 간주되는, 1개의 실수 변수의 복소 함수들의 집합에서 선형적으로 독립적임을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기  $m$ 개의 여기들은 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되지 않음을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 5

제3항에 있어서,

상기 여기들 중 두 개 혹은 그 이상은 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용됨을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 임피던스 행렬이 상기 미리 결정된 주파수에서 대각 임피던스 행렬이면, 상기 제2 임피던스 행렬은 상기 임피던스 디바이스의 상기 리액턴스에 기초하여 결정되는 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 임피던스 행렬이 상기 상기 대각 임피던스 행렬이면, 상기 제2 임피던스 행렬의 적어도 하나의 비대각 엔트리(non-diagonal entry)는 상기 적어도 하나의 임피던스 디바이스의 상기 리액턴스에 기초하여 결정되는 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

$n = m$ 이고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛이  $n$  개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들을 포함하면, 두 개 이상의 임피던스 디바이스들이 상기  $n$  개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들 내에 포함되는 방법.

**청구항 9**

주어진 주파수에서,  $m$ 개의 사용자 포트들 (712), (722), (732), (742)로부터  $n$ 개의 타겟 포트들 (911), (921), (931), (941)로의 전력 전달을 허용하며, 상기  $m$  은 2보다 크거나 같은 정수이며, 상기  $n$  은 2보다 크거나 같은 정수인 자동 튜닝 디바이스에 있어서,

적어도 하나의 센싱 유닛 출력 신호를 전달하고, 상기 센싱 유닛 출력 신호들 각각은 하나 혹은 그 이상의 전기적 변수들에 의해 주로 결정되는, 적어도  $n$ 개의 센싱 유닛들(9);

상기 사용자 포트들에 적용되는  $m$  개의 여기(excitation)들에 대해 획득되는 센싱 유닛 출력 신호들을 사용하여 상기 타겟 포트들의 제1 임피던스 행렬에 기초하여  $q$  개의 실수 양들을 추정하고, 상기  $q$  는 상기  $m$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛 내에 포함된  $p$ 개의 임피던스 디바이스들 중 적어도 하나의 임피던스 디바이스에 대응하는 튜닝 제어 신호들을 송신하는 신호 프로세싱 유닛 (8);

상기  $p$  개의 임피던스 디바이스들을 포함하고, 상기  $p$  는 상기  $m$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기  $p$  개의 임피던스 디바이스들 각각은 상기 주어진 주파수에서 리액턴스를 가지며, 상기  $p$ 개의 임피던스 디바이스들 중 하나의 임피던스 디바이스의 상기 리액턴스는 상기 사용자 포트들에 의하여 제공되는 임피던스 행렬에 영향을 미치는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3);

상기 신호 프로세싱 유닛으로부터 상기 튜닝 제어 신호들을 수신하고, 상기 튜닝 제어 신호들 각각을 상기 적어도 하나의 임피던스 디바이스에 송신하고, 상기 적어도 하나의 임피던스 장치의 상기 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들에 기초하여 결정되는 튜닝 제어 유닛(4)을 포함하는 자동 튜닝 장치.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기  $m$ 개의 여기들은 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용됨을 특징으로 하는 자동 튜닝 장치.

**청구항 11**

제9항에 있어서,

상기 여기들 각각은 1개의 복소 포락선(complex envelope)을 가지며, 상기  $m$ 개의 복소 포락선들은 상기 복소수들의 필드에 대한 벡터 공간으로 간주되는, 1개의 실수 변수의 복소 함수들의 집합에서 선형적으로 독립적임을 특징으로 하는 자동 튜닝 장치.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기  $m$ 개의 여기들은 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되지 않음을 특징으로 하는 자동 튜닝 장치.

**청구항 13**

제11항에 있어서,

상기 여기들 중 두 개 혹은 그 이상은 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용됨을 특징으로 하는 자동 튜닝 장치.

**청구항 14**

제9항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센싱 유닛 출력 신호는:

제1 전기적 변수에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호와 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 포함하며, 상기 제1 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에 걸친 전압이며; 상기 제2 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나의 방출 전류임을 특징으로 하는 자동 튜닝 장치.

**청구항 15**

제9항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센싱 유닛 출력 신호는 :

제1 전기적 변수에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호와 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 포함하며,

상기 제1 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 입사 전압(incident voltage)이며; 상기 제2 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 반사 전압임을 특징으로 하는 자동 튜닝 장치.

**청구항 16**

제9항에 있어서,

상기 제1 임피던스 행렬이 미리 결정된 주파수에서 대각 임피던스 행렬과 동일하면, 상기 제2 임피던스 행렬은 상기 임피던스 장치의 상기 리액턴스에 기초하여 결정되는 자동 튜닝 장치.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 제1 임피던스 행렬이 상기 대각 임피던스 행렬이면, 상기 제2 임피던스 행렬의 적어도 하나의 비대각 엔트리(non-diagonal entry)는 상기 임피던스 디바이스의 상기 리액턴스에 기초하여 결정되는 자동 튜닝 장치.

**청구항 18**

제9항에 있어서,

$n = m$ 이고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛이  $n$  개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들을 포함하면, 두 개 이상의 임피던스 디바이스들이 상기  $n$  개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들 내에 포함되는 자동 튜닝 장치.

**청구항 19**

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센싱 유닛 출력 신호는:

제1 전기적 변수에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호와 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 포함하며, 상기 제1 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에 걸친 전압이며; 상기 제2 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나의 방출 전류임을 특징으로 하는 방법.

**청구항 20**

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센싱 유닛 출력 신호는:

제1 전기적 변수에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호와 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 포함하며,

상기 제1 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 입사 전압(incident voltage)이며, 상기 제2 전기적

변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 반사 전압임을 특징으로 하는 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛, 일 예로 다수의 안테나들을 동시에 사용하는 무선 송수신기의 안테나들에 연결되는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 자동으로 조정하는 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 이 방법을 사용하는 자동 튜닝 시스템에 관한 것이다.

[0002] 2015년 8월 26일에 "Procédé pour réguler automatiquement une unité d'accord, et système d'accord automatique utilisant ce procédé"의 명칭으로 출원된 프랑스 특허 출원 번호 15/01780가 참조로 포함된다.

**배경 기술**

[0003] 임피던스를 튜닝한다는 것은 디바이스의 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 원하는 임피던스에 근접하게 하는 것을 획득하고, 동시에 출력 포트에 의해 보여지는 임피던스가 변경될 수 있는 컨텍스트에서 상기 디바이스의 입력 포트에서 출력 포트에 이상적으로 손실이 없는, 혹은 거의 손실이 없는 전력의 전달을 제공하는 것을 의미한다. 따라서, 원하는 임피던스의 복소 켤레값(complex conjugate)과 동일한 임피던스를 제공하는 신호 생성기가 상기 입력 포트에 연결될 경우, 상기 신호 생성기는 상기 입력 포트에 최대 전력을 전달할 것이고, 상기 출력 포트는 이 최대 전력에 근접하는 전력을 전달할 것이며, 이 최대 전력은 "가용 전력"이라고 칭해진다.

[0004] 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛은 실질적으로 패시브 선형(passive linear) 2-포트 디바이스인, 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛의 입력 포트 및 출력 포트에 대해, 주어진 주파수 대역의 임의의 주파수에서 동작한다. 여기서, "패시브"는 회로 이론의 의미로 사용되며, 따라서 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛은 증폭을 제공하지 않는다. 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛은 각각이 조정 가능 리액턴스(reactance)를 가지는 하나 혹은 그 이상의 조정 가능 임피던스(impedance) 디바이스들을 포함한다. 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛을 조정한다는 것은 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛의 임피던스 디바이스들 중 하나 혹은 그 이상의 리액턴스를 조정하는 것을 의미한다. "Appareil d'accord d'antenne pour un réseau d'antennes accès multiple" 라는 명칭의, 2012년 9월 25일자 프랑스 특허 출원 번호 12/02542 및 이에 대응되는 058423 "Antenna tuning apparatus for a multiport antenna array"라는 명칭의, 2013년 9월 10일자 국제 출원 PCT/IB2013/의 배경 기술에는 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛의 두 가지 예들이 제공되어 있으며, 이런 예들 각각은 단일 안테나를 튜닝하는데 사용될 수 있는 안테나 튜닝 장치로 지정되어 있다. 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛은 임피던스를 튜닝하기 위해 사용될 수 있다. 임피던스를 튜닝하기 위해서, 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛은 반드시 적절하게 조정되어야만 한다.

[0005] 임피던스를 자동으로 튜닝하는 많은 방법들과 장치들이 설명되어 있으며, 이들은 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 기반으로 하나 혹은 그 이상의 실수 양(real quantity)들을 사용하고, 이런 실수 양들은 "튜닝 제어 신호들"을 획득하기 위해 프로세싱되며, 상기 튜닝 제어 신호들은 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들의 리액턴스들을 제어하기 위해 사용된다.

[0006] 예를 들어, "Automatic Tuning System"라는 명칭의 US 특허 번호 2,523,791에 개시되어 있는 임피던스를 자동으로 튜닝하는 장치에서, "Automatic Impedance Matching Apparatus"라는 명칭의 US 특허 번호 2,745,067에 개시되어 있는 임피던스를 자동으로 튜닝하는 장치에서, 그리고 "Impedance Matching System"라는 명칭의 US 특허 번호 3,443,231에 개시되어 있는 임피던스를 자동으로 튜닝하는 장치에서, 상기 원하는 임피던스는 저항이다. 이러한 저항을 나타내는데  $R_0$ 를 사용할 것이다. 이런 장치들 각각에서, 회로에서 주어진 포인트에서 전압  $v$  및 전류  $i$ 가 센싱되며, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스는  $Z = v/i$ 가 된다. 이런 장치들 각각에서, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 기반으로 하는 실수 양들은  $i$ 에 대한  $v$ 의 위상에 의해 결정되는 전압이고, 이 위상은  $Z$ 의 인수(argument)와 동일하며, 전압은 실질적으로 상기 차이  $|v| - R_0 |i|$ 에 비례한다. 이런 장치들 각각에서, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스가 실질적으로 원하는 임피던스와 동일한 경우 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스에 따른 제2 실수 양은 실질적으로 0과 동일하지만, 그 역은 진실(true)이 아니다. 상기 특허 번호 2,745,067 및 특허 번호 3,443,231의 경우에서, 상기 입력 포트에 의해 제공

되는 임피던스를 기반으로 하는 2개의 실수 양들은 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스가 상기 원하는 임피던스에 실질적으로 동일할 경우에만 실질적으로 0과 동일하다. 상기 특허 번호 3,443,231의 경우에서, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스 이외의 임피던스를 대표하는 두 개의 다른 실수 양들은 또한 상기 튜닝 제어 신호들을 획득하는데 사용된다.

[0007] 일 예로, "Automatic Impedance Matching Apparatus"라는 명칭의 US 특허 번호 4,356,458 에 개시된 임피던스 자동 튜닝 장치와 "Automatic Antenna Tuning System"라는 명칭의 US 특허 번호 5,225,847에 개시된 임피던스 자동 튜닝 장치에서, 두 개의 전압들이 센싱된다: 한 전압은 실질적으로, 복소 입사 전압(incident voltage)(입사 전압은 순방향 전압이라고도 칭해짐)의 절대값에 실질적으로 비례하고, 한 전압은 복소 반사 전압의 절대값에 실질적으로 비례한다. 상기와 동일한 표기들을 사용하여,  $v_F$ 는 상기 복소 입사 전압을 나타내고,  $v_R$ 은 복소 반사 전압을 나타내며, 전문가는 상기 절대값들이  $|v_F| = |v + R_0 i|/2$  및  $|v_R| = |v - R_0 i|/2$ 로 각각 주어 진다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이런 장치들 각각에서, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 기반으로 하는 단일 실수 양이 사용된다. 상기 단일 실수 양은 디지털 회로에서 프로세싱되는 수이다. 이런 장치들 중 하나에서, 이런 수는 상기 복소 반사 전압의 절대값 대 상기 복소 입사 전압의 절대값의 비와 실질적으로 동일하며, 즉  $|v_R| / |v_F|$ 이다. 이런 장치들 중 나머지 장치에서, 이러한 수는 실질적으로, 이 비율의 제곱의 역수와 동일하며, 즉  $|v_F|^2 / |v_R|^2$ 이다.

[0008] 일 예로, "Antenna Tuner Discriminator"라는 명칭의 US 특허 번호 4,493,112 호에 개시된 임피던스를 자동으로 튜닝하는 장치에서, 2 개의 복소 전압들: 즉, 입사 전압에 실질적으로 비례하는 전압과 반사 전압에 실질적으로 비례하는 전압이 센싱된다. 상기 입사 전압을 상기 위상을 위한 기준으로 사용할 경우, 상기 반사 전압의 실수 파트에 비례하는 전압과 상기 반사 전압의 허수 파트에 비례하는 전압이 획득된다. 이 장치에서, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 기반으로 하는 실수 양들은 상기 반사 전압의 실수 파트에 비례하는 전압과 상기 반사 전압의 허수 파트에 비례하는 전압이다. 이 장치에서, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 기반으로 하는 2 개의 실수 양들은 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스가 상기 원하는 임피던스와 실질적으로 동일한 경우에만 실질적으로 0과 동일하다.

[0009] 상기 특허 번호 4,356,458 및 특허 번호 5,225,847 에 개시된 장치들에서, 순차 논리를 포함하는 디지털 피드백 루프는 튜닝 제어 신호를 획득하고, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 튜닝하기 위해 사용되어야만 하며, 이는 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 기반으로 하는 단일 실수 양이 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스에 대한 전체 정보를 제공하지 않기 때문이라는 것에 유의하여야만 할 것이다. 상기에서 고려된 다른 장치들에서, 더 빠른 튜닝이 획득될 수 있는데, 이는 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 기반으로 하는 2 개의 실수 양들이 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스에 대한 전체 정보를 제공하기 때문에, 상기 튜닝 제어 신호들을 획득하고 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 튜닝하는데 단순 퇴행 피드백 루프(simple degenerative feedback loop)가 사용될 수 있기 때문이다. 하지만, 전문가는 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스를 기반으로 하는 2 개의 실수 양들을 사용하여 임피던스를 자동 튜닝하고, 상기 입력 포트에 의해 제공되는 임피던스에 대한 전체 정보를 제공하는 장치는, 주어진 시간에서 획득된 이런 전체 정보를 기반으로 정확한 튜닝을 획득하는데 필요로 되는 상기 튜닝 제어 신호들의 값을 계산하고, 상기 대응되는 튜닝 제어 신호들을 신속하게 전달할 경우, 가장 빠른 튜닝을 달성할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0010] 상기 입력 포트가 무선 수신기 또는 무선 송신기의 무선 주파수 신호 포트에 연결되도록 의도 될 때, 임피던스를 자동으로 튜닝하기 위한 장치는 때로는, 예를 들어, "Method for tuning an adaptive impedance matching network with a look-up table"라는 명칭의 US 특허 번호 8,072,285 또는 "Adaptive impedance matching module"라는 명칭의 US 특허 번호 8,299,867 에서의 "자동 안테나 튜너"또는 "적응적 임피던스 매칭 모듈"이라고 칭해진다. 임피던스를 자동적으로 튜닝하기 위한 장치는 일부 회로 파라미터들, 즉 조정 가능한 임피던스 디바이스의 리액턴스들이 센싱된 전압 또는 전류와 같은 회로 변수들의 함수로서 시간에 따라 변경된다는 점에서 실제로 적응적이다.

[0011] 임피던스 행렬을 튜닝한다는 것은 디바이스의 다수 개의 입력 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 원하는 임피던스 행렬에 근접하게 하는 것을 획득하고, 동시에 다수의 출력 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 가변할 수 있는 컨텍스트에서 다수의 입력 포트들에서 상기 디바이스의 복수의 출력 포트들로 이상적으로는 무손실이거나 거의 무손실의 전력 전달을 제공하는 것을 의미한다. 따라서, 상기 원하는 임피던스 행렬의 허미시안 수반 행렬(hermitian adjoint)(즉, 상기 행렬 복소 켄쥬게이트(complex conjugate)의 행렬 트랜스포즈

(transpose)와 동일한 행렬이라고 말할 수 있는)과 동일한 임피던스 행렬을 제공하는 멀티포트 신호 생성기의 포트들이 상기 다수의 입력 포트들에 적합하게 연결될 경우, 상기 멀티포트 신호 생성기는 최대 전력을 상기 다수의 입력 포트들로 전달하며, 상기 다수의 출력 포트들은 이 최대 전력에 가까운 전력을 전달하고, 이 최대 전력은 "가용 전력"이라고 칭해진다.

[0012] 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 실질적으로 패시브 선형(passive linear)  $(n + m)$ -포트 디바이스인, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의  $m$  개의 입력 포트들 및  $n$  개의 출력 포트들에 대해, 주어진 주파수 대역의 임의의 주파수에서 동작한다. 여기서, "패시브"는 회로 이론의 의미로 사용되며, 따라서 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 증폭을 제공하지 않는다. 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 각각이 조정 가능 리액턴스(reactance)를 가지는 몇몇의 조정 가능 임피던스(impedance) 디바이스들을 포함한다. 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 조정한다는 것은 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의 임피던스 디바이스들 중 하나 혹은 그 이상의 리액턴스를 조정하는 것을 의미한다. 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의 예들은 상기 프랑스 특허 출원 번호 12/02542 및 그에 대응하는 국제 출원 PCT/IB2013/058423에 개시되어 있으며, 이런 예제들 각각은 "멀티포트 안테나 어레이를 위한 안테나 튜닝 장치"로서 지정된다. 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 임피던스 행렬을 튜닝하기 위해 사용될 수 있다. 임피던스 행렬을 튜닝하기 위해, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 반드시 적합하게 조정되어야만 한다.

[0013] 전문가는 임피던스를 자동 튜닝하기 위한 다수의 장치들이, 그 다수의 장치들의 출력 포트들과 연결된 멀티포트 부하의 포트들 간 상호 작용이 매우 적고 원하는 임피던스 행렬이 대각 행렬인 특수한 경우에, 임피던스 행렬을 자동으로 튜닝하기 위해 사용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이러한 접근 방식은 출력 포트들에 연결된 멀티포트 부하의 포트들간 상호 작용이 매우 적지 않은 경우, 즉 출력 포트들에서 보여지는 임피던스 행렬이 실질적으로 대각 행렬이 아닌 경우, 임피던스 행렬을 자동으로 튜닝하기 위해 사용될 수 없다.

[0014] 둘 다 "Method and apparatus for automatically tuning an impedance matrix, and radio transmitter using this apparatus"라는 명칭의, 2014년 2월 12일자 국제 출원 PCT/IB2014/058933 및 US 특허 번호 9,077,317 에 상응하는, "Procede et appareil pour accorder automatiquement une matrice impedance, etemetteur radio utilisant cet appareil"라는 명칭의 2013년 4월 15일자 프랑스 특허 출원 번호 13/00878는 임피던스 행렬을 자동으로 튜닝하는 방법을 개시한다. 크기  $m \times m$ 의 임피던스 행렬을 튜닝하기 위해, 이 방법은 상기 입력 포트들에 연속적으로 적용되는 여기(excitation)들을 사용하여 상기 입력 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양들을 추정한다. 이 방법은 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 자동으로 조정하기 위해 사용될 수 있다. 불행하게도, 이 방법은 상기 입력 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양들 및 상기 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각이 조정된 후에 사용해야만 하는 리액턴스 값간의 직접 관계가 존재하지 않기 때문에 매우 복잡한 연산들 및 많은 반복들을 필요로 한다. 게다가, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛에서의 손실들이 매우 작을 때 이 방법을 사용하여 획득되는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의 조정은 최적일 필요가 없다는 것이 보여질 수 있다.

[0015] 결과적으로, 매우 복잡한 연산들 없이, 혹은 많은 반복들 없이, 혹은 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛에서의 손실들이 매우 작지 않을 때, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 최적으로 그리고 자동으로 조정하는 문제에 대한 알려진 해결 방식은 존재하지 않는다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0016] 본 발명의 목적은 공지된 기술들의 상기에서 설명한 바와 같은 제한들 없이 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 자동으로 조정하는 방법 및 이런 방법을 사용하는 자동 튜닝 시스템에 있다.

[0017] 이하에서 "영향력을 갖는다"는 것과 "효과가 있다"는 같은 의미를 가진다.

