



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0101680
(43) 공개일자 2015년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 17/00 (2015.01)

(21) 출원번호 10-2014-0023274

(22) 출원일자 2014년02월27일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)

(72) 발명자

김형중

대전광역시 유성구 은구비남로 34, 807동 1002호
(노은동, 열매마을10단지)

김창주

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 105-1502 (전민
동, 엑스포아파트)

임창현

부산광역시 남구 용소로 45

(74) 대리인

에스앤아이퍼특허법인

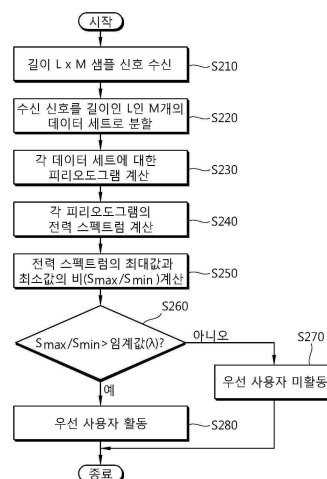
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 전력 스펙트럼 특성을 이용하여 스펙트럼을 감지하는 방법 및 장치

(57) 요약

본 명세서는 전력 스펙트럼 특성을 이용하여 스펙트럼을 감지하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 이러한 본 명세서는 신호를 수신하는 단계, 상기 수신된 신호를 복수의 데이터 세트로 분할하는 단계, 상기 분할된 각각의 데이터 세트에 대해 피리오도그램을 계산하는 단계, 상기 피리오도그램에 대한 전력 스펙트럼을 계산하는 단계 및 상기 전력 스펙트럼의 최대값과 최소값의 비를 미리 설정된 임계값과 비교하여 우선 사용자가 해당 채널을 사용하는지 여부를 판단하는 단계를 포함하는 스펙트럼 감지 방법을 제공한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

전력 스펙트럼 특성을 이용하여 스펙트럼을 감지하는 방법에 있어서,
신호를 수신하는 단계;
상기 수신된 신호를 복수의 데이터 세트로 분할하는 단계;
상기 분할된 각각의 데이터 세트에 대해 피리오도그램을 계산하는 단계;
상기 피리오도그램에 대한 전력 스펙트럼을 계산하는 단계; 및
상기 전력 스펙트럼의 최대값과 최소값의 비를 미리 설정된 임계값과 비교하여 우선 사용자가 해당 채널을 사용하는지 여부를 판단하는 단계;
를 포함하는 스펙트럼 감지 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 무선 통신에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 전력 스펙트럼 특성을 이용하여 스펙트럼을 감지하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 스펙트럼 감지(spectrum sensing)란 수신한 신호를 분석하여 우선 사용자가 해당 채널을 사용하고 있는지 여부를 판단하는 것이다. 인지 무선 시스템이 사용하는 스펙트럼 감지 방식으로는 정합 필터(matched filter)를 사용하는 방법, 에너지 검파(energy detection)를 사용하는 방법, 그리고 특징 추출(feature extraction)을 이용하는 방법이 있다. 특징 추출을 이용하는 방법 중 전력 스펙트럼 특성을 활용하는 방식은 전력 스펙트럼의 주요 특징을 활용하여 우선 사용자 출현 유무를 판단하는 방식으로, 최근에 활발한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 최근에는 전력 스펙트럼의 특성을 활용한 방식 중의 하나로 전력 스펙트럼의 최대값을 시험 통계량으로 사용하는 방식이 제안되었다. 이 방식은 TV 대역에서 무선 마이크 신호를 검출할 목적으로 제안되었다. 이 방식은 무선 마이크 신호가 협대역 신호 특성을 갖는다는 점을 활용한 것으로, 낮은 SNR에서도 해당 신호를 검출할 수 있는 방식으로 알려져 있다. 하지만, 이 방식이 사용하는 검파 임계값을 결정하려면 배경잡음의 전력을 정확히 알고 있어야 한다. 만약, 잡음 전력을 정확하게 알지 못하는 경우에는 스펙트럼 감지 성능이 떨어지게 된다. 따라서, 본 기술분야에서는 배경 잡음 전력의 불확실성에 강인한 스펙트럼을 감지하는 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 기술적 과제는 전력 스펙트럼 특성을 이용하여 스펙트럼을 감지하는 방법 및 장치를 제공함에 있다.