**과제의 해결 수단**

[0018] 본 발명의 방법은, 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)은  $m$ 개의 "사용자 포트들" (712), (722), (732), (742) 및  $n$  개의 "타겟 포트들" (911), (921), (931), (941)을 가지는 자동 튜닝 시스템의 일부이며,  $m$  은 2보다 크거나 같은 정수이며,  $n$  은 2보다 크거나 같은 정수이며, 상기 자동 튜닝 시스템은 주어진 주파수에서 상기 사용자 포트들로부터 상기 타겟 포트들로의 전력의 전달을 허락하고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출



력-포트 튜닝 유닛은  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하고,  $p$ 는  $m$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들은 "상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들"이라고 칭해지고, 상기 주어진 주파수에서, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각이 리액턴스(reactance)를 가지도록 하고, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬에 영향을 미치고, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 전기적 수단에 의해 조정 가능한, 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 자동으로 조정하는 방법에 있어서,

- [0019]  $m$ 개의 여기(excitation)들을 상기 사용자 포트들에 적용하는 과정과, 상기 여기들 중 하나는 상기 사용자 포트들 각각에 적용되고;
- [0020] 상기  $m$ 개의 여기들을 사용하여 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 추정하는 과정과, 여기서  $q$  는  $m$ 보다 크거나 같은 정수이고;
- [0021] 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 사용하여 "튜닝 제어 신호들"을 획득하는 과정과;
- [0022] 상기 튜닝 제어 신호들 각각을 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나 혹은 그 이상에 적용하는 과정과, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정됨을 특징으로 한다.
- [0023] 본 발명에 따르면, 상기 주어진 주파수는 일 예로 150 kHz보다 크거나 같은 주파수이다.  $Z_{Sant}$  를 사용하여 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 나타낼 것이다. 전문가는  $Z_{Sant}$  가 크기  $n \times n$ 의 복소 행렬이라는 것을 이해할 것이다. 상기 사용자 포트들로부터 타겟 포트들로의 전력의 전달은 작은 혹은 무시 가능한 혹은 제로(0) 손실인 전력의 전달이 될 수 있으며, 이 특성이 바람직하다.
- [0024] 제2 및 제3 실시 예들의 제시에서 설명되는 바와 같이, 상기  $m$  개의 여기들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 추정하는데 사용될 수 있다. 전문가는 본 발명의 방법의 이런 특성이 종래 기술 부분에서 설명된 바와 같은, 임피던스 행렬을 튜닝하기 위해 사용되는, 자동으로 임피던스를 튜닝하는 다수의 장치들로는 획득될 수 없다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 전문가는 본 발명의 방법의 이런 특성이 그 출력 포트들에 연결되어 있는 멀티포트 로드의 포트들간의 상호 작용들이 매우 작지 않은 경우에서, 임피던스 행렬을 튜닝하기 위해 사용되는, 임피던스를 자동으로 튜닝하는 다수의 장치들의 동작에 큰 피해를 주는 간섭들을 방지한다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0025] 본 발명에 따르면, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$ 개의 실수 양들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 대표하는 실수 양이 될 수 있다.
- [0026] 본 발명에 따르면, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$ 개의 실수 양들 각각은 일 예로 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬의 엔트리, 혹은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬의 역(즉, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 어드미턴스 행렬)의 엔트리, 혹은  $(Z_{Sant} - Z_0) (Z_{Sant} + Z_0)^{-1}$ 과 동일하다고 정의되는 상기 타겟 포트들에서의 전압 반사 계수들의 행렬의 엔트리의 절댓값, 혹은 위상, 혹은 실수 파트, 혹은 허수 파트에 실질적으로 비례할 수 있으며,  $Z_0$  는 기준 임피던스 행렬이다.
- [0027] 전문가는 상기 프랑스 특허 출원 번호 13/00878, 국제 출원 번호 PCT/IB2014/058933 및 US 특허 번호 9,077,317의 종래 기술과 본 발명의 종래 기술간의 근본적인 차이를 이해할 수 있을 것이다. 상기 종래의 방법에서, 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양들은 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 자동으로 튜닝하기 위해 사용되며, 이 행렬은 크기가  $m \times m$  이고,  $Z_U$  로 표현된다. 이는 상기 종래 기술이  $Z_U$  를 기반으로 하는 실수 양들이 튜닝 제어 신호들을 획득하기 위해 사용되고, 상기 튜닝 제어 신호들은 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스를 결정하고, 따라서  $Z_U$  를 결정하는 클로즈드-루프(closed-loop) 제어 방식을 사용한다는 것을 의미한다. 이와는 반대로, 본 발명의 방법은  $Z_{Sant}$  를 기반으로 하는 실수 양들이 튜닝 제어 신호들을 획득하기 위해 사용되는 오픈-루프(open-loop) 제어 방식을 사용하며, 상기 튜닝 제어 신호들은  $Z_{Sant}$  에 어떤 영향도 미치지 않는다.
- [0028] 2015년 2월 IEEE Trans. on Circuits and Systems – I: Regular Papers, Vol. 62, No. 2, pp. 423-432에서

공개된, "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners"의 명칭을 가지는, F. Broyd u and E. Clavelier의 논문의 섹션 III에서는 수학적 식 (1)과 같이 정의되는  $f_U$ 에 의해 표현되는 매핑이 존재한다는 것을 설명하고 있다,

**수학적 식 1**

$$f_U(\mathbf{Z}_{Sant}, X_1, \dots, X_p) = \mathbf{Z}_U$$

[0029]

[0030]

여기서, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들은 1보다 크거나 같고,  $p$  보다 작거나 같은 임의의 정수  $j$  에 대해서, 1부터  $p$ 까지 넘버링되고,  $X_j$ 를 상기 주어진 주파수에서 상기 튜닝 유닛 번호  $j$ 의 조정 가능 임피던스 디바이스의 리액턴스를 나타내기 위해 사용한다.  $\mathbf{Z}_{Sant}$  는 물론 실수 변수들  $X_1, \dots, X_p$  와 독립적이고, 이에 반해 상기 수학적 식 (1)은  $\mathbf{Z}_U$  는 상기 실수 변수들  $X_1, \dots, X_p$  를 기반으로 한다는 것을 보여준다. 이는 상기 실수 변수들  $X_1, \dots, X_p$  각각이 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정된다는 점에서, 종래 기술 방법과 본 발명간의 근본적인 차이를 명백하게 하는 것을 허락한다. 상기 종래 기술 방법은 상기 종래 기술 방법이  $\mathbf{Z}_U$  를 기반으로 하는 실수 양들이 상기 튜닝 제어 신호들을 획득하고 동시에 상기 실수 변수들  $X_1, \dots, X_p$  를 결정하도록 사용되고, 따라서 수학적 식 (1)에 따라  $\mathbf{Z}_U$  를 수정하도록 하기 때문에 클로드-루프 제어 방식을 사용한다. 이에 반해, 본 발명은 본 발명이  $\mathbf{Z}_{Sant}$  를 기반으로 하는 실수 양들이 상기 튜닝 제어 신호들을 획득하고 동시에  $\mathbf{Z}_{Sant}$  에 영향을 미치지 않는 상기 실수 변수들  $X_1, \dots, X_p$  를 결정하는데 사용되도록 하기 때문에 오픈-루프 제어 방식을 사용한다.

[0031]

본 발명에 따르면,  $\mathbf{Z}_{Sant}$  를 기반으로 하는 실수 양들이 상기 튜닝 제어 신호들을 획득하고 동시에 실수 변수들  $X_1, \dots, X_p$  를 결정하도록 사용되기 때문에, 상기 수학적 식 (1)은 상기 매핑  $f_U$  이 알려져 있을 경우 상기 튜닝 제어 신호들이  $\mathbf{Z}_U$  를 제어하는데 사용될 수 있다는 것을 나타낸다. 보다 일반적으로, 상기 튜닝 제어 신호들은 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의 적합한 모델을 사용하여  $\mathbf{Z}_U$  를 제어하는데 사용될 수 있다. 따라서, 본 발명에 따르면, 상기 튜닝 제어 신호들은 상기 수학적 식 (1)을 사용하여 연산되는, 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬이 행렬 함수 하에서 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬의 허수의 놈(norm)을 감소시키거나 혹은 최소화시키도록 한다는 것이 가능하게 되고, 상기 함수는 제곱 복소 행렬들의 집합으로부터 상기 제곱 복소 행렬들의 동일한 집합으로의 함수이다. 일 예로, 이런 놈은 벡터 놈 혹은 행렬 놈이 될 수 있다. 일 예로, 원하는 임피던스 행렬을 정의할 경우, 상기 원하는 임피던스 행렬은  $\mathbf{Z}_U$  로 표현되고, 상기 행렬 함수 하의  $\mathbf{Z}_U$  의 허수가 임피던스 행렬들의 차이일 경우, 상기 행렬 함수는 하기 수학적 식 (2)와 같이 정의될 수 있거나,

**수학적 식 2**

[0032]

$$g(\mathbf{Z}_U) = \mathbf{Z}_U - \mathbf{Z}_U^*$$

[0033]

혹은 상기 행렬 함수 하의  $\mathbf{Z}_U$  의 허수가 어드미턴스 행렬들의 차이일 경우, 상기 행렬 함수는 하기 수학적 식 (3)과 같이 정의될 수 있거나,

**수학적 식 3**

[0034]

$$g(\mathbf{Z}_U) = \mathbf{Z}_U^{-1} - \mathbf{Z}_U^{*-1}$$

[0035] 혹은 상기 행렬 함수 하의  $Z_U$  의 허수가 상기 사용자 포트들에서의 반사 전압의 행렬일 경우, 상기 행렬 함수는 상기 수학식 (4)과 같이 정의될 수 있다.

**수학식 4**

[0036] 
$$g(Z_U) = (Z_U - Z_W)(Z_U + Z_W)^{-1}$$

[0037] 이런 행렬 함수들 각각은  $g(Z_W)$  가 널(null) 행렬이 되도록 하고, 따라서  $g(Z_W)$  의 높음 제로(0)라는 것에 유의하여야만 할 것이다.

[0038] 조정 가능 임피던스 디바이스는, 패시브 선형 2-단자 회로 엘리먼트의 단자들로서 실질적으로 동작하는 두 개의 단자들을 가지며 결과적으로 주파수에 좌우될 수 있어 조정 가능한 임피던스에 의해 완전히 특징지어지는 성분이다. 조정 가능 임피던스 디바이스는 기계적 수단들, 예를 들어 가변 저항, 가변 캐패시터, 다수의 캐피시터들과 하나 혹은 그 이상의 스위치들 또는 체인지-오버(change-over) 스위치들을 포함하는 네트워크(상기 스위치들은 네트워크의 여러 캐패시터들이 리액턴스에 기여하게 하는데 사용됨), 가변 인덕터, 다수의 인덕터들과 하나 혹은 그 이상의 스위치들 또는 체인지-오버 스위치들을 포함하는 네트워크(상기 스위치들은 네트워크의 여러 인덕터들이 리액턴스에 기여하게 하는데 사용됨), 또는 다수의 오픈-회로 또는 단락 회로 스템(stub)들 및 하나 혹은 그 이상의 스위치들 또는 체인지-오버 스위치들을 포함하는 네트워크(상기 스위치들은 네트워크의 여러 스템들이 리액턴스에 기여하게 하는데 사용됨)에 의해 조정될 수 있다. 가변 저항을 제외한 상기 리스트의 모든 예들은 조정 가능한 리액턴스를 제공하도록 되어 있다는 것에 유의하여야만 할 것이다.

[0039] 전기적 수단들에 의해 조정 가능한 리액턴스를 가진 조정 가능 임피던스 디바이스는, 상기 주어진 주파수에서만 리액턴스 값들의 유한 집합을 제공하도록 할 수 있으며, 이러한 특징은 예를 들어 조정 가능 임피던스 디바이스들이 다음과 같은 것일 때 획득된다:

[0040] - 다수의 캐패시터들이나 오픈-회로 스템(stub)들, 및 전기 기계적 릴레이와 같은 하나 이상의 전기적 제어 스위치들 또는 체인지-오버 스위치들, 또는 마이크로 전자기 스위치(microelectromechanical switch: MEMS 스위치)들, 또는 PIN 다이오드들 또는 절연 게이트 전계 효과 트랜지스터(insulated-gate field-effect transistor: MOSFET)들을 포함하는 네트워크(상기 스위치들은 네트워크의 여러 캐패시터들이나 오픈-회로 스템들은 리액턴스에 기여하도록 사용됨); 또는

[0041] - 다수의 코일들이나 단락 회로 스템(stub)들 및 하나 혹은 그 이상의 전기적 제어 스위치들 또는 체인지-오버 스위치들을 포함하는 네트워크(상기 스위치들은 네트워크의 여러 코일들이나 단락 회로 스템들이 리액턴스에 기여하도록 사용됨).

[0042] 전기적 수단들에 의해 조정 가능한 리액턴스를 가진 조정 가능 임피던스 디바이스는, 상기 주어진 주파수에서만 리액턴스 값들의 연속 집합을 제공하도록 할 수 있으며, 이러한 특성은 예를 들어 조정 가능 임피던스 디바이스가 가변 캐패시턴스 다이오드나 MOS 바랙터(varactor)나 마이크로전자기 바랙터(microelectromechanical varactor: MEMS varactor)나 강유전성 바랙터에 기반하는 경우 획득된다.

[0043] 본 발명의 방법은 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬의 대각 엔트리가 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 적어도 하나의 리액턴스에 의해 영향을 받도록 하는 것일 수 있다. 본 발명의 방법은 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 적어도 하나의 리액턴스가 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬의 적어도 한 비대각 엔트리에 영향을 미치도록 하는 것일 수 있다. 전문가는 이러한 특성이 종래의 기술 분야에서 설명한 바와 같이 다수의 포트들의 임피던스 행렬을 튜닝하는데 사용되는 임피던스 자동 튜닝을 위한 다수의 장치들의 제한된 튜닝 기능을 피하게 한다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이러한 논의 사항은 제1 및 제6 실시 예들의 설명을 통해 더 설명될 것이다.

[0044] 본 발명의 방법을 구현하는 장치는, m개의 "사용자 포트들" 및 n개의 "타겟 포트들" 을 가지며, m 은 2보다 크거나 같은 정수이며, n 은 2보다 크거나 같은 정수이며, 주어진 주파수에서, 상기 사용자 포트들로부터 상기 타겟 포트들로의 전력의 전달을 허락하는 자동 튜닝 시스템이며, 상기 자동 튜닝 시스템은:

[0045] 적어도 n개의 센싱 유닛들, 상기 센싱 유닛들 각각은 하나 혹은 그 이상의 "센싱 유닛 출력 신호들"을 전달하고, 상기 센싱 유닛 출력 신호들 각각은 하나 혹은 그 이상의 전기적 변수들에 의해 주로 결정되고;

- [0046] 신호 프로세싱 유닛, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 사용자 포트들에 적용되는  $m$  개의 여기(excitation)들에 대해 획득되는 센싱 유닛 출력 신호들을 사용하여 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 추정하고,  $q$  는  $m$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들의 함수인 "튜닝 명령"을 전달하고;
- [0047] 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하고,  $p$  는  $m$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들은 "상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들"로 칭해지고 상기 주어진 주파수에서 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스가 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬에 영향을 미치도록 하며, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 전기적 수단에 의해 조정 가능하며;
- [0048] 튜닝 제어 유닛을 포함하며, 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 신호 프로세싱 유닛으로부터 튜닝 명령을 수신하고, 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛으로 "튜닝 제어 신호들"을 전달하고, 상기 튜닝 제어 신호들은 상기 튜닝 명령의 함수로 결정되고, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정된다.
- [0049] 예를 들어, 상기 전기적 변수들 각각은 전압, 또는 입사 전압, 또는 반사 전압, 또는 전류, 또는 입사 전류, 또는 반사 전류일 수 있다. 예를 들어, 상기 전기적 변수들 각각은 상기 타겟 포트들 중 하나에서, 또는 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의 일부에서, 또는 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의 내부에서 센싱될 수 있다.
- [0050] 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $m$ 개의 입력 포트들 및  $n$  개의 출력 포트들을 포함한다. 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 상기 주어진 주파수에서, 그 입력 포트들과 출력 포트들과 관련하여, 실질적으로 패시브 선형 디바이스로서 동작하며, 여기서 "패시브"은 회로 이론의 의미 안에서 사용되는 것이다. 보다 정확히는, 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 상기 주어진 주파수에서,  $n$  개의 출력 포트들 및  $m$  개의 입력 포트들과 관련하여 실질적으로 패시브 선형  $(n+m)$ -포트 디바이스로서 동작한다. 선형성의 결과로서, 입력 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 정의하는 것이 가능하다. 수동성(passivity)의 결과로서, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 증폭을 제공하지 않는다.
- [0051] 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의  $m$  개의 입력 포트들 각각은 직접적으로 혹은 간접적으로  $m$  개의 사용자 포트들 중 하나에 연결되며, 상기  $m$  개의 사용자 포트들 각각은 직접적으로 혹은 간접적으로 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의  $m$  개의 입력 포트들 중 하나에 연결될 수 있다. 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의  $n$  개의 출력 포트들 각각은 직접적으로 혹은 간접적으로  $n$  개의 타겟 포트들 중 하나에 연결되며, 상기  $n$  개의 타겟 포트들 각각은 직접적으로 혹은 간접적으로 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의  $n$  개의 출력 포트들 중 하나에 연결될 수 있다. 따라서, 상기 사용자 포트들에서 타겟 포트들로의 전력 전달이 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 통해 발생할 수 있다. 상기 정수  $p$ 는  $2m$ 보다 크거나 같을 수 있다.
- [0052] 전문가는 본 발명의 자동 튜닝 시스템이 회로 파라미터들, 즉 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들의 리액턴스들이, 각각이 하나 이상의 전기적 변수들에 의해 주로 결정되는 센싱 유닛 출력 신호들의 함수로서 시간에 따라 변경된다는 점에서 적응적이라는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0053] 전문가가 상기 튜닝 명령이 예를 들어, 가능한 튜닝 명령들의 집합 중에서, 예를 들어  $g(\mathbf{Z}_U)$ 가 수학적 (2)나, 혹은 수학적 (3), 혹은 수학적 (4)에 의해 주어지도록 하는 행렬 함수들 중 하나인 행렬 함수 하에서 수학적 (1)을 사용하여 연산되는 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬의 이미지의 높을 감소시키거나 최소화하는 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 생성하는 튜닝 명령으로서 결정될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 전문가는 또한, 튜닝 명령이, 원하는 임피던스 행렬과 실질적으로 동일한, 수학적 (1)을 사용하여 연산되는, 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 제공하는 튜닝 명령, 예를 들어  $\mathbf{Z}_U = \mathbf{Z}_d$ 가 되게 하는 튜닝 명령으로서 결정될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0054] 기타 이점들 및 특징들은 첨부된 도면을 참조한 비한정적 예들을 통해 주어지는 본 발명의 특정 실시예들에 대한 이하의 설명으로부터 보다 명확하게 드러날 수 있을 것이다:

도 1은 4개의 사용자 포트들과 4개의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템의 블록 다이어그램(제1 실시 예)을 도시하고 있다;

도 2는 도 1의 자동 튜닝 시스템에서 사용될 수 있는, 4개의 입력 포트들 및 4개의 출력 포트들을 가지는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의 개략적 다이어그램(제6 실시 예)을 도시하고 있다;

도 3은 도 1에 도시되어 있는 자동 튜닝 시스템에서 사용될 수 있는 4개의 입력 포트들 및 4개의 출력 포트들을 가지는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛의 개략적 다이어그램(제7 실시 예)을 도시하고 있다;

도 4는 4개의 사용자 포트들과 4개의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템의 블록 다이어그램(제8 실시 예)을 도시하고 있다;

도 5는 몇몇 개의 안테나들을 사용하고 자동 튜닝 시스템을 포함하는 무선 통신을 위한 송수신기의 블록 다이어그램(제9 실시 예)을 도시하고 있다;

도 6은 몇몇 개의 안테나들을 사용하고 자동 튜닝 시스템을 포함하는 무선 통신을 위한 송수신기의 블록 다이어그램(제12 실시 예)을 도시하고 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

#### [0055] 제1 실시예

[0056] 제한되지 않는 방식으로 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제1 실시예로서, 도 1에서  $m = 4$ 개의 사용자 포트들 (712) (722) (732) (742) 및  $n = 4$ 개의 타겟 포트들 (911) (921) (931) (941)을 가지는 자동 튜닝 시스템의 블록 다이어그램을 나타내며, 상기 자동 튜닝 시스템은 30 MHz 보다 크거나 같은 주어진 주파수에서, 상기 사용자 포트들로부터의 타겟 포트들로의 전력의 전달을 허락하며, 상기 자동 튜닝 시스템은:

[0057] 센싱 유닛들 각각은 2개의 "센싱 유닛 출력 신호들"을 전달하고, 상기 센싱 유닛 출력 신호들 각각은 1개의 전기적 변수에 의해 결정되는,  $n$  개의 센싱 유닛(sensing unit)들(9);

[0058] 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스(impedance) 행렬을 기반으로  $q$ 개의 실수 양들을 추정하고, 여기서  $q$ 는  $m$ 보다 크거나 같은 정수이며, 상기 사용자 포트들에  $m$ 개의 여기(excitation)들에 대해 획득되는 상기 센싱 유닛 출력 신호들을 사용하여 상기 여기들 중 하나가 상기 사용자 포트들 각각에 적용되고, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 상기  $q$ 개의 실수 양들의 함수인 "튜닝 명령"을 전달하는, 신호 프로세싱 유닛(8);

[0059] 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하며, 여기서  $p$ 는  $2m=8$ 보다 크거나 같은 정수이며, 상기  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들은 "상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들"로 칭해지고, 상기 주어진 주파수에서 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각이 리액턴스(reactance)를 가지도록 하기 위해 존재하며, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 어느 하나의 리액턴스는 전기적 수단에 의해 조정 가능한, 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3); 및

[0060] 상기 신호 프로세싱 유닛(8)으로부터 상기 튜닝 명령을 수신하고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)으로 "튜닝 제어 신호들"을 전달하며, 상기 튜닝 제어 신호들은 상기 튜닝 명령의 함수로서 결정되며, 상기 튜닝 유닛의 상기 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스는 주로 상기 하나 혹은 그 이상의 튜닝 제어 신호들에 의해 결정되는, 튜닝 제어 유닛(4)을 포함한다.

[0061] 상기 센싱 유닛들(9) 각각은 일 예로, 상기 센싱 유닛들 각각에 의해 전달되는 두 개의 센싱 유닛 출력 신호들이: 제1 전기적 변수가 상기 타겟 포트들 중 하나에 걸친 전압이고, 상기 제1 전기적 변수에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호와; 제2 전기적 변수가 상기 타겟 포트들 중 하나의 방출 전류이며, 상기 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 포함하도록 존재할 수 있다. 상기 타겟 포트들 중 하나에 걸친 전압은 복소 전압(complex voltage)이 될 수 있고, 상기 타겟 포트들 중 하나의 방출 전류는 복소 전류(complex current)가 될 수 있다. 이와는 달리, 상기 센싱 유닛들(9) 각각은 예를 들어, 상기 센싱 유닛들 각각에 의해 전달되는 두 개의 센싱 유닛 출력 신호들이: 제1 전기적 변수가 입사 전압(상기 타겟 포트들 중 하나에서 "순방향 전압"이라고도 칭해질 수 있는)이며, 상기 제1 전기적 변수에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호와; 제2 전기적 변수가 상기 타겟 포트들 중 하나에서 반사된 전압이며, 상기 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 포함하도록 존재할 수 있다. 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 입사 전압은 복소 입사 전압이 될 수 있고, 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 반사 전압은 복소 반사 전압이 될 수 있다.

- [0062] 상기 사용자 포트들 중 어느 하나에도 여기가 적용되지 않는 경우 및 상기 타겟 포트들 중 어느 하나에도 여기가 적용되지 않는 경우, 상기 전기적 변수들 각각은 실질적으로 0이 된다.
- [0063] 외부 디바이스는  $m$  개의 출력 포트들을 가지고, 상기 외부 디바이스의 출력 포트들 각각은 상기 사용자 포트들 중 하나에 연결되며, 상기 사용자 포트들 각각은 상기 외부 디바이스의 출력 포트들 중 하나에 연결된다. 상기 외부 디바이스는 도 1에 도시되어 있지 않다. 상기 외부 디바이스는  $m$ 개의 여기들을 상기 사용자 포트들에 적용한다. 상기 외부 디바이스는 또한 상기 신호 프로세싱 유닛(8)으로 "상기 외부 디바이스의 명령들"을 전달하며, 상기 외부 디바이스의 명령들은 상기 신호 프로세싱 유닛에게 상기 여기들이 적용되었거나, 혹은 적용되고 있는 중이거나, 혹은 적용될 것이라는 것에 대해 알려준다. 예를 들어, 상기 외부 디바이스는 상기 외부 디바이스가 상기 신호 프로세싱 유닛에게 상기 외부 디바이스가 상기 여기들을 상기 사용자 포트들에 적용할 것임을 알려줄 때 튜닝 시퀀스(tuning sequence)를 개시할 수 있다. 예를 들어, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 여기들이 적용된 후 튜닝 명령이 전달되었을 때 상기 튜닝 시퀀스를 종료할 수 있다. 추가적으로, 상기 외부 디바이스는 상기 신호 프로세싱 유닛으로 다른 신호들을 제공하고, 및/혹은 상기 신호 프로세싱 유닛으로부터 상기 신호 프로세싱 유닛으로부터 다른 신호들을 수신한다. 상기 외부 디바이스의 명령들을 전달하고, 상기 다른 신호들을 운송하는데 필요로 되는 전기적 링크들은 도 1에 도시되어 있지 않다.
- [0064] 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)은 상기 프랑스 특허 출원 번호 12/02542 및 상기 국제 출원 PCT/IB2013/058423에서 개시되어 있는,  $m$  개의 입력 포트들과  $n$  개의 출력 포트들을 가지는 안테나 튜닝 장치이다. 따라서, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 어느 하나의 리액턴스가 상기 주어진 주파수에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 주어진 대각 임피던스 행렬과 동일한 경우, 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬에 영향을 미치도록 하고, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 적어도 하나의 리액턴스가 상기 주어진 주파수에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 상기 주어진 대각 임피던스 행렬과 동일한 경우, 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬의 적어도 하나의 비-대각 엔트리(non-diagonal entry)에 영향을 미치도록 한다. 이는 다음과 같은 의미로 해석되어야만 한다: 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛이, 상기 주어진 주파수에서, 주어진 대각 임피던스 행렬이라고 칭해지는 대각 임피던스 행렬이 존재하도록 하고, 상기 주어진 대각 임피던스 행렬은, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 상기 주어진 대각 임피던스 행렬과 동일할 경우, (a) 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 어느 하나의 리액턴스가 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬에 영향을 미치도록 하고, (b) 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 적어도 하나의 리액턴스가 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬의 적어도 하나의 비-대각 엔트리에 영향을 미치도록 한다.
- [0065] 또한, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)은, 상기 주어진 주파수에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 주어진 비-대각 임피던스 행렬과 동일할 경우, 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을  $p$  개의 리액턴스들과 연관시키는 매핑이 정의되도록 하며, 상기 매핑은 상기  $p$  개의 리액턴스들 각각의 주어진 값에서, 상기  $p$  개의 리액턴스들 각각에 관한 편도 함수(partial derivative)를 가지며, 상기  $p$  개의 편도 함수들의 스패ן(span)은 실수 벡터 공간으로 고려되는 크기  $m \times m$ 의 복소 행렬들의 집합에서 정의되고, 크기  $m \times m$ 의 대각 복소 행렬은 상기  $p$  개의 편도 함수들의 스패ן의 적어도 하나의 엘리먼트와 동일한 대각 엔트리들을 가진다. 이는 다음과 같은 의미로서 해석되어야만 한다: 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은, 상기 주어진 주파수에서, 상기 주어진 비-대각 임피던스 행렬이라 칭해지는 비-대각 임피던스 행렬이 존재하도록 하고, 상기 주어진 비-대각 임피던스 행렬은, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 상기 주어진 비-대각 임피던스 행렬과 동일할 경우, 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 상기  $p$  개의 리액턴스들과 연관시키는 매핑이 정의되도록 하며, 상기 매핑은 상기  $p$  개의 리액턴스들 각각의 주어진 값에서, 상기  $p$  개의 리액턴스들 각각에 관한 편도 함수를 가지며, 상기  $p$  개의 편도 함수들의 스패ן은 실수 벡터 공간으로 간주되는 크기  $m \times m$ 의 복소 행렬들의 집합에서 정의되고, 크기  $m \times m$ 의 대각 복소 행렬은 상기  $p$  개의 편도 함수들의 스패ן의 적어도 한 엘리먼트와 동일한 대각 엔트리들을 가진다.
- [0066] 따라서, 전문가는 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬에서의 어떤 작은 변화도 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들의 새로운 자동 조정으로 적어도 부분적으로 보상될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0067] 전문가는 실수 벡터 공간으로 고려되는 상기  $p$  개의 편도 함수들의 스패ן의 차원은: 상기 프랑스 특허 출원 번호 12/02542; 상기 국제 출원 PCT/IB2013/058423; 2015년 2월 IEEE Trans. on Circuits and Systems – I: Regular Papers, Vol. 62, No. 2, pp. 423-432에서 공개된, "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and

Multiple-User-Port Antenna Tuners"의 명칭을 가지는, F. Broyd t and E. Clavelier의 논문의 섹션들 I, III, VI, VII, VIII에서 사용 및 설명되고 있다. 이 논문에서, 상기 p 개의 편도 함수들의 스펠의 차원은 상기 사용자 포트 임피던스 범위의 로컬 차원(local dimension)이라고 칭해지며,  $D_{UR} (Z_{Sant})$ 로 나타내진다. 전문가는 크기  $m \times m$ 의 임의의 대각 복소 행렬이 상기 p개의 편도 함수들의 스펠의 적어도 한 엘리먼트와 동일한 대각 엔트리들을 가진다는 것을 획득하기 위하여, 실수 벡터 공간으로 고려되는 상기 p 개의 편도 함수들의 스펠의 차원이 실수 벡터 공간이라 고려되는 크기  $m \times m$ 의 대각 복소 행렬들의 서브 공간의 차원 보다 크거나 동일해야 하는 것이 필수적이라는 것을 이해할 수 있을 것이다. 상기 실수 벡터 공간이라 고려되는 p 개의 편도 함수들의 스펠의 차원이 p 보다 작거나 동일하고, 실수 벡터 공간이라 고려되는 크기  $m \times m$ 의 대각 복소 행렬들의 서브 공간의 차원이 2m과 동일하기 때문에, 상기 필수 조건은 p가 2m보다 크거나 같은 정수라는 것을 암시한다. 이는 "p가 2m 보다 크거나 같은 정수이다"라는 요구 사항이 이 실시예의 필수적인 특성인 이유이다.

[0068] 상기 신호 프로세싱 유닛(8)은 또한 각각이 상기 타겟 포트들에 의해 전달되는 전력을 기반으로 하는 하나 혹은 그 이상의 양들을 추정할 수 있다. 일 예로, 각각이 상기 타겟 포트들에 의해 전달되는 전력을 기반으로 하는 상기 양들은 상기 타겟 포트들에 의해 전달되는 전력을 제어하기 위해 사용될 수 있다.

[0069] 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 파트(3)의 특성들은 상기 자동 튜닝 시스템이 상기 주어진 주파수에서 상기 사용자 포트들로부터 타겟 포트들로의 전력의 낮은-손실의 전달 및 상기 타겟 포트들로부터 사용자 포트들로의 전력의 낮은-손실의 전달을 허락하도록 하는 것이다.

[0070] 상기 자동 튜닝 시스템이 멀티포트 안테나 어레이의 포트들 중 하나에 연결되는 상기 자동 튜닝 시스템의 타겟 포트들 각각을 가지는 경우, 전문가는  $Z_{Sant}$ 가 상기 주파수 및 상기 안테나들을 둘러싸는 볼륨의 전자기 특성들을 기반으로 한다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 특히, 상기 멀티포트 안테나 어레이가 휴대형 송수신기, 일 예로 LTE 무선 네트워크의 사용자 장치(user equipment: UE)에 내장된 경우, 상기 사용자의 신체가  $Z_{Sant}$ 에 영향을 미치고  $Z_{Sant}$ 는 상기 사용자 신체의 자세를 기반으로 한다. 이는 "사용자 상호 작용" 또는 "핸드 효과(hand effect)" 또는 "핑거 효과(finger effect)"라고 칭해진다. 전문가는 상기 자동 튜닝 시스템이 상기 동작 주파수에서의 변화에 의해 초래되는  $Z_{Sant}$ 에서의 변화를 보상하고, 및/혹은 상기 사용자 상호 작용을 보상하기 위해 사용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이러한 제1실시 예에서,  $n = m = 4$ 이다. 따라서, n이 3 보다 크거나 같은 것이 가능하고, n이 4 보다 크거나 같은 것이 가능하고, m이 3 보다 크거나 같은 것이 가능하며, m이 4 보다 크거나 같은 것이 가능하다.

[0071] 제2 실시 예

[0072] 제한되지 않는 예제로 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제2 실시 예는 또한 도 1에서  $m = 4$ 개의 사용자 포트들 및  $n = 4$ 개의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템에 해당하며, 상기 제1 실시예에 대해 제공되는 모든 설명들은 이 제2 실시 예에 적용 가능하다. 추가적으로, 이 제2 실시 예에서, 상기 m개의 여기들이 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용된다, 즉, 상기 m개의 여기들은 상기 사용자 포트들에 하나씩 적용된다. 따라서, 일 예로, 상기 여기들 중 두 개 혹은 그 이상은 동시에 적용되는 것이 불가능하다. 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되는 m개의 여기들 각각은 일 예로 상기 주어진 주파수에서 정현파 신호(sinusoidal signal)를 포함하고, 일 예로 상기 주어진 주파수에서의 사인 곡선 전류는 상기 사용자 포트들 중 하나에 적용되고, 상기 사용자 포트들 중 하나는 상기 m개의 여기들 각각에 대한 다른 사용자 포트이다. 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되는 m개의 여기들 각각은 일 예로 상기 주어진 주파수와 다른 주파수에서의 정현파 신호, 혹은 비-정현파 신호를 포함한다.

[0073] 상기 외부 디바이스는 상기 m개의 여기들을 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용한다. 일 예로, 상기 사용자 포트들이 1부터 m까지 넘버링되고, 상기 다른 여기들이 1부터 m까지 넘버링되고, a가 1보다 크거나 같고, 혹은 m 보다 작거나 같을 경우, 상기 여기 번호 a는 상기 사용자 포트 번호 a에 적용되는 전압 및 상기 다른 사용자 포트들에 적용되지 않는 전압으로 구성될 수 있거나, 혹은 상기 사용자 포트 번호 a에 적용되는 전류 및 상기 다른 사용자 포트들에 적용되지 않는 전류로 구성될 수 있다.

[0074] 이 제2 실시 예에서,  $q = 2n^2$  이고, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 q 개의 실수 양들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 전체적으로 결정한다. 또한, 상기 센싱 유닛들 각각의 2개의 센싱 유닛 출력 신호들은 상기에서 설명한 바와 같이, 상기 타겟 포트들 중 하나에 걸친 복소 전압과 상기 타겟 포트들 중 하나에서 방출되는 복소 전류 각각에 비례한다. 상기 신호 프로세싱 유닛(8)이 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 q 개의 실수 양들을 추정하기 위해, 상기 사용자

포트들에게 연속적으로 적용되는 m개의 다른 여기들에 대해 획득되는 상기 센싱 유닛 출력 신호들을 어떻게 사용할 수 있는지 설명하기 위해, 신호 프로세싱의 2가지 예제들을 고려할 것이다.

[0075] 상기 신호 프로세싱의 제1 예제에서, 1보다 크거나 같고, m보다 작거나 같은 임의의 정수 a에 대해, 상기 여기 번호 a는 상기 주어진 주파수에서 상기 사용자 포트 번호 a에 적용된 전류와 상기 다른 사용자 포트들에 적용되지 않은 전류로 구성된다. 주어진 튜닝 명령에 대해서, 상기 타겟 포트들은 임피던스 행렬  $Z_{LIOC}$  을 제공하고, 상기 여기 번호 a는  $V_{TPOC a}$  로 나타내지는, 상기 타겟 포트들에서의 오픈-회로(open-circuit) 전압들의 벡터를 초래한다. 여기서,  $Z_{LIOC}$  는 크기  $n \times n$ 의 복소 행렬이고,  $V_{TPOC a}$  는 크기  $n \times 1$ 의 복소 벡터이다. 전문가는 상기 여기 번호 a가 적용되는 동안, 상기 센싱 유닛들에 의해 측정되는 복소 전류들의 벡터는 하기 수학식 (5)와 같이 주어지며,

**수학식 5**

[0076] 
$$I_{TP a} = (Z_{Sant} + Z_{LIOC})^{-1} V_{TPOC a}$$

[0077] 상기 센싱 유닛들에 의해 측정되는 복소 전압들의 벡터는 하기 수학식 (6)과 같이 주어지며,

**수학식 6**

[0078] 
$$V_{TP a} = Z_{Sant} I_{TP a}$$

[0079] 여기에서,  $I_{TP a}$  는 상기 수학식 (5)에 의해 주어진다.

[0080]  $I_{TP}$  를 열 벡터들이  $I_{TP 1}, \dots, I_{TP m}$  인 크기  $n \times m$  의 복소 행렬이라고 하고,  $V_{TP}$  가 열 벡터들이  $V_{TP 1}, \dots, V_{TP m}$  인 크기  $n \times m$  의 복소 행렬이라고 하기로 한다. 그리고 다음과 같다.

**수학식 7**

[0081] 
$$V_{TP} = Z_{Sant} I_{TP}$$

[0082] 이 실시 예에서,  $m = n$ 이고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)은  $I_{TP}$  가 반전 가능하도록 하고, 따라서 다음과 같다.

**수학식 8**

[0083] 
$$Z_{Sant} = V_{TP} I_{TP}^{-1}$$

[0084]  $V_{TP}$  혹은  $I_{TP}$  의 각 엔트리에 대해서, 상기 센싱 유닛 출력 신호들 중 하나는, 상기 여기들 중 하나가 적용되고 있는 동안, 상기  $V_{TP}$  혹은  $I_{TP}$  의 이 엔트리에 비례하고, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 수학식 (8)을 사용하여  $Z_{Sant}$  를 연산할 수 있다. 따라서, 상기 신호 프로세싱의 제1 예제에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기 q 개의 실수 양들은 각각이  $Z_{Sant}$  의 엔트리의 실수 파트에 비례하는  $n^2$  개의 실수들과 각각이  $Z_{Sant}$  의 허수 파트에 비례하는  $n^2$  개의 실수들로 구성될 수 있다.



[0085] 신호 프로세싱의 제2 예제에서, 1보다 크거나 같고, m보다 작거나 같은 임의의 정수 a에 대해서, 상기 여기 번호 a는 상기 주어진 주파수에서 상기 사용자 포트 번호 a에 적용되는 전압과 상기 다른 사용자 포트들에 적용되지 않는 전압으로 구성된다. 주어진 튜닝 명령에 대해서, 상기 타겟 포트들은 임피던스 행렬  $Z_{LISC}$ 를 제공하고, 상기 여기 번호 a는  $V_{TPSC a}$ 로 나타내지는, 상기 타겟 포트들에서의 오픈-회로 전압들의 벡터를 초래한다. 여기서,  $Z_{LISC}$ 는 크기  $n \times n$ 의 복소 행렬이고,  $V_{TPSC a}$ 는 크기  $n \times 1$ 의 복소 벡터이다. 전문가가는 상기 여기 번호 a가 적용되고 있는 동안, 상기 센싱 유닛들에 의해 측정되는 복소 전류들의 벡터는 다음과 같이 주어지고,

**수학식 9**

$$I_{TP a} = (Z_{Sant} + Z_{LISC})^{-1} V_{TPSC a}$$

[0086]

[0087] 상기 센싱 유닛들에 의해 측정되는 복소 전압들의 벡터는  $I_{TP a}$ 가 상기 수학식 (9)에 의해 주어지는 수학식 (6)에 의해 주어진다 것을 이해할 수 있을 것이다.  $I_{TP}$ 가 열 벡터들이  $I_{TP 1}, \dots, I_{TP m}$ 인 크기  $n \times m$ 의 복소 행렬이라고 하고,  $V_{TP}$ 가 열 벡터들이  $V_{TP 1}, \dots, V_{TP m}$ 인 크기  $n \times m$ 의 복소 행렬이라고 하기로 한다. 상기 신호 프로세싱의 이 제2 예제의 행렬들  $I_{TP}$  및  $V_{TP}$ 는 상기 신호 프로세싱의 이 제1 예제의 행렬들  $I_{TP}$  및  $V_{TP}$ 과 완전히 다를 수 있다. 하지만, 상기 신호 프로세싱의 이 제2 예제의 행렬들  $I_{TP}$  및  $V_{TP}$ 은 상기 수학식 (7)을 만족한다. 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)은  $I_{TP}$ 가 반전 가능하도록 하고, 상기 신호 프로세싱의 이 제2 예제의 행렬들  $I_{TP}$  및  $V_{TP}$ 은 또한 상기 수학식 (8)을 만족하고, 따라서 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 수학식 (8)을 사용하여  $Z_{Sant}$ 를 연산할 수 있다. 따라서, 상기 신호 프로세싱의 제2 예제에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기 q개의 실수 양들은 각각이 엔트리  $Z_{Sant}$ 의 실수 파트에 비례하는  $n^2$ 개의 실수들과 각각이 엔트리  $Z_{Sant}$ 의 허수 파트에 비례하는  $n^2$ 개의 실수들로 구성될 수 있다. 이와는 달리, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기 q개의 실수 양들은 각각이 엔트리  $Z_{Sant}$ 의 절대 값에 비례하는  $n^2$ 개의 실수들과 각각이 엔트리  $Z_{Sant}$ 의 인수에 비례하는  $n^2$ 개의 실수들로 구성될 수 있다.