[0005] 본 발명의 다른 기술적 과제는 배경 잡음 전력의 불확실성에 강인한 스펙트럼을 감지하는 방법 및 장치를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 양태에 따르면 전력 스펙트럼 특성을 이용하여 스펙트럼을 감지하는 방법이 제공된다. 상기 스펙트럼 감지 방법에 따르면, 신호를 수신하는 단계, 상기 수신된 신호를 복수의 데이터 세트로 분할하는 단계, 상

기 분할된 각각의 데이터 세트에 대해 피리오도그램을 계산하는 단계, 상기 피리오도그램에 대한 전력 스펙트럼을 계산하는 단계, 상기 전력 스펙트럼의 최대값과 최소값의 비를 미리 설정된 임계값과 비교하여 우선 사용자가 해당 채널을 사용하는지 여부를 판단하는 단계를 포함하여 구현된다.

[0007] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 상기 전력 스펙트럼의 최대값을 최소값으로 나눈 비율이 상기 임계값보다 큰 경우, 상기 우선 사용자가 상기 해당 채널을 사용하는 것으로 판단하도록 구현된다.

[0008] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 상기 전력 스펙트럼의 최대값을 최소값으로 나눈 비율이 상기 임계값보다 작은 경우, 상기 우선 사용자가 상기 해당 채널을 사용하지 않는 것으로 판단하도록 구현된다.

[0009] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 상기 임계값은 목표 오경보 확률에 따라 결정된다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 따르면, 배경 잡음 전력을 알 수 없는 경우에도 전력 스펙트럼 특성을 이용하여 스펙트럼을 감지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일례에 따른 스펙트럼 감지 장치를 나타내는 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일례에 따른 스펙트럼을 감지하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 3은 오경보 확률 값에 따른 임계값의 변화를 도시한다.

도 4는 목표 오경보 확률과 전산 모의 실험을 통해 얻은 오경보 확률의 비교값을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0013] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0014] 이제 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 대하여 설명한다.

[0015] 도 1은 본 발명의 일례에 따른 스펙트럼 감지 장치(100)를 나타내는 블록도이다.

[0016] 도 1을 참조하면, 스펙트럼 감지 장치(100)는 수신부(110), 피리오도그램(periodogram) 연산부(120), 전력 스펙트럼 연산부(130), 비교부(140)를 포함하여 구성된다.

[0017] 수신부(110)는 스펙트럼을 감지하기 위한 신호를 수신한다. 본 발명에서 스펙트럼 감지란 우선 사용자가 해당 채널을 사용하고 있는지 여부를 판단하는 것을 뜻한다. 우선 사용자가 해당 채널을 사용하는 경우를 H_1 , 우선 사용자가 해당 채널을 사용하지 않는 경우를 H_0 라 한다면, 수신 신호는 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$y(n) = \begin{cases} v(n) & : H_0 \\ x(n) + v(n) & : H_1 \end{cases}$$

[0018]

[0019]

수학식 1에서 $y(n)$ 은 수신 신호를, $v(n)$ 은 잡음 신호를 나타내고, $x(n)$ 은 기저 대역에서 우선 사용자 신호를 나타낸다. 상기 식에서 수신 잡음 $v(n)$ 은 복소 가우시안 분포를 따르는 것으로 가정되고, 평균은 0, 분산은

$$\sigma_v^2$$

으로 설정된다.

[0020]

수신된 신호는 $L \times M$ 길이를 갖는 $\{y(n) \mid n = 0, 1, \dots, LM - 1\}$ 의 샘플 신호일 수 있다.

또한, 스펙트럼 감지 장치(100)는 수신부(110)로부터 수신된 신호를 $L \times M$ 길이를 갖는 샘플 신호로 샘플링(sampling)하는 샘플링부를 더 포함할 수 있다(도시되지 않음).