[0088] 상기 튜닝 명령은 어떤 타입의 디지털 메시지라도 될 수 있다. 이 제2 실시 예에서, 하나 혹은 그 이상의 튜닝 시퀀스들 동안, 적응적 프로세스는 상기 신호 프로세싱 유닛에 의해 수행된다. 상기 적응적 프로세스는 다음과 같다: 상기 튜닝 시퀀스들 각각 동안, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기 q개의 실수 양들을 추정하고, 알고리즘을 사용하여 상기 튜닝 명령을 결정하고, 상기 튜닝 명령은 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬이 원하는 임피던스 행렬과 실질적으로 동일하도록 한다. 상기 알고리즘은 상기 동작 주파수와 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 q개의 실수 양들을 기반으로 한다. 특정 구조를 가지는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛에 대해, 가능한 알고리즘은 일 예로 "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners"라는 제목의 논문의 섹션 VI에서 보여주고 있는 수학식들을 사용할 수 있다. 상기 신호 프로세싱 유닛에 의해 수행되는 적응적 프로세스는 상기 알고리즘이 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 q개의 실수 양들 및 상기 동작 주파수를 직접 사용하여 상기 튜닝 명령을 결정하기 때문에 어떤 복소 연산들 및 어떤 반복도 필요로 하지 않는다 (상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양들 및 상기 튜닝 유닛의 적응 가능 임피던스 디바이스들 각각이 조정된 후 사용해야만 하는 리액턴스간의 직접 관계가 존재하도록 하기 위해서).

[0089] 제3 실시 예

[0090] 제한되지 않는 예제로 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제3 실시 예는 또한 도 1에서  $m = 4$ 개의 사용자 포트들 및  $n = 4$ 개의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템에 해당하며, 상기 제1 실시 예에 대해 제공되는 모든 설명들은 이 제3 실시 예에 적용 가능하다. 추가적으로, 이 제3 실시 예에서, 상기 m개의 여기들이 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되지 않는다, 즉, 상기 m개의 여기들은 상기 사용자 포트들에 하나씩 적용되지 않는다. 따라서, 일 예로, 상기 여기들 중 두 개 혹은 그 이상은 동시에 적용되는 것이 가능하다. 따라서, 일 예로, 상

기  $m$ 개의 여기들이 상기 사용자 포트들에 동시에 적용되는 것이 가능하다.

[0091] 또한, 상기 여기들 각각은 대역패스(bandpass) 신호이다. 이런 타입의 신호는 때때로 "패스대역 신호" 혹은 "협대역 신호"로 부적절하게 칭해진다(프랑스어로는: "signal à bande étroite"). 대역패스 신호는 임의의 실수 신호  $s(t)$ 이고, 여기서  $t$  는 시간을 나타내고, 따라서 상기  $s(t)$  의 스펙트럼은 주파수 구간  $[f_c - W/2, f_c + W/2]$ 에 포함되고,  $f_c$ 는 "캐리어 주파수"로 칭해지는 주파수이고, 여기서  $W$  는 "대역폭"이라고 칭해지는 주파수이고,  $W < 2 f_c$  를 만족시킨다. 따라서,  $S(f)$ 로 나타내지는  $s(t)$ 의 푸리에 변환은 상기 주파수 구간들  $[-f_c - W/2, -f_c + W/2]$  및  $[f_c - W/2, f_c + W/2]$ 에서는 무시해도 될 정도는 아니다. 또한 "등가 복소 기저대역" 혹은 "기저대역-등가 신호"라고 칭해지는, 상기 실수 신호  $s(t)$ 의 복소 포락선(envelope)은 푸리에 변환  $S_B(f)$ 가 상기 주파수 구간  $[-W/2, W/2]$ 에서 무시해도 될 정도는 아니고 이 구간에서  $S_B(f) = k S(f_c + f)$ 를 만족시키는 복소 신호  $s_B(t)$ 이고,  $k$  는 일부 저차들에 의해 2의 제곱근과 동일하게 선택되는 실수 상수이다. 상기  $s_B(t)$ 의 실수 파트는 인-페이즈(in-phase) 컴포넌트라고 칭해지고, 상기  $s_B(t)$ 의 허수 파트는 쿼드러처(quadrature) 컴포넌트라고 칭해진다. 전문가는 상기 대역패스 신호  $s(t)$ 가 일 예로:

[0092] - 상기 주파수  $f_c$  에서 단일 캐리어의 위상 및 진폭 변조의 결과로서 획득될 수 있고;

[0093] - 제1 신호 및 제2 신호의 선형 결합으로서 획득될 수 있고, 여기서 상기 제1 신호는 상기 인-페이즈 컴포넌트와 주파수  $f_c$  의 제1 정현파 캐리어의 곱이고, 상기 제2 신호는 상기 쿼드러처 컴포넌트와 주파수  $f_c$  의 제2 정현파 캐리어의 곱이고, 상기 제2 정현파 캐리어는 상기 제1 정현파 캐리어에 대해  $90^\circ$  의 위상차가 있으며;

[0094] - 다른 방식들에서, 일 예로, 어떤 캐리어도 사용하지 않고, 일 예로 디지털-아날로그 변환기의 필터링된 출력을 직접 사용하여 획득될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0095] 상기 주파수 구간  $[f_c - W/2, f_c + W/2]$ 은 상기 대역패스 신호의 패스대역이다. 상기 정의들로부터, 주어진 대역패스 신호에 대해서, 캐리어 주파수  $f_c$  및 대역폭  $W$  의 몇몇 선택이 가능하고, 따라서 상기 대역패스 신호의 패스대역은 고유하게 정의되지 않는다는 것이 명백하다. 하지만, 상기 대역패스 신호의 임의의 패스대역은 상기  $s(t)$ 의 스펙트럼이 무시할 정도가 아닌 주파수를 포함해야만 한다.

[0096] 상기 실수 신호  $s(t)$ 의 복소 포락선은 명백하게 캐리어 주파수  $f_c$  의 선택을 기반으로 한다. 하지만, 주어진 캐리어 주파수에 대해서, 상기 실수 신호  $s(t)$ 의 복소 포락선은 상기 실수 상수  $k$ 의 주어진 선택에 대해 고유하게 정의된다.

[0097] 상기  $m$  개의 여기들 중 하나는 각 사용자 포트들에 적용되고, 두 개 혹은 그 이상의 여기들이 동시에 적용된다. 상기  $m$  개의 여기들 각각은 상기 주어진 주파수를 포함하는 패스대역을 가지는 대역패스 신호이다. 상기 주어진 주파수는 캐리어 주파수로서 고려되고, 상기 여기들 각각은 1개의 복소 포락선 (혹은 등가 복소 기저대역)을 가지고, 상기  $m$  개의 여기들의  $m$  개의 복소 포락선들은  $E$ 에서 선형적으로 독립적으로, 여기서  $E$ 는 복소수들의 필드에 대한 벡터 공간으로 간주되는, 1개의 실수 변수의 복소 함수들의 집합이다.

[0098]  $a$  가 1보다 크거나 같고  $m$  보다 작거나 같은 정수일 경우 상기 여기 번호  $a$  는 상기 사용자 포트 번호  $a$  에 적용되는 바와 같은 방식으로 상기 사용자 포트들을 1부터  $m$  까지 넘버링하고, 여기들을 1부터  $m$  까지 넘버링하기로 한다. 일 예로,  $t$  를 사용하여 시간을 나타낼 경우, 상기 여기들은 1보다 크거나 같고  $m$  보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$  에 대해서, 상기 여기 번호  $a$  는 상기 사용자 포트 번호  $a$  에 적용되는 복소 포락선  $i_{E_a}(t)$ 의 전류  $i_a(t)$ 로 구성되며, 상기 복소 포락선들  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$ 는  $E$ 에서 선형적으로 독립적이 되도록 할 수 있다. 상기 복소 포락선들  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$ 의 대역폭이 충분히 현저하게 좁을 경우, 1보다 크거나 같고  $m$  보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$  에 대해서, 상기 타겟 포트들 중 어느 하나에서 측정되고 상기 여기 번호  $a$  에 의해 초래되는 전압 혹은 전류는 그 복소 포락선이  $i_{E_a}(t)$ 에 비례하는 대역패스 신호이고, 상기 비례의 계수는 복소 및 시간-독립적이라는 것을 나타내는 것이 가능할 것이다. 따라서,  $S$  를 사용하여  $E$ 에서의  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$ 의 스패를 나타낼 경우,  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$ 는  $S$ 의 베이스(basis)이고; 상기 타겟 포트들 중 하나에서 측정되고 상기 여기들에 의해 초래되는 전압 혹은 전류는 그 복소 포락선이  $S$ 에 놓여져 있는

대역패스 신호이고; 1보다 크거나 같고 m 보다 작거나 같은 임의의 정수 a 에 대해서, 상기 베이스스  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$  에서 이 전압 혹은 전류의 복소 포락선의 a 번째 좌표(coordinate)와 상기 벡터  $i_{E_a}(t)$  의 곱은 상기 여기 번호 a에 의해 초래되는 이 전압 혹은 전류의 복소 포락선의 일부와 동일하다는 것이라고 말할 수 있을 것이다. 결과적으로, 상기 다른 여기들의 기여도(contribution)들은 상기 다른 여기들이 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되었을 경우처럼 적합한 신호 프로세싱으로 식별될 수 있다. 전문가는 일단 이것이 수행되면, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기 q개의 실수 양들을 획득하기 위해 상기 제2 실시예의 신호 프로세싱의 제1 예제가 이 제3 실시 예의 컨텍스트에 대해 조정될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0099] 보다 정확하게, 신호 프로세싱의 일 예에서, 상기에서 설명한 바와 같이, 1보다 크거나 같고 m 보다 작거나 같은 임의의 정수 a 에 대해서, 상기 여기 값 a 는 상기 사용자 포트 번호 a 에 적용되는 복소 포락선  $i_{E_a}(t)$  의 전류  $i_a(t)$ 로 구성된다고 가정하기로 하며, 상기 복소 포락선들  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$  는 E에서 선형적으로 독립적이다. 주어진 튜닝 명령에 대해서, 상기 타겟 포트들은 임피던스 행렬  $Z_{LIOC}$  를 제공하고, 상기 여기들은 상기 타겟 포트들에서: 상기 복소 포락선들의 n 개의 오픈-회로 전압들  $v_{TPOC_1}(t), \dots, v_{TPOC_n}(t)$ ; 상기 복소 포락선들의 상기 타겟 포트들에서 방출되는 n개의 전류들  $i_{TP_1}(t), \dots, i_{TP_n}(t)$ ; 및 상기 복소 포락선들의, 상기 타겟 포트들에 걸친 n개의 전압들  $v_{TP_1}(t), \dots, v_{TP_n}(t)$ 을 초래한다. 상기에서 설명한 바와 같이, 상기 복소 포락선들  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$  의 대역폭이 현저하게 좁을 경우, 1보다 크거나 같고 m 보다 작거나 같은 임의의 정수 a 에 대해서, 상기 베이스스  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$  에서 이런 복소 포락선들 각각의 a 번째 좌표와 상기 벡터  $i_{E_a}(t)$ 의 곱은 상기 여기 번호 a에 의해 초래되는 이런 복소 포락선들 각각의 일부와 동일하다.  $u_{TPOC_a}$  를 사용하여 이 기저에서 상기 복소 포락선들의 a 번째 좌표들의 열 벡터  $v_{TPOC_1}(t), \dots, v_{TPOC_n}(t)$  를 나타낼 수 있다. 유사하게  $j_{TP_a}$  를 사용하여 이 기저에서 상기 복소 포락선들의 a 번째 좌표들의 열 벡터  $i_{TP_1}(t), \dots, i_{TP_n}(t)$  를 나타낼 수 있다. 유사하게,  $u_{TP_a}$  를 사용하여 이 기저에서 상기 복소 포락선들의 a 번째 좌표들의 열 벡터  $v_{TP_1}(t), \dots, v_{TP_n}(t)$  를 나타낼 수 있다. 여기서,  $Z_{LIOC}$  는 크기 n x n의 복소 행렬이고,  $u_{TPOC_a}$ ,  $j_{TP_a}$  및  $u_{TP_a}$  는 크기 n x 1의 복소 벡터들이다. 전문가는

**수학식 10**

$$j_{TP_a} = (Z_{Sant} + Z_{LIOC})^{-1} u_{TPOC_a}$$

[0100]

이고,

[0101]

**수학식 11**

$$u_{TP_a} = Z_{Sant} j_{TP_a}$$

[0102]

라는 것을 알 수 있을 것이다.

[0103]

[0104]  $J_{TP}$  가 그 열 벡터들이  $j_{TP_1}, \dots, j_{TP_m}$  인 크기 n x m의 복소 행렬이고,  $U_{TP}$  가 그 열 벡터들이  $u_{TP_1}, \dots, u_{TP_m}$  인 크기 n x m의 복소 행렬이라고 하기로 한다. 그리고 다음과 같다.

수학식 12

[0105]

$$\mathbf{U}_{TP} = \mathbf{Z}_{Sant} \mathbf{J}_{TP}$$

[0106]

이 실시 예에서,  $m = n$ 이고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)은  $\mathbf{J}_{TP}$  가 반전 가능하도록 하고, 따라서

수학식 13

[0107]

$$\mathbf{Z}_{Sant} = \mathbf{U}_{TP} \mathbf{J}_{TP}^{-1}$$

[0108]

이다.

[0109]

전문가는 상기 센싱 유닛 출력 신호들이 상기  $\mathbf{U}_{TP}$  와  $\mathbf{J}_{TP}$ 의 엔트리들을 획득하기 위해 어떻게 프로세싱되는지 이해할 수 있을 것이다. 일 예로, 1보다 크거나 같고  $n$  보다 작거나 같은 임의의 정수  $b$  에 대해서, 상기 센싱 유닛 번호  $b$  가: 상기 타겟 포트 번호  $b$  에 걸친 전압에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호; 및 이 타겟 포트의 방출 전류에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 전달한다고 가정하기로 한다. 상기 신호 프로세싱 유닛은 일 예로 이런 센싱 유닛 출력 신호들의 인-페이즈/쿼더러처(in-phase/quadrature: I/Q) 복조(호모다인 수신(homodyne reception))를 수행하여 1보다 크거나 같고  $n$  보다 작거나 같은 임의의 정수  $b$  에 대해서, 4개의 아날로그 신호들:  $v_{TP\ b}(t)$ 의 실수 파트;  $v_{TP\ b}(t)$ 의 허수 파트;  $i_{TP\ b}(t)$ 의 실수 파트; 및  $i_{TP\ b}(t)$ 의 허수 파트를 획득할 수 있다. 이런 아날로그 신호들은 그리고 나서 디지털 신호들로 변환되고, 또한 상기 디지털 도메인에서 프로세싱되어 상기 베이스스  $i_{E\ 1}(t), \dots, i_{E\ m}(t)$ 에서 상기 타겟 포트 번호  $b$  에 걸친 전압의 복소 포락선의 좌표들(즉,  $\mathbf{U}_{TP}$ 의 행  $b$  를 나타내는)을 추정하고, 상기 베이스스  $i_{E\ 1}(t), \dots, i_{E\ m}(t)$ 에서 상기 타겟 포트 번호  $b$  의 방출 전류의 복소 포락선의 좌표들(즉,  $\mathbf{J}_{TP}$ 의 행  $b$  를 나타내는)을 추정할 수 있다. 이런 방식으로,  $\mathbf{U}_{TP}$  및  $\mathbf{J}_{TP}$ 의 모든 엔트리들이 획득될 수 있다.

[0110]

일단  $\mathbf{U}_{TP}$  및  $\mathbf{J}_{TP}$ 의 모든 엔트리들이 획득되면, 상기 수학식 (13)이 사용되어  $\mathbf{Z}_{Sant}$ 를 연산할 수 있다. 따라서, 신호 프로세싱의 이 예제에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기  $q$  개의 실수 양들은 각각이  $\mathbf{Z}_{Sant}$ 의 엔트리의 실수 파트에 비례하는  $n^2$  개의 실수들과 각각이  $\mathbf{Z}_{Sant}$ 의 엔트리의 허수 파트에 비례하는  $n^2$  개의 실수들로 구성될 수 있다.

[0111]

신호 프로세싱의 이런 예제는 상기  $m$ 개의 여기들이 연속적으로 적용되지 않는 실시 예에서, 상기 다른 여기들이 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용될 경우처럼 상기 다른 여기들의 효과들은 적합한 신호 프로세싱으로 식별될 수 있고, 따라서 상기  $m$ 개의 여기들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬 및 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 임의의 실수 양을 추정하기 위해 사용될 수 있다.

[0112]

일반적으로 MIMO 무선 네트워크들에 적용될 수 있는 표준들에서, E에서 선형적으로 독립적인 복소 포락선들을 가지는 신호들이 MIMO 채널 추정을 위해 기준 신호들(또한, 파일럿 신호들이라고도 칭해지는)로 사용된다는 것을 알 수 있을 것이다. 기준 신호들로 사용되는 이런 신호들은 상기 신호들이 사용자 포트들에 적용될 경우, E에서 선형적으로 독립적인 복소 포락선들을 가지는 여기들로서 사용될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 따라서, 이 제3 실시 예는 MIMO 무선 네트워크들에 일반적으로 적용 가능한 스탠다드들의 요구 사항들과 호환 가능하다. 이런 문제는 제5 실시 예에서 하기에서 설명될 것이다.

[0113]

이런 제3 실시 예에서,  $q = 2n^2$  이고, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 전체적으로 결정한다. 일 예로, 상기에서 설명한 바와 같이, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들은 각각이  $\mathbf{Z}_{Sant}$ 의 엔트리의 실수 파트에 비례하는  $n^2$  개의 실수들과 각각이  $\mathbf{Z}_{Sant}$ 의 엔트리의 허수 파트에 비례하는  $n^2$

개의 실수들로 구성될 수 있다. 일 예로, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들은 각각이  $Z_{\text{sant}}$ 의 엔트리의 절대 값에 비례하는  $n^2$  개의 실수들과 각각이  $Z_{\text{sant}}$ 의 엔트리의 인수에 비례하는  $n^2$  개의 실수들로 구성될 수 있다.

[0114] 상기 튜닝 명령은 어떤 타입의 디지털 메시지라도 될 수 있다. 이 제3 실시예에서, 적응적 프로세스는 하나 혹은 그 이상의 튜닝 시퀀스들 동안, 상기 신호 프로세싱 유닛에 의해 수행된다. 상기 적응적 프로세스는 다음과 같다: 상기 튜닝 시퀀스들 각각 동안, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 추정하고, 상기 동작 주파수 및 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 기반으로, 룩업 테이블(lookup table)(또한, "룩업 테이블(look-up table)"로 쓰여지는)을 사용하여 상기 튜닝 명령을 결정한다. 전문가는 상기 룩업 테이블을 어떻게 생성하고 사용하는지 이해할 수 있을 것이다. 상기 룩업 테이블은 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛에서의 손실들에도 불구하고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛이 항상 최적이거나 혹은 거의 최적이 되도록 한다. 게다가, 상기 신호 프로세싱 유닛에 의해 수행되는 적응적 프로세스는 상기 룩업 테이블이 상기 동작 주파수 및 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 직접 사용하여 상기 튜닝 명령을 결정하기 때문에 어떤 복소 연산들 및 반복도 필요로 하지 않는다(따라서 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 복소 행렬을 기반으로 하는 실수 양들 및 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각이 조정된 후 사용해야만 하는 리액턴스 값간의 직접 관계가 존재한다)

[0115] 제4 실시 예

[0116] 비한정적 예를 통해 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제4 실시예는 또한 도 1에 도시되어 있는  $m = 4$  개의 사용자 포트들 및  $n = 4$ 의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템에 해당하고, 제1 실시 예 및 제3 실시 예에 대해 제공되는 모든 설명들이 이 제4 실시 예에 적용 가능하다. 추가적으로, 제4 실시 예에서,  $m$  개의 여기들의 복소 포락선들은 서로에 대해 직교한다. 보다 자세히 말하면, 상기  $m$  개의 여기들의 복소 포락선들은 주어진 스칼라 곱(scalar product)에 대해서 서로에 대해 직교한다. 또한,  $m$  개의 복소 포락선들 중 어느 하나와 그 자체의 스칼라 곱은 0이 아니고, 따라서 상기 직교성 요구 사항들은 상기  $m$  개의  $m$  개의 복소 포락선들이 선형적으로 독립적이라는 것을 수반한다.  $\langle f|g \rangle$ 를 쾨주게이트 시메트리(conjugate symmetry), 제2 인수에서의 선형성, 및 양성(positivity)(양의 값(positive definiteness)을 요구하지는 않는다)의 특성들을 만족시키는 어떤 스칼라 곱일 수 있는 두 함수들  $f$ 와  $g$ 의 스칼라 곱을 나타내기 위해 사용할 수 있다. 예를 들어, 상기 각각의 복소 포락선은 제곱-적분 가능하고(square-integrable), 상기 스칼라 곱이 두 개의 제곱-적분 가능한 함수들  $f$ 와  $g$ 에 대해 하기 수학식 (14)와 같이 주어지는, 실수 변수의 제곱-적분 가능한 함수들의 힐베르트(Hilbert) 공간의 일반 스칼라 곱이라고 고려할 수 있다.

수학식 14

$$\langle f|g \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \overline{f(x)} g(x) dx$$

[0117]

[0118] 여기서  $f(x)$  위의 바(bar)는 복소 쾨주게이트(complex conjugate)를 나타낸다. 이와는 달리,  $f$ 의 샘플  $f[j]$  및  $g$ 의 샘플  $g[j]$ 을 획득하기 위해 예를 들어 두 함수들  $f$  및  $g$ 가 같은 시점들에 샘플링된다고 고려할 수 있고, 여기서  $j$ 는 정수이고, 상기 스칼라 곱이 하기 수학식 (15)에 의해 주어지는 것과 같은 유한 에너지 시퀀스들의 일반 스칼라 곱이라고 고려할 수 있다.

수학식 15

$$\langle f|g \rangle = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \overline{f[j]} g[j]$$

[0119]

[0120] 일 예로, 상기 여기들이, 1보다 크거나 같고  $m$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$ 에 대해, 상기 여기 번호  $a$ 가 상

기 사용자 포트 번호  $a$ 에 적용되는 복소 포락선  $i_{E a}(t)$ 의 전류  $i_a(t)$ 로 구성되도록 하기 위한 경우를 고려하며, 상기 복소 포락선들  $i_{E 1}(t), \dots, i_{E m}(t)$ 은 서로 직교한다. 이 경우 상기 수학식 (13)이 적용 가능하며, 1보다 크거나 같고  $m$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$ 에 대해, 그리고 1보다 크거나 같고  $n$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $b$ 에 대해, 상기  $J_{TP}$ 의 행  $b$  및 열  $a$ 의 엔트리, 즉 상기 벡터  $J_{TP a}$ 의  $b$ 번째 엔트리라고 칭해지고 상기 베이스  $i_{E 1}(t), \dots, i_{E m}(t)$ 에서 복소 포락선  $i_{TP b}(t)$ 의  $a$  번째 좌표라고 칭해지는 상기  $J_{TP}$ 의 행  $b$  및 열  $a$ 의 엔트리가 하기 수학식 (16)과 같이 명백하게 주어지고,

**수학식 16**

$$j_{ba} = \frac{\langle i_{E a} | i_{TP b} \rangle}{\langle i_{E a} | i_{E a} \rangle}$$

[0121]

상기  $U_{TP}$ 의 행  $b$  및 열  $a$ , 즉 상기 벡터  $u_{TP a}$ 의  $b$ 번째 엔트리 및 상기 베이스에서 상기 복소 포락선  $v_{TP b}(t)$ 의  $a$ 번째 좌표라고 칭해지는 상기  $U_{TP}$ 의 행  $b$  및 열  $a$ 는 하기 수학식 (17)과 같이 명백하게 주어지기 때문에  $U_{TP}$ 와  $J_{TP}$ 의 엔트리들은 쉽게 연산될 수 있다.

**수학식 17**

$$u_{ba} = \frac{\langle i_{E a} | v_{TP b} \rangle}{\langle i_{E a} | i_{E a} \rangle}$$

[0123]

일 예로, 1보다 크거나 같고  $n$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $b$ 에 대해서, 상기 센싱 유닛 번호  $b$ 가: 상기 타겟 포트 번호  $b$ 에 걸친 전압에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호; 및 이 타겟 포트의 방출 전류에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 전달한다고 가정하기로 한다. 상기 신호 프로세싱 유닛은 일 예로 모든 센싱 유닛 출력 신호들의 하향 변환(down-conversion)을 수행하고 인-페이즈/쿼더러처(in-phase/quadrature: I/Q) 복조(헤테로다인 수신(heterodyne reception))를 수행하여 1보다 크거나 같고  $n$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $b$ 에 대해서, 4개의 아날로그 신호들:  $v_{TP b}(t)$ 의 실수 파트;  $v_{TP b}(t)$ 의 허수 파트;  $i_{TP b}(t)$ 의 실수 파트; 및  $i_{TP b}(t)$ 의 허수 파트를 획득할 수 있다. 이런 아날로그 신호들은 그리고 나서 디지털 신호들로 변환되고, 또한 수학식들 (16) 및 (17)을 기반으로 상기 디지털 도메인에서 프로세싱되어  $U_{TP}$  및  $J_{TP}$ 의 모든 엔트리들을 추정할 수 있다.

[0124]

상기 여기들이, 1보다 크거나 같고  $m$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$ 에 대해, 상기 여기 번호  $a$ 가 상기 사용자 포트 번호  $a$ 에 적용되는 복소 포락선  $i_{E a}(t)$ 의 전류  $i_a(t)$ 로 구성되고, 상기 복소 포락선들  $i_{E 1}(t), \dots, i_{E m}(t)$ 이 서로 직교되도록 하는 경우를 고려하였었다. 이 경우에서, 다른 여기들의 효과들은 다른 여기들이 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되었을 경우처럼 쉽게 식별될 수 있으며, 따라서 상기  $m$ 개의 여기들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬 및 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양을 추정하기 위해 사용될 수 있다는 것을 보여주었다. 이와는 달리, 상기 여기들은 예를 들어, 1보다 크거나 같고  $m$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$ 에 대해, 상기 여기 번호  $a$ 가 상기 사용자 포트 번호  $a$ 에 적용되는, 복소 포락선  $v_{E a}(t)$ 의 전압  $v_a(t)$ 로 구성되고, 상기 복소 포락선들  $v_{E 1}(t), \dots, v_{E m}(t)$ 은 서로에 대해 직교하도록 할 수 있다. 이 경우, 적용된 전류들에 대해 상기에서 제공된 바와 유사한 근거를 사용하여, 서로 다른 여기들이 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되었을 경우처럼 상기 다른 여기들의 효과들이 쉽게 식별될 수 있다는 것을 보여줄 수 있고, 따라서 상기  $m$ 개의 여기들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬 및 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양을 추정하기 위해 사용될 수

[0125]

있다.

[0126] 전문가는 서로 직교하는 복소 포락선들을 가지는  $m$  개의 여기들을 어떻게 생성하는지 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 데이터 심볼들의  $m$  개의 임의의 시퀀스들을 고려할 경우, 그 각각의 시퀀스는 직교 주파수 분할 다중화(orthogonal frequency division multiplexing: OFDM) 신호의 단일 서브 캐리어 상에서 변조되고, 다른 시퀀스들은 다른 서브 캐리어들 상에서 변조된다. 이러한  $m$  개의 변조된 서브 캐리어들은 서로에 대해 직교하고, 따라서 이런 변조된 서브캐리어들 각각은 상기  $m$  개의 여기들 중 복소 포락선으로 사용될 수 있다. 예를 들어, OFDM신호의 두 개의 서로 다른 자원 엘리먼트들간에 직교성이 존재하며(자원 엘리먼트는 한 OFDM 심볼의 듀레이션 중 한 OFDM 서브 캐리어를 의미한다), 따라서  $m$  개의 다른 자원 엘리먼트들은 각각 상기  $m$  개의 여기들 중 하나의 복소 포락선을 획득하는데 사용될 수 있다.

[0127] 제5실시예 (최선의 모드)

[0128] 비한정적 예와 본 발명을 수행하는 최선의 예를 통해 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제5 실시예는 또한 도 1에 도시되어 있는  $m = 4$  개의 사용자 포트들 및  $n = 4$ 의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템에 해당하고, 제1 실시 예 및 제3 실시 예에 대해 제공되는 모든 설명들이 이 제5 실시 예에 적용 가능하다. 게다가, 제5 실시 예에서,  $m$  개의 여기들의 복소 포락선들 각각은 제1 복소 신호 및 제2 복소 신호의 합으로, 상기 제1 복소 신호는 복소 포락선의 기본 컴포넌트(component)라고 칭해지고, 제2 복소 신호는 복소 포락선의 보조 컴포넌트라 칭해지며,  $m$  개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들은 서로 직교하며,  $m$  개의 복소 포락선들의 보조 컴포넌트들 각각은  $m$  개의 복소 컴포넌트들의 보조 컴포넌트들 각각에 직교한다. 보다 상세히 말하면,  $m$  개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들은 주어진 스칼라 곱에 있어 서로에 대해 직교하며,  $m$  개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들 각각은 그 주어진 스칼라 곱에 있어서  $m$  개의 복소 포락선들의 보조 컴포넌트들 각각에 직교한다. 또한,  $m$  개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들 중 어느 하나와 그 자체의 스칼라 곱은 0이 아니므로, 직교성 요건은  $m$  개의 복소 포락선들이 선형적으로 독립적이라는 것을 수반한다.

[0129] 예를 들어, 상기 여기들은, 1보다 크거나 같고  $m$  보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$ 에 대해, 상기 여기 번호  $a$ 가 사용자 포트 번호  $a$ 에 적용되는 복소 포락선  $i_{E_a}(t)$ 의 전류  $i_a(t)$ 로 구성되도록 하는 경우를 고려하기로 하며, 상기 복소 포락선  $i_{E_a}(t)$ 는 하기 수학식 (18)의 형태이고,

**수학식 18**

$$i_{E_a}(t) = i_{C_a}(t) + i_{D_a}(t)$$

[0130]

[0131] 여기서  $i_{C_a}(t)$ 는 상기 복소 포락선의 기본 컴포넌트이고,  $i_{D_a}(t)$ 는 상기 복소 포락선의 보조 컴포넌트이며, 상기  $m$  개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들  $i_{C_1}(t), \dots, i_{C_m}(t)$ 은 서로에 대해 직교하고, 상기  $m$  개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들  $i_{C_1}(t), \dots, i_{C_m}(t)$  각각은 상기  $m$  개의 복소 포락선들의 보조 컴포넌트들  $i_{D_1}(t), \dots, i_{D_m}(t)$  각각에 직교한다. 이 경우, 상기 수학식 (13)이 적용 가능하며,  $U_{TP}$  및  $J_{TP}$ 의 엔트리들이 쉽게 연산될 수 있는데, 이는 1보다 크거나 같고  $m$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$ 에 대해, 그리고 1보다 크거나 같고  $n$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $b$ 에 대해, 상기  $J_{TP}$ 의 행  $b$  및 열  $a$ 의 엔트리, 즉 상기 벡터  $J_{TP_a}$ 의  $b$ 번째 엔트리라고 칭해지고 상기 베이스  $i_{E_1}(t), \dots, i_{E_m}(t)$ 에서 복소 포락선  $i_{TP_b}(t)$ 의  $a$  번째 좌표라고 칭해지는 상기  $J_{TP}$ 의 행  $b$  및 열  $a$ 의 엔트리가 하기 수학식 (19)와 같이 명백하게 주어지고,

**수학식 19**

$$j_{ba} = \frac{\langle i_{C_a} | i_{TP_b} \rangle}{\langle i_{C_a} | i_{C_a} \rangle}$$

[0132]

[0133] 상기  $U_{TP}$ 의 행  $b$  및 열  $a$ , 즉 상기 벡터  $u_{TP a}$ 의  $b$ 번째 엔트리 및 상기 베이스에서 상기 복소 포락선  $v_{TP b}(t)$ 의  $a$ 번째 좌표라고 칭해지는 상기  $U_{TP}$ 의 행  $b$  및 열  $a$ 는 하기 수학식 (20)과 같이 명백하게 주어지기 때문이다.

수학식 20

$$u_{ba} = \frac{\langle i_{Ca} | v_{TPb} \rangle}{\langle i_{Ca} | i_{Ca} \rangle}$$

[0134]

[0135] 일 예로, 1보다 크거나 같고  $n$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $b$ 에 대해서, 상기 센싱 유닛 번호  $b$ 가: 상기 타겟 포트 번호  $b$ 에 걸친 전압에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호; 및 이 타겟 포트의 방출 전류에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 전달한다고 가정하기로 한다. 상기 신호 프로세싱 유닛은 일 예로 모든 센싱 유닛 출력 신호들의 하향 변환(down-conversion)을 수행하고 대역패스 샘플링을 사용하여 디지털 신호들로의 변환과 디지털 쿼터러처 복조를 수행하여 1보다 크거나 같고  $n$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $b$ 에 대해서, 4개의 디지털 신호들:  $v_{TP b}(t)$ 의 실수 파트의 샘플들;  $v_{TP b}(t)$ 의 허수 파트의 샘플들;  $i_{TP b}(t)$ 의 실수 파트의 샘플들; 및  $i_{TP b}(t)$ 의 허수 파트의 샘플들을 획득할 수 있다. 이런 디지털 신호들은 수학식들 (19) 및 (20)을 기반으로 프로세싱되어  $U_{TP}$  및  $J_{TP}$ 의 모든 엔트리들을 추정할 수 있다.

[0136] 예를 들어, 상기 여기들이 1보다 크거나 같고  $m$ 보다 작거나 같은 임의의 정수에 대해 사용자 포트 번호  $a$ 에 적용되는 복소 포락선  $i_{E a}(t)$ 의 전류  $i_a(t)$ 로 구성되도록 하고, 상기 복소 포락선  $i_{E a}(t)$ 는  $i_{C a}(t)$  및  $i_{D a}(t)$ 의 합이며,  $i_{C a}(t)$ 는 상기 복소 포락선의 기본 컴포넌트이고  $i_{D a}(t)$ 는 상기 복소 포락선의 보조 컴포넌트이고, 상기  $m$ 개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들  $i_{C 1}(t), \dots, i_{C m}(t)$ 은 서로에 대해 직교하고, 상기  $m$ 개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들  $i_{C 1}(t), \dots, i_{C m}(t)$  각각은 상기  $m$ 개의 복소 포락선들의 보조 컴포넌트들  $i_{D 1}(t), \dots, i_{D m}(t)$  각각에 직교하는 경우를 고려하였다. 이 경우, 상기 다른 여기들의 효과들은 상기 다른 여기들이 상기 사용자 포트들에 연속적으로 적용되었을 경우에서 처럼 쉽게 식별될 수 있으며, 따라서 상기  $m$ 개의 여기들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬과 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양을 추정하기 위해 사용될 수 있다는 것을 보여주고 있다. 이와는 달리, 상기 여기들은 예를 들어, 1보다 크거나 같고  $m$ 보다 작거나 같은 임의의 정수  $a$ 에 대해 상기 사용자 포트 번호  $a$ 에 적용되는 복소 포락선  $u_{E a}(t)$ 의 전압  $v_a(t)$ 로 구성되고, 상기 복소 포락선  $u_{E a}(t)$ 는  $v_{C a}(t)$  및  $v_{D a}(t)$ 의 합이며, 상기  $v_{C a}(t)$ 는 상기 복소 포락선의 기본 컴포넌트  $v_{D a}(t)$ 는 상기 복소 포락선의 보조 컴포넌트이고, 상기  $m$ 개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들  $v_{C 1}(t), \dots, v_{C m}(t)$ 은 서로에 대해 직교하고, 상기  $m$ 개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들  $v_{C 1}(t), \dots, v_{C m}(t)$  각각은 상기  $m$ 개의 복소 포락선들의 보조 컴포넌트들  $v_{D 1}(t), \dots, v_{D m}(t)$  각각에 직교하도록 할 수 있다. 이 경우, 적용된 전류들에 대해 상기에서 제공된 것과 유사한 근거를 사용하여, 상기 다른 여기들이 상기 사용자 포트들로 연속적으로 적용된 경우에서 처럼, 상기 다른 여기들의 효과들이 쉽게 식별될 수 있고, 따라서 상기  $m$ 개의 여기들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬 및 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 실수 양을 추정하는데 사용될 수 있다는 것을 보여줄 수 있다.

[0137] 이 제5 실시예에서 사용되고 있고 제로(0) 보조 컴포넌트들을 가지는 여기들은 제4 실시예에서 사용될 수 있기 때문에, 제4실시 예에 사용된 여기들의 타입은 제5실시 예에서 사용되는 여기들의 보다 일반적인 타입의 특수한 경우라는 것을 알 수 있을 것이다.

[0138] 전문가는 복소 포락선들을 가지는  $m$ 개의 여기들을 생성하는 방법에 대해 알 수 있으며, 상기 복소 포락선들 각각은 제1복소 신호 및 제2복소 신호의 합으로, 제1복소 신호는 복소수 포락선의 기본 컴포넌트라 칭해지고, 제2복소 신호는 복소 포락선의 보조 컴포넌트라 칭해지며, 상기  $m$ 개의 복소 포락선들의 기본 컴포넌트들은 서로 직교하며, 상기  $m$ 개의 복소 포락선들의 보조 컴포넌트들 각각은  $m$ 개의 복소 포락선들의 보조 컴포넌트들 각각에 직교한다. 예를 들어, 데이터 심볼들의  $m$ 개의 임의의 시퀀스들을 고려할 수 있으며, 각각의 시퀀스는 OFDM



신호의 단일 서브 캐리어 상에서 변조되고, 다른 시퀀스들은 다른 서브 캐리어들 상에서 변조된다. 상기  $m$  개의 임의의 시퀀스들에 의해 변조된 서브 캐리어들은 서로 직교하며, 이들 각각은  $m$  개의 임의의 시퀀스들 중 어느 하나에 의해 변조되지 않고 데이터를 운반할 수 있는 서브 캐리어들의 조합에 대해 직교한다. 따라서, 상기  $m$  개의 임의의 시퀀스들에 의해 변조된 서브 캐리어들 각각은 상기  $m$  개의 여기들 중 하나의 복소 포락선의 기본 컴포넌트로서 사용될 수 있고, 상기  $m$  개의 임의의 시퀀스들 중 어느 하나에 의해서도 변조되지 않고 데이터를 운반할 수 있는 서브 캐리어들의 조합은 상기  $m$  개의 여기들 중 어느 하나의 복소 포락선의 보조 컴포넌트로서 사용될 수 있다. 예를 들어, OFDM 신호의  $m$  개의 다른 자원 엘리먼트들을 고려하기로 한다. 상기  $m$  개의 다른 자원 엘리먼트들은 서로에 대해 직교하며, 상기  $m$  개의 다른 자원 엘리먼트들 각각은 상기  $m$  개의 다른 자원 엘리먼트들 중 하나가 아닌 자원 엘리먼트들의 조합에 직교한다. 따라서, 상기  $m$  개의 다른 자원 엘리먼트들 각각은 상기  $m$  개의 여기들 중 하나의 복소 포락선의 기본 컴포넌트를 획득하는데 사용될 수 있으며, 상기  $m$  개의 다른 자원 엘리먼트들 중 하나가 아닌 자원 엘리먼트들의 조합은 상기  $m$  개의 여기들 중 어느 하나의 복소 포락선의 보조 컴포넌트를 획득하는데 사용될 수 있다.

[0139] MIMO 무선 네트워크에 적용 가능한 일반적인 표준에 있어서, OFDM 또는 단일 캐리어 주파수 도메인 등화(single carrier frequency domain equalization: SC-FDE)가 송신을 위해 사용되며, 서로 다른 공간 계층들(또한, "공간 스트림들"이라고도 칭해지는) 내 서로 다른 자원 요소들은 MIMO 채널 추정을 위한 기준 신호들(또한, "파일럿"들이라고도 칭해지는)을 제공하는데 사용된다는 것을 알 수 있다. 주어진 공간 계층에서 고려되는 상기 기준 신호는, 상기  $m$  개의 여기들 중 하나의 복소 포락선의 기본 컴포넌트로서 사용될 수 있고, 주어진 공간 계층에서 고려되고 데이터 심볼들을 운반하는, 상기 기준 신호에 의해 사용되지 않는 자원 엘리먼트들의 조합은 상기  $m$  개의 여기들 중 어느 하나의 복소 포락선의 보조 컴포넌트를 획득하는데 사용될 수 있다. 이는 기준 신호들이 적절한 직교관계를 충족시키기 때문이다. 따라서, 이러한 제5 실시 예는 MIMO 무선 네트워크들에 통상적으로 적용될 수 있는 표준들의 요구 사항들과 호환된다.