[0021]

피리오도그램 연산부(120)는 상기 수신 신호를 길이 L 단위로 분할하여, M 개의 데이터 세트를 만들고, 각각의 길이 L 인 데이터에 대하여 피리오도그램(periodogram)을 계산한다. 이 때, m 번째 피리오도그램 $Y(m, k)$ 의 계산 방법은 수학식 2에 의해 표현될 수 있다.

수학식 2

$$Y(m, k) = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{l=0}^{L-1} y(mL + l) e^{-j2\pi kl/L}$$

[0022]

[0023]

전력 스펙트럼 연산부(130)는 피리오도그램 연산부(120)에서 계산된 M 개의 피리오도그램에 대한 L 개의 전력 스펙트럼 $\{S(k) \mid k = 0, 1, \dots, L - 1\}$ 을 계산한다. M 개의 피리오도그램으로부터 전력 스펙트럼 $S(k)$ 를 계산하는 방법은 수학식 3에 의해 표현될 수 있다.

수학식 3

$$S(k) = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} |Y(m, k)|^2$$

[0024]

[0025]

비교부(140)는 전력 스펙트럼 $\{S(k) \mid k = 0, 1, \dots, L - 1\}$ 의 최대값 $S_{\max}$ 와 최소값 $S_{\min}$ 의 비율, 즉, $S_{\max}/S_{\min}$ 을 계산하여, 임계값 λ 와 비교한다. 비교 결과, 최대값과 최소값의 비율이

임계값 λ 보다 작으면 우선 사용자가 해당 채널을 사용하지 않은 것으로 판단되고, 그렇지 않으면 우선 사용자가 해당 채널을 사용하는 것으로 판단될 수 있다.

[0026]

상기와 같은 방식으로 우선 사용자 활동하는지 유무를 판단하기 위해서는 임계값 λ 가 중요한 변수가 된다. 임계값 λ 는 목표로 하는 오경보 확률에 따라 변화하는 값으로, 목표로 하는 최대 오경보 확률의 함수로 표현될 수 있다. 본 발명에서 오경보 확률이라 함은 실제로 우선 사용자가 활동하고 있지 않음에도 불구하고 활동하는 것으로 판단하는 확률을 의미한다. 따라서, 오경보 확률은 $\mathbf{y}(n) = \mathbf{v}(n)$ 인 H_0 상황을 전제로 계산된다. 수학식 1의 수신 잡음 $\mathbf{v}(n)$ 은 복소 가우시안 분포를 따른다고 가정하였으므로, 수학식 2의 $Y(m, k)$ 는 평균이 0이고, 분산이 σ_v^2 인 복소 가우시안 분포를 따른다. $Y(m, k)$ 를 제공한 $|Y(m, k)|^2$ 는 감마 분포를 따르는데, 감마 분포를 $G(\alpha, \beta)$ 로 표현한다면, $|Y(m, k)|^2$ 의 분포는 $G(1, \sigma_v^2)$ 로 나타낼 수 있다. $G(1, \sigma_v^2)$ 을 수학식 3에 대

입하면, 전력 스펙트럼 $S(k)$ 의 분포는 $G\left(M, \frac{\sigma_v^2}{M}\right)$ 가 되고, k 의 값에 상관없이 동일한 분포를 갖는다. $S(0), S(1), \dots, S(L-1)$ 을 오름차순으로 배열한 결과를 $\mathbf{X}_{(1)}, \mathbf{X}_{(2)}, \dots, \mathbf{X}_{(L)}$ 이라고 할 때, 순서 통계(order statistics)에 따르면 $\mathbf{X}_{(k)}$ 에 대한 확률 밀도 함수 $f_k(\mathbf{x})$ 는 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$f_k(\mathbf{x}) = k \binom{L}{k} \{1 - F(\mathbf{x})\}^{L-k} F^{k-1}(\mathbf{x}) f(\mathbf{x})$$

[0027]

수학식 4에서 $f(\mathbf{x})$ 는 $G\left(M, \frac{\sigma_v^2}{M}\right)$ 에 대한 확률 밀도 함수를 나타내고, $F(\mathbf{x})$ 는 $f(\mathbf{x})$ 에 대한 누적 분포 함수를 나타낸다. 한편, 적분 형태로 표현된 오경보 확률이나 검파 확률은 유수 정리(residue theorem)를 이용하여 계산될 수 있다. 상기 유수 정리에 의하면 본 발명의 실시예에 따른 오경보 확률은 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

[0028]

수학식 5

$$\begin{aligned} P_{FA} &= P[X_{(L)} > \lambda X_{(1)} | H_0] \\ &= \int_0^\infty f_1(y) \int_{\lambda y}^\infty f_L(x) dx dy \\ &= \sum_{k=0} \text{res} \left[g_L(z) \frac{g_1(-\lambda z)}{z}, \quad z_{k0} \right] \end{aligned}$$

[0029]

[0030]

수학식 5에서 λ 는 검파 임계값을 나타내고, $g_k(z)$ 는 $f_k(x)$ 의 MGF(Moment generating function)으로 써, 수학식 6에 의해 정의될 수 있다.

수학식 6

$$g_k(z) = \frac{k}{\Gamma(M)} \binom{L}{k} \sum_{i=0}^{k-1} \binom{i}{k-1} (-1)^{k-1-i} \sum_{j_0=0}^{L-1-i} \dots \sum_{j_{M-1}=0}^{L-1-i} \frac{A(L, i, j_0, \dots, j_{M-1})}{\prod_{p=0}^{M-1} \Gamma(p+1)^{j_p}} \frac{\Gamma\left(\sum_{p=0}^{M-1} p j_p + M\right)}{\left(N - i + \frac{\sigma^2}{M} z\right)^{\sum_{p=0}^{M-1} p j_p + M}}$$

[0031]

[0032]

또한, z_{k0} 는 $g_k(z)$ 의 극점(pole)을 나타내며, 수학식 7에 의해 정의될 수 있다. 그리고 $A(L, i, j_0, \dots, j_{M-1})$ 는 수학식 7에 의해 정의될 수 있다.

수학식 7

$$A(L, i, j_0, \dots, j_{M-1}) = \begin{cases} \frac{\Gamma(L-i)}{\Gamma(j_0+1) \dots \Gamma(j_{M-1}+1)} & L-1-i = \sum_{k=0}^{M-1} j_k \\ 0 & L-1-i \neq \sum_{k=0}^{M-1} j_k \end{cases}$$

[0033]

[0034]

상기 오경보 확률에 관한 수학식 5를 전개하면 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

수학식 8

$$P_{FA} = \sum_{N=0}^{L-1} \sum_{n_0=0}^{L-1} \cdots \sum_{n_{M-1}=0}^{L-1} D(1, M, L, 0, n_0, \cdots, n_{M-1}) \frac{1}{\Gamma(N)} \sum_{l=0}^{N-1} C_l \sum_{j_0=0}^{L-1-i} \cdots \sum_{j_{M-1}=0}^{L-1-i} D(L, M, L, i, j_0, \cdots, j_{M-1}) \\ \times B(N - \sum qj_q - M, l) \times \Gamma(N-l) \sum_{m=0}^{N-l-1} \binom{\sum r n_r + M + m - 1}{m} \\ \times \lambda^m \left(\frac{1}{L-i} \right)^{N-l-m} \frac{1}{(L + \lambda(L-i))^{\sum m_r + M + m}}$$

[0035]

$$\sum_{j=0}^{M-1} qj_q + M$$

[0036]

수학식 8에서 N은 $\sum_{j=0}^{M-1} qj_q + M$ 의 최대값을 의미하며, $D(L, M, L, i, j_0, \cdots, j_{M-1})$ 는 수학식 9에 의해 정의될 수 있다.

수학식 9

$$D(L, M, L, i, j_0, \cdots, j_{M-1}) \equiv \frac{k \binom{L}{k}}{\Gamma(M)} \binom{k-1}{i} (-1)^{k-1-i} \frac{A(L, i, j_0, \cdots, j_{M-1})}{\prod_{p=0}^{M-1} \Gamma(p+1)^{j_p}} \Gamma\left(\sum_{p=0}^{M-1} p j_p + M\right)$$

[0037]

[0038]

한편, 수학식 8에서 $B(a, b)$ 는 수학식 10에 의해 정의될 수 있다.