[0140] 제6 실시 예

[0141] 비한정적 예를 통해 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제6 실시 예에는 또한 도 1에 도시되어 있는  $m = 4$  개의 사용자 포트들 및  $n = 4$  의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템에 해당하고, 제1 실시 예에 대해 제공되는 모든 설명들이 이 제6 실시 예에 적용 가능하다. 또한, 도 2에서 제6 실시 예에 사용되는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)을 나타내고 있다. 이러한 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은:

[0142]  $n = 4$  개의 출력 포트들(311, 321, 331, 341);

[0143]  $m = 4$  개의 입력 포트들(312, 322, 332, 342);

[0144] 각각이 음의 리액턴스를 제공하고 상기 출력 포트들 중 하나와 병렬로 연결되는, 튜닝 유닛(301)의  $n$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들;

[0145] 각각이 음의 리액턴스를 제공하고, 상기 출력 포트들 중 하나와 연결된 제1단자와 제1단자와 연결된 출력 포트와는 다른 출력 포트들 중 하나에 연결되는 제2단자를 가지는, 상기 튜닝 유닛(302)의  $n(n-1)/2$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들;

[0146] 각각이 상기 출력 포트들 중 하나에 연결되는 제1단자와 상기 입력 포트들 중 하나에 연결된 제2단자를 가지는  $n = m$  개의 와인딩(winding)들(303);

[0147] 각각이 음의 리액턴스를 제공하고 상기 입력 포트들 중 하나와 병렬로 연결되는, 상기 튜닝 유닛(304)의  $m$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들;

[0148] 각각이 음의 리액턴스를 제공하고, 상기 입력 포트들 중 하나와 연결되는 제1단자와 상기 제1단자와 연결되는 입력 포트와는 다른 입력 포트들 중 하나에 연결되는 제2단자를 포함하는, 상기 튜닝 유닛(305)의  $m(m-1)/2$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함한다.

[0149] 도 1 및 도 2에 도시되어 있는 바와 같이, 상기 출력 포트들 (311), (321), (331), (341) 각각은 상기 센싱 유닛들(9) 중 하나를 통해 상기 타겟 포트들(911), (921), (931), (941) 중 하나에 간접적으로 연결되고, 상기 입력 포트들(312), (322), (332), (342) 각각은 상기 사용자 포트들(712), (722), (732), (742) 중 하나와 직접적으로 연결된다. 따라서, 상기 주어진 주파수에서, 상기 입력 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬은 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬과 동일하다. 상기 센싱 유닛들은, 상기 주어진 주파수에서, 상기 출력 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬과 근접하도록

한다.

- [0150] 상기 와인딩들(303) 간에는 상호 유도(mutual induction)가 존재하는 것이 가능하다. 이 경우, 상기 와인딩들의 임피던스 행렬은 대각 행렬이 아니다.
- [0151] 상기 튜닝 유닛의 모든 조정 가능 임피던스 디바이스들 (301), (302), (304), (305)은 전기적 수단을 통해 조정 가능하지만, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스를 결정하는데 필요로 되는 회로들과 제어 링크들은 도 2에 도시되어 있지 않다. 이 제6 실시 예에서,  $n = m$ 이며, 상기 튜닝 유닛의  $p = m (m + 1) = 20$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들을 사용한다.
- [0152] 전문가는 도 2에 나타난 튜닝 유닛의 특성들이 F. Broydt 및 E. Clavelier, "A New Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuner"라는 제목으로 2015년 1월, 2015 IEEE RWW(Radio & Wireless Week) 2015, 41 ~ 43 페이지에 공개된 논문, "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners"이라는 제목의 논문, 및 F. Broyde 와 E.Clavelier의 "Two Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners"라는 제목으로 2015년 4월 EuCAP 2015에서 개최된 제 9회 유럽 전파 통신 회의 (European Conference on Antenna and Propagation)에서 공개된 논문에서 조사되었다는 것을 알 수 있을 것이다.
- [0153] 전문가는 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛이 동작하도록 의도되는 주파수에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 50Ω에 해당하는 모든 대각 엔트리들을 가진 대각 행렬인 경우, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 어느 하나의 리액턴스가 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬에 영향을 미치며, 상기 튜닝 유닛의 하나 혹은 그 이상의 조정 가능 임피던스 디바이스들의 리액턴스가 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬의 비대각 엔트리들 중 하나 혹은 그 이상에 영향을 미친다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0154] 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 주어진 시메트릭 복소 행렬일 때, 적합한 컴포넌트 값들에 대해, 상기에서 정의된  $p$  개의 편도 함수들이 크기  $m \times m$ 인 복소 행렬들의 실수 벡터 공간(규모가  $2m^2$ 임)에서 선형적으로 독립적이라는 것을 보여주는 것이 가능하다. 이러한 벡터 공간에서,  $p$  개의 편도 함수들의 범위는 크기  $m \times m$ 의 시메트릭 복소 행렬들의 집합과 동일한 차원  $p$ 의 서브 공간이다. 여기서, 크기  $m \times m$ 의 시메트릭 복소 행렬은  $p$  개의 편도 함수들의 스패의 한 엘리먼트이다. 결과적으로, 크기  $m \times m$ 의 대각 복소 행렬은  $p$  개의 편도 함수들의 스패의 적어도 하나의 엘리먼트와 동일한 대각 엔트리들을 가진다.
- [0155] 상기 조정 가능 임피던스 디바이스의 리액턴스는 일부 타입들의 조정 가능 임피던스 디바이스들에 대해 주변 온도에 의존적일 수 있다. 상기 타입의 조정 가능 임피던스 디바이스가 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛에서 사용되는 경우, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 디바이스들 각각의 리액턴스에 대한 온도의 효과를 보상하기 위해, 상기 튜닝 제어 신호들이 상기 튜닝 명령의 함수 및 하나 혹은 그 이상의 온도들의 함수로서 결정되는 것이 가능하다. 상기 타입의 조정 가능 임피던스 디바이스가 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛에서 사용되는 경우, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 디바이스들 각각의 리액턴스에 대한 온도의 효과를 보상하기 위해, 하나 혹은 그 이상의 온도들이 상기 튜닝 명령을 획득하기 위해 고려되는 것 또한 가능하다. 이 경우, 상기 신호 프로세싱 유닛은 튜닝 명령을 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기  $q$  개의 실수 양들의 함수 및 상기 하나 혹은 그 이상의 온도들의 함수로서 전달한다. 일 예로, 상기 신호 프로세싱 유닛은 룩업 테이블을 사용하여 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기  $q$  개의 실수 양들, 상기 동작 주파수, 상기 하나 혹은 그 이상의 온도들을 기반으로 상기 튜닝 명령을 결정할 수 있다. 전문가는, 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 방법이 오픈-루프(open-loop) 제어 방식을 사용하기 때문에, 상기 온도 변경들의 보상은 클로즈드-루프(closed-loop) 제어 방식을 사용하는 종래 기술보다 더 중요해질 수 있다는 것이 이해될 수 있을 것이다.
- [0156] 전문가는, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 시메트릭일 경우, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬에서의 작은 변화라도 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들의 새로운 조정으로 보상될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 따라서,  $Z_0$ 가 원하는 시메트릭 행렬에 근사화된다는 것을 획득한다는 것이 항상 가능할 것이다.
- [0157] 이 제6 실시 예에서, 하나 혹은 그 이상의 튜닝 시퀀스들 중에 상기 신호 프로세싱 유닛에 의해 적응적 프로세스가 구현된다. 제1의 가능한 적응적 프로세스는 다음과 같다: 상기 튜닝 시퀀스들의 각각 동안, 상기 신호 프

로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q = 2n^2$  개의 실수 양들인,  $Z_{\text{sant}}$ 의  $n^2$  개의 엔트리들의 실수 파트와 허수 파트를 추정한다; 상기 신호 프로세싱 유닛은  $Z_{\text{sant}}^{-1}$ 과 동일한, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 어드미턴스(admittance) 행렬의  $n^2$  개의 엔트리의 실수 파트 및 허수 파트를 계산한다; 그리고 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 상기 어드미턴스 행렬의 엔트리들을 사용하여 튜닝 명령을 결정한다. 제2의 가능한 적응적 프로세스는 다음과 같다: 상기 튜닝 시퀀스들의 각각 동안, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q = 2n^2$  개의 실수 양들인, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 어드미턴스 행렬의  $n^2$  개의 엔트리들의 실수 파트 및 허수 파트를 추정하고; 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 어드미턴스 행렬의 엔트리들을 사용하여 튜닝 명령을 결정한다. 제3의 가능한 적응적 프로세스는 다음과 같다: 상기 튜닝 시퀀스들 각각 동안, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q = 2n^2$  개의 실수 양들인, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 스캐터링(scattering) 행렬의  $n^2$  개의 엔트리들의 실수 파트 및 허수 파트를 추정한다; 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 어드미턴스 행렬의  $n^2$  개의 엔트리들의 실수 파트 및 허수 파트를 연산한다; 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 어드미턴스 행렬의 엔트리들을 사용하여 튜닝 명령을 결정한다.

- [0158] 전문가가 많은 가능한 어플리케이션들에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 시메트릭 행렬이고, 따라서 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 어드미턴스 행렬 및 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 스캐터링 행렬은 각각이  $n(n+1)$ 개의 실수 양들에 의해 전체적으로 정의되는 시메트릭 행렬들이라는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $n(n+1)$ 개의 실수 양들은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬과, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 어드미턴스 행렬 및 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 스캐터링 행렬을 완전히 정의되기 위해 필요로 된다.
- [0159] 전문가가 상기에서 정의된 3 개의 가능한 적응적 프로세스들이 이러한 속성을 어떻게 이용할 수 있고, 및/혹은 이러한 속성을 어떻게 활용하도록 수정될 수 있는지를 이해할 수 있을 것이다.
- [0160] 전문가가 상기 제3의 가능한 적응적 프로세스가 상기 센싱 유닛들 각각이 상기 센싱 유닛들 각각에 의해 전달되는 2개의 센싱 유닛 출력 신호들: 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 입사 전압에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호와 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 반사 전압에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호를 포함하도록 하는 경우에서 매우 간단하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0161] 제7 실시 예.
- [0162] 비한정적 예를 통해 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제7 실시 예는 또한 도 1에 도시되어 있는  $m = 4$  개의 사용자 포트들 및  $n = 4$ 의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템에 해당하고, 제1 실시 예에 대해 제공되는 모든 설명들이 이 제7 실시 예에 적용 가능하다. 또한, 도 3에서 제7 실시 예에 사용되는 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)을 나타내고 있다. 이러한 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은:
- [0163]  $n = 4$  개의 출력 포트들(311, 321, 331, 341);
- [0164]  $m = 4$  개의 입력 포트들(312, 322, 332, 342);
- [0165] 각각이 음의 리액턴스를 제공하고 상기 출력 포트들 중 하나와 병렬로 연결되는, 튜닝 유닛(301)의  $n$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들;
- [0166] 상기 출력 포트들 중 하나와 연결된 제1단자와 제1단자와 연결된 출력 포트와는 다른 출력 포트들 중 하나에 연결되는 제2단자를 가지는,  $n(n-1)/2$  개의 캐패시터들(306);
- [0167] 각각이 상기 출력 포트들 중 하나에 연결되는 제1단자와 상기 입력 포트들 중 하나에 연결된 제2단자를 가지는  $n = m$  개의 와인딩(winding)들(303);
- [0168] 각각이 음의 리액턴스를 제공하고 상기 입력 포트들 중 하나와 병렬로 연결되는, 상기 튜닝 유닛(304)의  $m$ 개의 조정 가능 임피던스 디바이스들;
- [0169] 상기 입력 포트들 중 하나와 연결되는 제1단자와 상기 제1단자와 연결되는 입력 포트와는 다른 입력 포트들 중 하나에 연결되는 제2단자를 포함하는,  $m(m-1)/2$  개의 캐패시터들(307)을 포함한다.
- [0170] 도 1 및 도 3에 도시되어 있는 바와 같이, 상기 출력 포트들(311), (321), (331), (341) 각각은 상기 센싱 유닛

들(9) 중 하나를 통해 상기 타겟 포트들(911), (921), (931), (941) 중 하나에 간접적으로 연결되고, 상기 입력 포트들(312), (322), (332), (342) 각각은 상기 사용자 포트들(712), (722), (732), (742) 중 하나와 직접적으로 연결된다. 따라서, 상기 주어진 주파수에서, 상기 입력 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬은 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬과 동일하다. 상기 센싱 유닛들은, 상기 주어진 주파수에서, 상기 출력 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬과 근접하도록 한다.

[0171] 상기 와인딩들(303) 간에는 상호 유도(mutual induction)가 존재하는 것이 가능하다. 이 경우, 상기 와인딩들의 임피던스 행렬은 대각 행렬이 아니다. 상기 튜닝 유닛의 모든 조정 가능 임피던스 디바이스들(301), (304)은 전기적 수단을 통해 조정 가능하지만, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스를 결정하는데 필요로 되는 회로들과 제어 링크들은 도 3에 도시되어 있지 않다.

[0172] 전문가는 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛이 동작하도록 의도되는 주파수에서, 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬이 50Ω에 해당하는 모든 대각 엔트리들을 가진 대각 행렬인 경우, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 어느 하나의 리액턴스가  $Z_0$ 에 영향을 미치며, 상기 튜닝 유닛의 하나 혹은 그 이상의 조정 가능 임피던스 디바이스들의 리액턴스가 상기  $Z_0$ 의 비대각 엔트리들 중 하나 혹은 그 이상에 영향을 미친다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 적합한 컴포넌트 값들에 대해서, 상기에서 정의된 바와 같은  $p = 8$  개의 편도 함수들이 크기  $4 \times 4$ 의 복소 행렬들의 차원 32의 실수 벡터 공간에서 선형적으로 독립적이라는 것을 보여주는 것이 가능할 것이다. 이 벡터 공간에서, 상기  $p$  개의 편도 함수들의 스패는 차원 8이다. 또한, 크기  $m \times m$ 의 대각 복소 행렬은 상기  $p$  개의 편도 함수들의 스패의 적어도 하나의 엘리먼트와 동일한 대각 엘리먼트들을 가진다는 것을 보여주는 것이 가능할 것이다.

[0173] 전문가는 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬에서의 어떤 작은 변화라도 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들의 새로운 조정으로 부분적으로 보상될 수 있고, 상기 보상은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬 및 상기 원하는 임피던스 행렬이 시메트릭 행렬들인 경우에서 자동적이고 보다 양호하게 이루어진다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 자동으로 그리고 개략적으로 튜닝하는 것이 항상 가능할 것이다.

[0174] 상기 캐패시터들 (306), (307)이 0 pF와 동일한 값을 가질 경우 (혹은 도 3에 도시되어 있는 회로에 존재하지 않는), 그리고 상호 유도가 상기 와인딩들(303)간에 존재하지 않을 경우, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)은 실제로 4개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들로 구성되고, 이런 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들은 독립적이고 연결되어 있지 않다. 보다 일반적으로,  $m$  개의 사용자 포트들 및  $n$  개의 타겟 포트들을 가지는 자동 튜닝 시스템은  $n = m$ 의 경우에, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛이  $n$  개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들로 구성되도록 할 수 있고, 상기  $n$  개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들 각각은 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나 혹은 그 이상과 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 두 개 혹은 그 이상을 포함하며, 이런 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들은 독립적이고 연결되어 있지 않다.

[0175] 이 경우, 본 발명의 방법은  $n$  개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들을 자동으로 조정하는 방법이 될 수 있으며, 여기서  $n$ 은 2보다 크거나 같은 정수이고, 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들 각각은  $n$  개의 "사용자 포트들"과  $n$  개의 "타겟 포트들"을 가지는 자동 튜닝 시스템의 일부이며, 상기 자동 튜닝 시스템은 주어진 주파수에서 상기 사용자 포트들로부터 상기 타겟 포트들로의 전력의 전달을 허락하고, 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들 각각은 하나 혹은 그 이상의 (혹은 두 개 혹은 그 이상의) 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하고, 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들 각각의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각은 상기 주어진 주파수에서 리액턴스를 가지고, 상기 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬에 영향을 미치고, 상기 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 상기 전기적 수단에 의해 조정 가능하며, 상기 방법은:

[0176]  $n$  개의 여기들을 상기 사용자 포트들에 적용하는 과정과, 상기  $n$  개의 여기들 중 하나는 상기 사용자 포트들 각각에 적용되며;

[0177] 상기  $n$  개의 여기들을 사용하여 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 추정하는 과정과, 여기서  $q$ 는  $n$  보다 크거나 같은 정수이고;

[0178] 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 사용하여 "튜닝 제어 신

호들"을 획득하는 과정과;

- [0179] 상기 튜닝 제어 신호들 각각을 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나 혹은 그 이상에 적용하는 과정을 포함하며, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정된다.
- [0180] 이런 방법을 구현하는 장치는  $n$  개의 "사용자 포트들"과  $n$  개의 "타겟 포트들"을 가지는 자동 튜닝 시스템이며, 여기서  $n$  은 2보다 크거나 같은 정수이며, 상기 자동 튜닝 시스템은 주어진 주파수에서 상기 사용자 포트들로부터 상기 타겟 포트들로의 전력의 전달을 허락하며, 상기 자동 튜닝 시스템은 다음을 포함한다:
- [0181] 적어도  $n$ 개의 센싱 유닛들, 상기 센싱 유닛들 각각은 하나 혹은 그 이상의 "센싱 유닛 출력 신호들"을 전달하고, 상기 센싱 유닛 출력 신호들 각각은 하나 혹은 그 이상의 전기적 변수들에 의해 주로 결정되고;
- [0182] 신호 프로세싱 유닛, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 사용자 포트들에 적용되는  $n$  개의 여기들에 대해 획득되는 상기 센싱 유닛 출력 신호들을 사용하여 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 추정하고, 여기서  $q$  는  $n$  과 크거나 같은 정수이고, 상기 여기들 중 하나는 상기 사용자 포트들 각각에 적용되고, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들의 함수로서 "튜닝 명령"을 전달하고;
- [0183]  $n$ 개의 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들, 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들 각각은 하나 혹은 그 이상의 (혹은 두 개 혹은 그 이상의) 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하고, 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들 각각의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각은 상기 주어진 주파수에서 리액턴스를 가지고, 상기 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 상기 사용자 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬에 영향을 미치고, 상기 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 상기 전기적 수단에 의해 조정 가능하며;
- [0184] 튜닝 제어 유닛, 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 신호 프로세싱 유닛으로부터 튜닝 명령을 수신하고, 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 단일-입력-포트 및 단일-출력-포트 튜닝 유닛들로 "튜닝 제어 신호들"을 전달하고, 상기 튜닝 제어 신호들은 상기 튜닝 명령의 함수로 결정되고, 상기 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정된다.
- [0185] 제8 실시 예.
- [0186] 비한정적 예를 통해 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제8 실시 예로서, 도 4에  $m = 4$  개의 사용자 포트들 (712), (722), (732), (742) 및  $n = 4$ 의 타겟 포트들 (911), (921), (931), (941)을 가지는 자동 튜닝 시스템을 나타내었으며, 상기 자동 튜닝 시스템은 300 MHz 보다 크거나 같은 주어진 주파수에서, 상기 사용자 포트들로부터 상기 타겟 포트들로의 전력의 전달을 허락하며, 상기 자동 튜닝 시스템은 다음을 포함한다:
- [0187]  $n$  개의 센싱 유닛들(9), 상기 센싱 유닛들 각각은 2개의 "센싱 유닛 출력 신호들"을 전달하며, 상기 센싱 유닛 출력 신호들 각각은 1개의 전기적 변수에 의해 결정되고;
- [0188]  $m$  개의 추가 센싱 유닛들 (7), 상기 추가 센싱 유닛들 각각은 하나 혹은 그 이상의 "추가 센싱 유닛 출력 신호들"을 전달하고, 상기 추가 센싱 유닛 출력 신호들 각각은 1개의 전기적 변수에 의해 결정되고;
- [0189] 신호 프로세싱 유닛(8), 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 사용자 포트들에 적용되는  $m$  개의 여기들에 대해 획득되는 센싱 유닛 출력 신호들을 사용하여 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 추정하고, 여기서  $q$ 는  $m$  보다 크거나 같은 정수이고, 상기 여기들 중 하나는 상기 사용자 포트들 각각에 적용되고, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 추가 센싱 출력 유닛 신호들을 사용하여 "튜닝 명령"을 상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들의 함수로서 전달하고;
- [0190] 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3), 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하고,  $p$  는  $2m = 8$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들은 "상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들"이라 칭해지고, 상기 주어진 디바이스에서, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각은 리액턴스를 가지도록 하고, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 전기적 수단에 의해 조정 가능하고;
- [0191] 튜닝 제어 유닛(4), 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 신호 프로세싱 유닛(8)으로부터 튜닝 명령을 수신하고, 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)으로 "튜닝 제어 신호들"을 전달하고,

상기 튜닝 제어 신호들은 상기 튜닝 명령의 함수로 결정되고, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정된다.

[0192] 제1 실시 예에서와 같이, 상기 센싱 유닛들(9) 각각은, 일 예로, 상기 센싱 유닛들 각각에 의해 전달되는 2개의 센싱 유닛 출력 신호들이 다음을 포함하도록 할 수 있다: 제1 전기적 변수에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호, 상기 제1 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에 걸친 전압이고; 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호, 상기 제2 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나의 방출 전류이다. 상기 타겟 포트들 중 하나에 걸친 전압은 복소 전압이 될 수 있고, 상기 타겟 포트들 중 하나의 방출 전류는 복소 전류가 될 수 있다. 이와는 달리, 상기 센싱 유닛들(9) 각각은, 일 예로, 상기 센싱 유닛들 각각에 의해 전달되는 2개의 센싱 유닛 출력 신호들이 다음을 포함하도록 할 수 있다: 제1 전기적 변수에 비례하는 제1 센싱 유닛 출력 신호, 상기 제1 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 입사 전압이고; 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 센싱 유닛 출력 신호, 상기 제2 전기적 변수는 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 반사 전압이다. 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 입사 전압은 복소 입사 전압이 될 수 있고, 상기 타겟 포트들 중 하나에서의 반사 전압은 복소 반사 전압이 될 수 있다.

[0193] 상기 추가 센싱 유닛들(7) 각각은 일 예로 상기 추가 센싱 유닛들 각각에 의해 전달되는 상기 2개의 추가 센싱 유닛 출력 신호들이 다음을 포함하도록 할 수 있다: 제1 전기적 변수에 비례하는 제1 추가 센싱 유닛 출력 신호, 상기 제1 전기적 변수는 상기 사용자 포트들 중 하나에 걸친 전압이고; 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 추가 센싱 유닛 출력 신호, 상기 제2 전기적 변수는 상기 사용자 포트들 중 하나의 방출 전류이다. 상기 사용자 포트들 중 하나에 걸친 전압은 복소 전압이 될 수 있고, 상기 사용자 포트들 중 하나에서의 방출 전류는 복소 전류가 될 수 있다. 이와는 달리, 상기 추가 센싱 유닛들(7) 각각은 일 예로 상기 추가 센싱 유닛들 각각에 의해 전달되는 상기 2개의 추가 센싱 유닛 출력 신호들이 다음을 포함하도록 할 수 있다: 제1 전기적 변수에 비례하는 제1 추가 센싱 유닛 출력 신호, 상기 제1 전기적 변수는 상기 사용자 포트들 중 하나에서의 입사 전압이고; 제2 전기적 변수에 비례하는 제2 추가 센싱 유닛 출력 신호, 상기 제2 전기적 변수는 상기 사용자 포트들 중 하나에서의 반사 전압이다. 상기 사용자 포트들 중 하나에서의 입사 전압은 복소 입사 전압이 될 수 있고, 상기 사용자 포트들 중 하나에서의 반사 전압은 복소 반사 전압이 될 수 있다.

[0194] 제9 실시 예.

[0195] 비한정적 예를 통해 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제9 실시 예로서, 도 5에 본 발명의 자동 튜닝 시스템을 사용하는 무선 통신을 위한 송수신기의 블록 다이어그램을 나타내었다. 도 5에 도시되어 있는 송수신기는 주어진 주파수 대역에서 다수의 안테나들을 사용하는 무선 통신을 위한 송수신기이며, 다음을 포함한다:

[0196]  $n = 4$  개의 안테나들 (11), (12), (13), (14), 상기  $n$  개의 안테나들은 상기 주어진 주파수 대역에서 동시에 동작하고, 상기  $n$  개의 안테나들은 안테나 어레이(1)을 형성하고;

[0197]  $n = 4$  개의 공급기(feeder)들(21), (22), (23), (24), 상기 공급기들 각각은 원단(far end) 및 근단(near end)을 가지며, 상기 안테나들 각각은 상기 공급기들 중 하나의 원단에 연결되고, 상기 공급기들의 근단들은 상기 주어진 주파수 대역에서의 주파수에서 "상기 공급기들의 원단들에 의해 제공되는 임피던스 행렬"이라고 칭해지는 임피던스 행렬을 제공하고;

[0198] 도 5에는 도시되어 있지 않은 상기 송수신기의 모든 파트들로 구성되는 무선 디바이스(5), 상기 무선 디바이스는  $m = 4$ 개의 무선 포트들을 가지며, 상기 무선 디바이스는 튜닝 시퀀스가 수행될 때를 지시하는 "튜닝 시퀀스 명령들"을 전달하고,  $m$  개의 여기들은 상기 튜닝 시퀀스 동안 상기 무선 포트들에 의해 전달되고, 상기 여기들 중 하나는 상기 무선 포트들 각각에 의해 전달되고;

[0199]  $n$  개의 센싱 유닛들(9), 상기 센싱 유닛들 각각은 2개의 "센싱 유닛 출력 신호들"을 전달하며, 상기 센싱 유닛 출력 신호들 각각은 1개의 전기적 변수에 의해 결정되며;

[0200] 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3), 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $n = 4$ 의 출력 포트들을 포함하고, 상기 출력 포트들 각각은 상기 센싱 유닛들(9) 중 하나를 통해 상기 공급기들 중 하나의 근단에 간접적으로 연결되고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $m = 4$  개의 입력 포트들을 포함하고, 상기 입력 포트들 각각은 상기 무선 디바이스(5)의 무선 포트들 중 하나에 간접적으로 연결되고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하며, 여기서  $p$  는  $2m = 8$  보다 크거나 같은 정수이고, 상기  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들은 "상기 튜닝 유닛의 조정 가능 디바이스들"로 칭해지며, 상기 주어진 주파수 대역에서의 주파수에서 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임

피턴스 디바이스들 각각이 리액턴스를 가지도록 하며, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피턴스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 전기적 수단에 의해 조정 가능하고;

- [0201] 신호 프로세싱 유닛(8), 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 튜닝 시퀀스 명령들 및 상기 m 개의 여기들이 튜닝 시퀀스 동안 상기 무선 포트들에 의해 전달되는 동안 획득되는 센싱 유닛 출력 신호들을 사용하여 상기 공급기들의 원단들에 의해 제공되는 임피턴스 행렬을 기반으로 하는 q 개의 실수 양들을 추정하고, 여기서 q는 m 보다 크거나 같은 정수이고, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 공급기들의 근단들에 의해 제공되는 임피턴스 행렬을 기반으로 하는 q 개의 실수 양들의 함수인 "튜닝 명령"을 전달하고;
- [0202] 튜닝 제어 유닛(4), 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 신호 프로세싱 유닛(8)으로부터 튜닝 명령을 수신하고, 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)으로 "튜닝 제어 신호들"을 전달하고, 상기 튜닝 제어 신호들은 상기 튜닝 명령의 함수로 결정되고, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피턴스 디바이스들 각각의 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정된다.
- [0203] 전문가는 본 제9 실시 예의 "상기 공급기들의 근단들에 의해 제공되는 임피턴스 행렬"이 상기 주어진 주파수 대역에서 상기 주파수에서 평가되는, 상기 제1 실시 예의 "상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피턴스 행렬"에 상응한다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0204] 상기 무선 통신을 위한 송수신기는 셀룰라 네트워크에서의 MIMO 무선 송신을 위해 사용된다. 상기 여기들은 상기 제 9 실시 예에서 제공되는 특성들을 따르는 복소 포락선들을 가지고, 따라서 이런 여기들은 MIMO 무선 네트워크들에 일반적으로 적용 가능한 스탠다드들의 요구 사항들과 호환된다.
- [0205] 전문가는 일 예로 사용자 상호 작용으로 인한, 동작 주파수에서의 변화 혹은 상기 안테나들을 둘러 싸고 있는 매체에서의 변화에 의해 초래되는, 상기 안테나들에 의해 형성되는 멀티포트 안테나 어레이의 임피턴스 행렬에서의 작은 변화는 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피턴스 디바이스들의 자동 조정으로 보상될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 다수의 안테나들을 사용하는 무선 통신을 위한 송수신기로부터 항상 최고의 성능을 획득하는 것이 가능할 것이다.
- [0206] 상기 신호 프로세싱 유닛(8)은 또한 각각이 상기 출력 포트들에 의해 전달되는 전력을 기반으로 하는 하나 혹은 그 이상의 양들을 추정하고, 이런 전력은 상기 공급기들의 근단들에 의해 수신되는 전력과 실질적으로 동일하다. 각각이 상기 출력 포트들에 의해 전달되는 전력을 기반으로 하는 양들에 대한 정보는 상기 MIMO 무선 네트워크들에 일반적으로 적용 가능한 스탠다드들에 따라 상기 무선 디바이스(5)로 송신되고, 상기 정보는 상기 송수신기가 송신할 때 방사 전력 제어를 위해 사용될 수 있다. 이 정보는 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)에서의 손실들을 고려하기 때문에 정확한 방사 전력 제어에 적합하다.
- [0207] 결과적으로, 본 제9 실시 예는, 일반적으로 MIMO 무선 네트워크들에 적용 가능한 스탠다드들에 부합하는 방식으로 MIMO 무선 통신을 위해 사용되는 무선 송수신기의 일부인 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 자동으로 조정하는 문제에 대한 해결 방식을 제공한다.
- [0208] 제 10 실시 예.
- [0209] 비한정적 예를 통해 주어지는 본 발명의 디바이스의 제10 실시 예 또한 도 5에 도시된 무선 통신을 위한 송수신기에 해당하며, 제9 실시 예에 대해 제공되는 모든 설명들이 본 제10 실시 예에도 적용될 수 있다. 추가적으로, 제10 실시 예에서, 상기 신호 프로세싱 유닛(8)은 상기 공급기들의 근단들에 의해 제공되는 임피턴스 행렬을 기반으로 하는 q 개의 실수 양들의 함수로서, 그리고 하나 혹은 그 이상의 로컬라이제이션(localization) 변수들의 함수로서 "튜닝 명령"을 전달하며, 상기 로컬라이제이션 변수들 각각은 인간 신체의 일부와 무선 통신을 위한 송수신기의 존(zone) 사이의 거리를 기반으로 한다.
- [0210] 상기 로컬라이제이션 변수들 각각은 인간 신체의 일부와 무선 통신을 위한 송수신기 간의 거리를 기반으로 한다는 것이 상기에서 언급된 바 있다. 이는 다음과 의미로서 해석되어야만 한다: 상기 로컬라이제이션 변수들 각각이, 인간 신체의 일부 및 무선 통신을 위한 송수신기의 존 사이의 거리가 상기 로컬라이제이션 변수들 각각에 영향을 미치는 적어도 하나의 구성이 존재하도록 한다.
- [0211] 예를 들어, "로컬라이제이션 센서 유닛"은 각각이 주어진 사용 구성에서 인간 신체의 일부 및 무선 통신을 위한 송수신기 사이의 거리를 기반으로 하는 하나 혹은 그 이상의 로컬라이제이션 변수들을 추정할 수 있다. 상기 로컬라이제이션 센서 유닛은 다수의 로컬라이제이션 센서들을 포함할 수 있다. 상기 존들 각각은 해당하는 로컬라이제이션 센서에 의해 점유되는 공간의 일부일 수 있으며, 이 공간은 무선 통신을 위한 송수신기에 의해 점유되

는 공간 안에 존재하고, 따라서, 이 경우 상기 존들 각각은 무선 통신을 위한 송수신기의 볼륨보다 훨씬 적은 볼륨을 가진다. 상기 안테나들 각각에 대해, 상기 로컬라이제이션 변수들 중 적어도 하나는 인간의 신체의 일부와 상기 안테나들 각각에 가까운 작은 존 간의 거리를 기반으로 할 수 있다. 적절한 로컬라이제이션 센서가 사용될 경우, 상기 존은 포인트(point)일 수 있거나, 또는 실질적으로 포인트일 수 있다.

[0212] 예를 들어, 로컬라이제이션 변수들 중 적어도 하나는 인간 신체의 일부에 의해 발휘되는 압력에 따른 로컬라이제이션 센서의 출력일 수 있다. 예를 들어, 상기 로컬라이제이션 변수들 중 적어도 하나는 근접 센서의 출력일 수 있다.

[0213] 로컬라이제이션 센서 유닛은 각각이 어떤 주어진 사용 구성에서 인간 신체의 일부 및 무선 통신을 위한 송수신기 사이의 거리를 기반으로 하는 복수의 로컬라이제이션 변수들을 평가한다(또는 평가적으로, 추정한다). 그러나, 각각이 어떤 주어진 사용 구성에서 인간 신체의 일부 및 무선 통신을 위한 송수신기 사이의 거리를 기반으로 하는 하나 혹은 그 이상의 다른 로컬라이제이션 변수들은 로컬라이제이션 센서 유닛에 의해 추정되지 않는 것이 가능할 수 있다. 예를 들어, 로컬라이제이션 변수들 중 적어도 하나는 터치 스크린의 출력 상태의 변화에 따라 결정될 수 있다. 따라서, 로컬라이제이션 센서 유닛은 다수의 변수들을 추정하는(또는 평가하는) 로컬라이제이션 유닛의 일부로서 간주될 수 있고, 상기 변수들 각각은 "로컬라이제이션 변수"라고 칭해지며, 로컬라이제이션 변수들 각각은 인간 신체의 일부 및 무선 통신을 위한 송수신기 사이의 거리를 기반으로 한다. 이러한 로컬라이제이션 유닛의 일부는 전체 로컬라이제이션 유닛일 수 있다.

[0214] 제10실시 예는 2015년 3월 3일자 국제 출원 번호 PCT/IB2015/051548 "Radio communication using multiple antennas and localization variables"에 대응하는 2014년 3월 13일자 프랑스 특허 출원 번호 14/00606 "Communication radio utilisant des antennes multiples et des variables de localisation"에 개시된 기술의 일부 측면들을 사용할 수 있다.

[0215] 제 11 실시 예.

[0216] 비한정적 예를 통해 주어지는 본 발명의 장치의 제11실시에 또한 도 5에 도시된 무선 통신을 위한 송수신기에 해당하며, 제9실시 예에 대해 제공되는 모든 설명들이 본 제11실시 예에도 적용될 수 있다. 또한, 제11실시 예에서, 적어도 하나의 튜닝 가능(tunable) 수동 안테나는 상기 n 개의 안테나들 중에 존재하고, 상기 적어도 하나의 튜닝 가능 수동 안테나는 적어도 하나의 안테나 제어 디바이스를 포함하고, 상기 적어도 하나의 튜닝 가능 수동 안테나의 하나 혹은 그 이상의 특성들은 상기 적어도 하나의 안테나 제어 디바이스를 사용하여 제어되고, 상기 적어도 하나의 안테나 제어 디바이스는 상기 하나 혹은 그 이상의 특성들에 영향을 미치는 적어도 하나의 파라미터를 가지고, 상기 적어도 하나의 파라미터는 전기적 수단에 의해 조정될 수 있고, 상기 파라미터들 각각은 하나 혹은 그 이상의 "안테나 제어 신호들"에 의해 주로 결정된다. 이전 문장에서 "상기 파라미터들 각각"은 "상기 적어도 하나의 튜닝 가능 패시브(passive) 안테나 각각의 상기 적어도 하나의 안테나 제어 디바이스의 각각의 상기 적어도 하나의 파라미터 각각"을 분명하게 의미한다.

[0217] 많은 다른 타입들의 안테나 제어 디바이스가 튜닝 가능 패시브 안테나들 중 하나의 하나 혹은 그 이상의 특성들을 제어하는데 사용될 수 있다. 적합한 안테나 제어 디바이스는 일 예로 다음과 같을 수 있다:

[0218] - 전기적으로 제어되는 스위치 또는 체인지-오버 스위치(change-over), 이 경우 상기 튜닝 가능 패시브 안테나의 하나 혹은 그 이상의 특성들에 영향을 미치는 안테나 제어 디바이스의 파라미터가 스위치 혹은 체인지-오버 스위치의 스테이트가 될 수 있다;

[0219] - 조정 가능 임피던스 디바이스, 이 경우 튜닝 가능 패시브 안테나의 하나 이상의 특성들에 영향을 미치는 안테나 제어 디바이스의 파라미터는 특정 주파수에서 상기 조정 가능 임피던스 디바이스의 리액턴스 혹은 임피던스일 수 있다; 혹은

[0220] - 상기 튜닝 가능 패시브 안테나의 기계적 변형을 초래하도록 배열되는 액츄에이터(actuator), 이 경우 상기 튜닝 가능 패시브 안테나의 하나 혹은 그 이상의 특성들에 영향을 미치는 안테나 제어 디바이스의 파라미터는 상기 변형의 길이일 수 있다.

[0221] 안테나 제어 디바이스가 전기적으로 제어되는 스위치 혹은 체인지-오버 스위치일 경우, 예를 들어 상기 안테나 제어 디바이스는 전기-기계적 릴레이(relay)이거나, 혹은 마이크로 전기 기계적 스위치(microelectromechanical switch: MEMS 스위치)이거나, 혹은 스위칭 디바이스들로 하나 혹은 그 이상의 PIN 다이오드들 및/또는 하나 혹은 그 이상의 절연 게이트 전계 효과 트랜지스터(insulated-gate field-effect transistor: MOSFET)들을 사용



하는 회로일 수 있다.

- [0222] 본 제11 실시 예는 2015년 3월 6일자 국제 출원 번호 PCT/IB2015/051644 "Radio communication using tunable antennas and an antenna tuning apparatus"에 대응하는 2014년 3월 20일자 프랑스 특허 출원 번호 14/00666의 "Communication radio utilisant des antennes accordables et un appareil d'accord d'antenne"에 개시된 기술의 일부 측면들을 사용할 수 있다.
- [0223] 제 12 실시 예.
- [0224] 비한정적 예를 통해 주어지는, 본 발명의 디바이스의 제12 실시 예로서, 도 6에 본 발명의 자동 튜닝 시스템을 사용하는 무선 통신을 위한 송수신기의 블록 다이어그램을 나타내었다. 도 6에 도시되어 있는 송수신기는 주어진 주파수 대역에서 다수의 안테나들을 사용하는 무선 통신을 위한 송수신기이며, 다음을 포함한다:
- [0225]  $N = 4$  개의 안테나들 (11), (12), (13), (14), 상기  $N$  개의 안테나들 각각은 상기 주어진 주파수 대역에서의 임의의 주파수에서 동작할 수 있도록 하고;
- [0226] 도 6에는 도시되어 있지 않은 상기 송수신기의 모든 파트들로 구성되는 무선 디바이스(5), 상기 무선 디바이스는  $m = 2$ 개의 무선 포트들을 가지며, 상기 무선 디바이스는 튜닝 시퀀스가 수행될 때를 지시하는 "튜닝 시퀀스 명령들"을 전달하고,  $m$  개의 여기들은 상기 튜닝 시퀀스 동안 상기 무선 포트들에 의해 전달되고, 상기 여기들 중 하나는 상기 무선 포트들 각각에 의해 전달되고;
- [0227] 스위칭 유닛(6), 상기 스위칭 유닛은 상기 무선 디바이스에 의해 자동으로 생성되는 "구성 명령"을 수신하고, 상기 스위칭 유닛은 각각이 공급기 (21), (22), (23), (24)를 통해 상기 안테나들 중 하나에 연결되는  $N$  개의 안테나 포트들을 포함하고, 상기 스위칭 유닛은  $n = 2$ 개의 어레이 포트들을 포함하고, 상기 스위칭 유닛은 상기 구성 명령에 의해 결정되는 액티브 구성에서 동작하고, 상기 액티브 구성은 다수의 허락된 구성들 중 하나이고;
- [0228] 상기 스위칭 유닛은 상기 허락된 구성들 중 하나로, 상기 주어진 주파수 대역에서의 신호들 및 상기 어레이 포트들 중 하나에 대해서, 상기 어레이 포트들 중 하나와 상기 안테나 포트들 중 하나간의 양방향 패스를 제공하고;
- [0229]  $n$  개의 센싱 유닛들(9), 상기 센싱 유닛들 각각은 2개의 "센싱 유닛 출력 신호들"을 전달하며, 상기 센싱 유닛 출력 신호들 각각은 1개의 전기적 변수에 의해 결정되며;
- [0230] 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3), 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $n = 2$ 의 출력 포트들을 포함하고, 상기 출력 포트들 각각은 상기 센싱 유닛들(9) 중 하나를 통해 상기 스위칭 유닛(6)의 어레이 포트들 중 하나에 간접적으로 연결되고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $m = 2$  개의 입력 포트들을 포함하고, 상기 입력 포트들 각각은 상기 무선 디바이스(5)의 무선 포트들 중 하나에 간접적으로 연결되고, 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛은  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들을 포함하며, 여기서  $p$  는  $2m = 4$ 보다 크거나 같은 정수이고, 상기  $p$  개의 조정 가능 임피던스 디바이스들은 "상기 튜닝 유닛의 조정 가능 디바이스들"로 칭해지며, 상기 주어진 주파수 대역에서의 주파수에서 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각이 리액턴스를 가지도록 하며, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 중 하나의 리액턴스는 전기적 수단에 의해 조정 가능하고;
- [0231] 신호 프로세싱 유닛(8), 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 튜닝 시퀀스 명령들 및 상기  $m$  개의 여기들이 튜닝 시퀀스 동안 상기 무선 포트들에 의해 전달되는 동안 획득되는 센싱 유닛 출력 신호들을 사용하여 상기 어레이 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들을 추정하고, 여기서  $q$ 는  $m$  보다 크거나 같은 정수이고, 상기 신호 프로세싱 유닛은 상기 어레이 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 기반으로 하는  $q$  개의 실수 양들의 함수인 "튜닝 명령"을 전달하고;
- [0232] 튜닝 제어 유닛(4), 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 신호 프로세싱 유닛(8)으로부터 튜닝 명령을 수신하고, 상기 튜닝 제어 유닛은 상기 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛(3)으로 "튜닝 제어 신호들"을 전달하고, 상기 튜닝 제어 신호들은 상기 튜닝 명령의 함수로 결정되고, 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들 각각의 리액턴스는 상기 튜닝 제어 신호들 중 하나 혹은 그 이상에 의해 주로 결정된다.
- [0233] 전문가는 본 제12 실시 예의 "상기 어레이 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬"이 제1 실시 예의 "상기 타겟 포트들에 의해 보여지는 임피던스 행렬"에 상응한다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0234] 상기 스위칭 유닛은 상기 구성 명령에 의해 결정된 액티브 구성에서 동작하고(사용되고), 상기 액티브 구성은

다수의 허락된 구성들 중 하나이고, 상기 스위칭 유닛은 상기 허락된 구성들 중 어느 하나에서, 주어진 주파수 대역에서의 신호들 및 상기 어레이 포트들 중 어느 하나에 대해, 상기 어레이 포트들 중 하나 및 상기 안테나 포트들 중 하나 간의 경로를 제공한다. 따라서, 상기 스위칭 유닛은 상기 허락된 구성들 중 하나인 액티브 구성으로 동작하며, 각각의 허락된 구성은 상기 N 개의 안테나 포트들 중 n 개의 안테나 포트들의 선택에 해당한다. 상기 스위칭 유닛이 상기 N 개의 안테나 포트들 중 n 개의 안테나 포트들의 선택에 해당하는 액티브 구성으로 동작한다고도 말하는 것이 가능할 것이다.

- [0235] 각각의 허락된 구성은 N 개의 안테나 포트들 중 n 개의 안테나 포트들의 선택에 해당하며, 상기 스위칭 유닛은 주어진 주파수 대역에서의 신호들에 대해, 그리고 상기 어레이 포트들 중 하나에 대해, 상기 어레이 포트들 중 하나 및 상기 선택된 안테나 포트들 중 하나 간의 패스를 제공한다. 이 패스는 바람직하게는, 주어진 주파수 대역에서의 신호들에 대한 저손실 패스일 수 있다. 전문가는 하나 혹은 그 이상의 전기적으로 제어되는 스위치들 및/또는 체인지-오버 스위치들(여기서, "전기적 수단"에 의해 제어되는 "전기적으로 제어되는" 수단)을 포함할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 이 경우, 상기 전기적으로 제어되는 스위치들 및/또는 체인지-오버 스위치들 중 하나 혹은 그 이상은, 예를 들어 전기 기계적 릴레이이거나, 마이크로 전기 기계적 스위치(microelectromechanical switch: MEMS 스위치)이거나, 스위칭 디바이스들로서 하나 혹은 그 이상의 PIN 다이오드들을 및/또는 하나 혹은 그 이상의 절연 게이트 전계 효과 트랜지스터들(insulated-gate field-effect transistor: MOSFET)들을 사용하는 회로일 수 있다.
- [0236] 예를 들어, 상기 구성 명령 및/또는 튜닝 명령은 다음과 같은 사항들의 함수로서 결정될 수 있다:
- [0237] 상기 어레이 포트들에 의해 제공되는 임피던스 행렬을 기반으로 하는 상기 q개의 실수 양들;
- [0238] 제10 실시 예에서와 같이 정의되는 하나 혹은 그 이상의 로컬라이제이션 변수들;
- [0239] 상기 안테나들을 사용하는 무선 통신을 위해 사용되는 주파수들;
- [0240] 하나 혹은 그 이상의 추가 변수들, 상기 추가 변수들 각각은 추가 변수들의 집합 안에 존재하고, 상기 추가 변수들의 집합의 엘리먼트들은 무선 통신 세션이 음성 통신 세션인지, 데이터 통신 세션인지 또는 다른 타입의 통신 세션인지 여부를 나타내는 통신 타입 변수; 스피커폰 모드 활성화 지시자; 스피커폰 활성화 표시자; 하나 혹은 그 이상의 가속계들을 사용하여 획득되는 변수들; 현재 사용자의 식별자를 기반으로 하는 사용자 식별자 변수들; 수신 품질 변수들; 및 발산 품질 변수들을 포함한다.
- [0241] 상기 추가 변수들의 집합의 엘리먼트들은 로컬라이제이션 변수들과 다르게 사용자가 상기 송수신기를 그립(grip)을 특징 짓는 하나 혹은 그 이상의 변수들을 더 포함할 수 있다.
- [0242] 상기 구성 명령 및/또는 튜닝 명령은 일 예로, 상기 신호 프로세싱 유닛에 실현된 룩업 테이블을 사용하여 결정될 수 있다.
- [0243] 일 예로 사용자 상호 작용으로 인한, 동작 주파수에서의 변화 혹은 상기 안테나들을 둘러 싸고 있는 매체에서의 변화에 의해 초래되는, 상기 안테나들에 의해 형성되는 멀티포트 안테나 어레이의 임피던스 행렬에서의 작은 변화는 상기 튜닝 유닛의 조정 가능 임피던스 디바이스들의 자동 조정으로 보상될 수 있다. 따라서, 다수의 안테나들을 사용하는 무선 통신을 위한 송수신기로부터 항상 최고의 성능을 획득하는 것이 가능할 것이다.
- [0244] 본 제12 실시 예는 2015년 4월 23일자 국제 출원 번호 PCT/IB2015/052974의 "Radio communication using a plurality of selected antennas"에 대응하는 2014년 5월 28일자 프랑스 특허 출원 번호 14/01221 "Communication radio utilisant une pluralité d'antennes sélectionnées"에 개시된 기술의 일부 측면들을 사용할 수 있다.
- [0245] 본 발명의 방법은 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 최적으로, 그리고 자동으로 조정하는데 적합하고, 본 발명의 자동 튜닝 시스템은 상기 자동 튜닝 시스템의 다중-입력-포트 및 다중-출력-포트 튜닝 유닛을 최적으로, 그리고 자동으로 조정할 수 있다. 본 발명의 자동 튜닝 시스템은 동시에 다수의 안테나들을 사용하는 무선 수신기, 혹은 동시에 다수의 안테나들을 사용하는 무선 송신기의 일부가 될 수 있다. 상기와 같은 응용 예들에서, 본 발명의 자동 튜닝 시스템의 각 타겟 포트는 안테나와 연결될 수 있고, 본 발명의 자동 튜닝 시스템의 각 사용자 포트는 다수의 안테나들을 동시에 사용하는 무선 수신기의 무선 주파수 신호 입력 포트들 중 하나, 혹은 다수의 안테나들을 동시에 사용하는 무선 송신기의 무선 주파수 신호 출력 포트들 중 하나에 연결될 수 있다. 따라서, 본 발명의 방법 및 자동 튜닝 시스템은 MIMO 무선 통신에 적합하다.
- [0246] 본 발명의 방법 및 자동 튜닝 시스템은 매우 가까운 안테나들을 사용하는 최적의 가능한 특성들을 제공하여 상

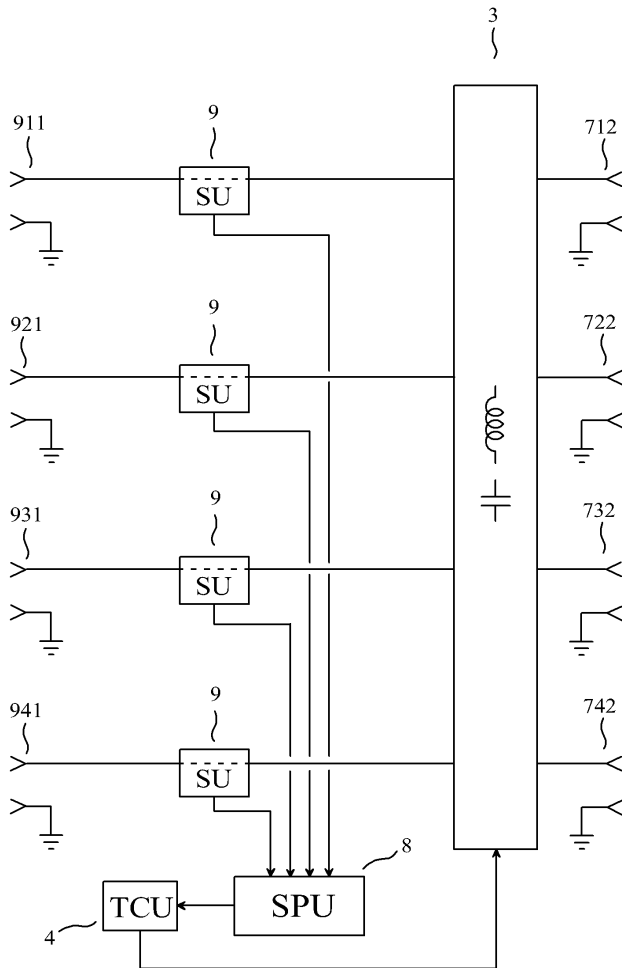
기 안테나들 간의 강한 상호 작용을 제공한다. 따라서 본 발명은 일 예로 휴대형 무선 전화기들이나 휴대형 컴퓨터들에서 사용되는 이동 무선 송신기들 및 무선 송수신기들에 특히 적합하다.

[0247]

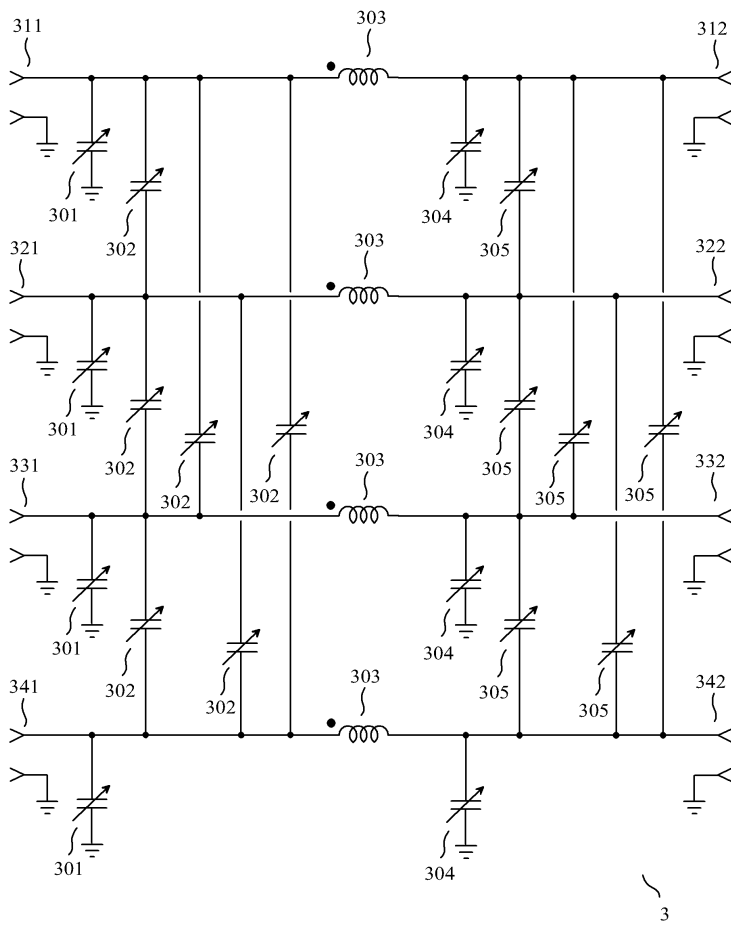
본 발명의 방법 및 자동 튜닝 시스템은 주어진 용적 내에 매우 많은 수의 안테나들을 사용하여 최고의 가능한 특성들을 제공하며, 따라서 상기 안테나들 간의 강한 상호 작용을 제공한다. 따라서 본 발명은 일 예로 셀룰라 무선 전화 네트워크들의 고정 단말기들에서 사용되는 고성능 무선 송신기들 및 무선 송수신기들에 특히 적합하다.

**도면**

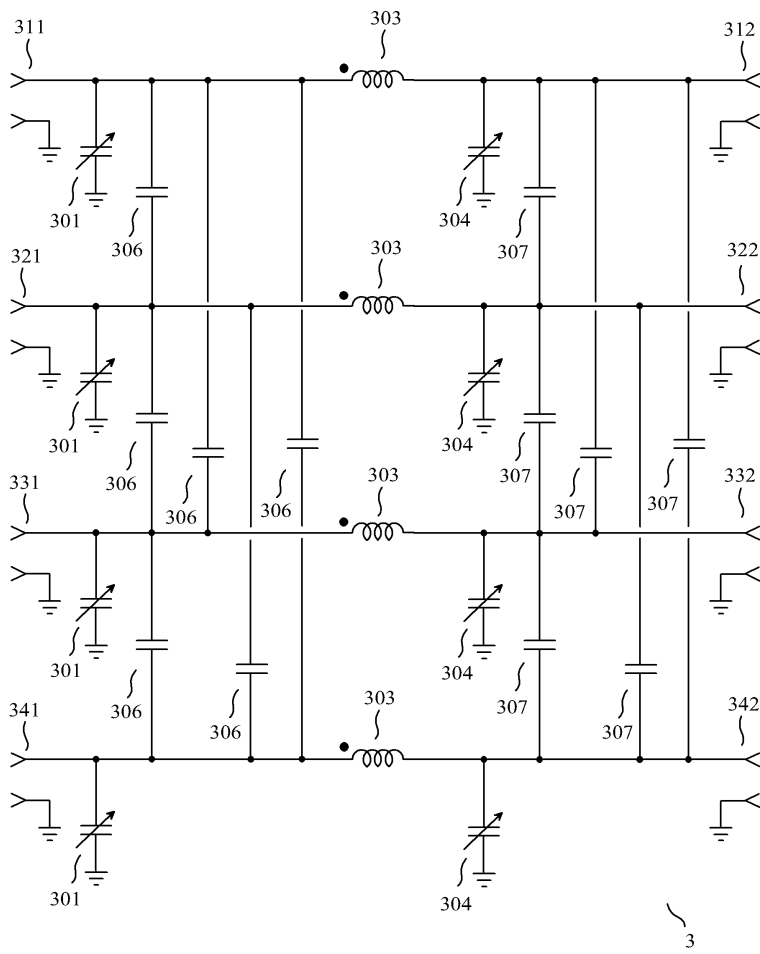
**도면1**



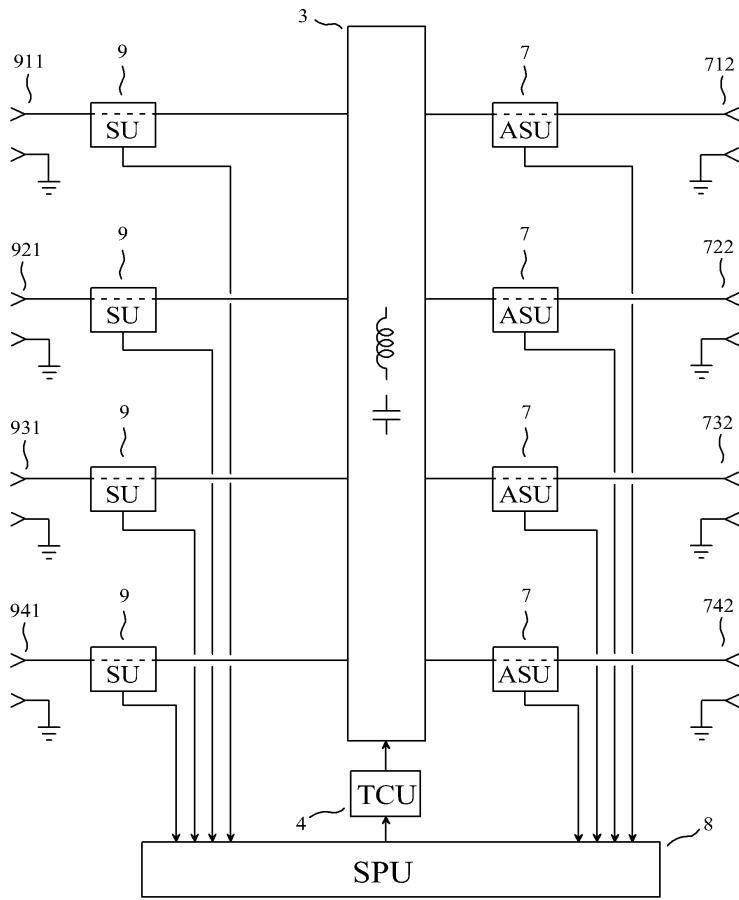
도면2



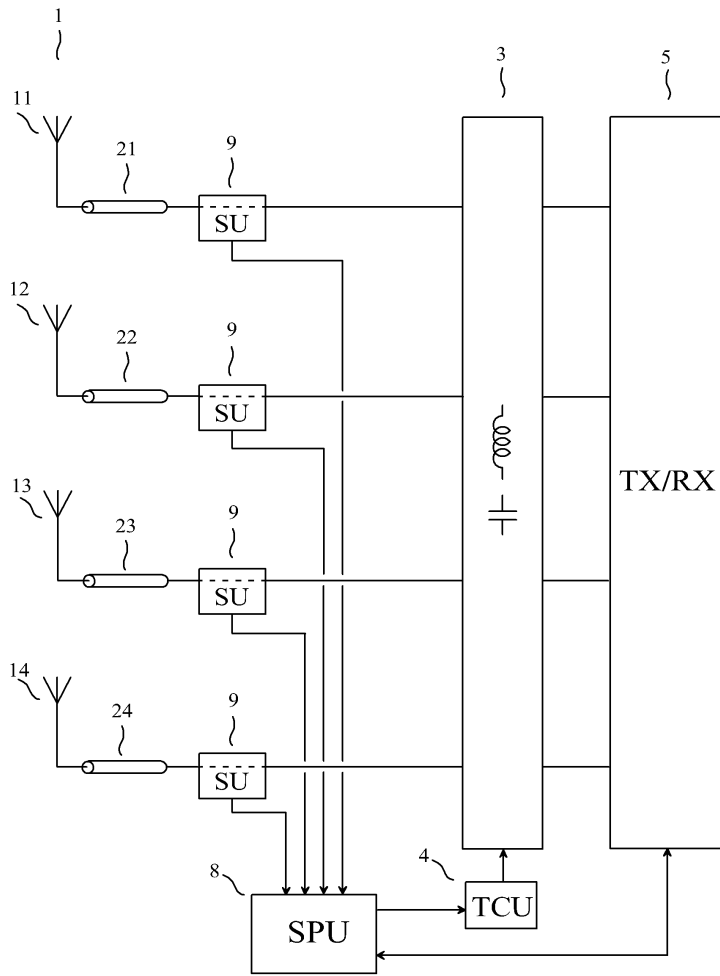
도면3



도면4



도면5



도면6