수학식 10

$$B(a, b) = \begin{cases} \Gamma(a+1) & a = b \\ 0 & a \neq b \end{cases}$$

[0039]

[0040]

오경보 확률에 관한 식인 수학식 8을 참조하면, 상기 수학식 8은 잡음 전력에 관한 변수인 σ_v^2 을 포함하지 않음을 확인할 수 있다. 따라서, 우선 사용자의 활동 여부를 판단을 위해 비교부(140)에서 전력 스펙트럼의 최대값과 최소값의 비율인 $S_{\max}/S_{\min}$ 와 비교되는 임계값 λ 의 설정에 수학식 8로부터 도출된 값을 사용한다면, 배경 잡음 전력의 크기에 영향을 받지 않고 우선 사용자 활동 여부를 판단할 수 있다.

- [0041] 도 2는 본 발명의 일례에 따른 스펙트럼을 감지하는 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0042] 스펙트럼 감지 장치(100)는 먼저, 스펙트럼을 감지하기 위한 신호를 수신한다(S210). 우선 사용자가 해당 채널을 사용하는 경우를 H_1 , 우선 사용자가 해당 채널을 사용하지 않는 경우를 H_0 라 한다면, 수신 신호는 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다. 상기 수신 신호는 $L \times M$ 길이를 갖는 $\{y(n) \mid n = 0, 1, \dots, LM - 1\}$ 의 샘플 신호일 수 있다. 또한, 상기 수신 신호가 샘플 신호가 아닌 경우, 수신된 신호를 $L \times M$ 길이를 갖는 샘플 신호로 샘플링(sampling)하는 단계를 더 포함할 수 있다(도시되지 않음).
- [0043] 다음으로, 스펙트럼 감지 장치(100)는 단계 S210에서 수신한 신호를 길이 L 인 M 개의 데이터 세트(220)로 분할한다(S220).
- [0044] 수신 신호가 분할되면, 스펙트럼 감지 장치(100)는 각각의 분할된 데이터 세트에 대하여 피리오도그램(periodogram)을 계산한다(S240). 이 때, m 번째 피리오도그램 $Y(m, k)$ 의 계산 방법은 수학적 식 2에 의해 표현될 수 있다.
- [0045] 다음으로, 스펙트럼 감지 장치(100)는 단계 S230에서 계산된 M 개의 피리오도그램에 대하여 L 개의 전력 스펙트럼 $\{S(k) \mid k = 0, 1, \dots, L - 1\}$ 을 계산한다(S240). 각각의 피리오도그램에 대한 전력 스펙트럼 $S(k)$ 의 계산 방법은 수학적 식 3에 의해 표현될 수 있다.
- [0046] 다음으로 스펙트럼 감지 장치(100)는 전력 스펙트럼 $\{S(k) \mid k = 0, 1, \dots, L - 1\}$ 의 최대값 $S_{\max}$ 와 최소값 $S_{\min}$ 의 비율, 즉, $S_{\max}/S_{\min}$ 을 계산하여(S250), 임계값 λ 와 비교한다(S260). 비교 결과, 최대값과 최소값의 비율이 임계값 λ 보다 작으면 우선 사용자가 해당 채널을 사용하지 않은 것으로 판단되고(S270), 그렇지 않으면 우선 사용자가 해당 채널을 사용하는 판단될 수 있다(S280). 상기 임계값 λ 는 수학적 식 8의 값이 목표 오경보 확률이 되도록 하는 λ 이므로, 수치 검색(numerical search)을 사용하여 결정할 수 있다.
- [0047] 이하, 본 발명의 실시예에 의해 본 발명의 효과를 명확화한다. 다만, 본 발명은 이하의 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0048] (실시예)
- [0049] 수학적 식 8에 의해 도출된 오경보 확률 값에 의해 실제로 구하고자 하는 오경보 확률의 목표값을 얻을 수 있는지 전산 모의 실험을 통해 확인하였다. 모의 실험을 위해 FFT 길이 $L=32$ 로 설정하였으며, M 은 1인 경우와, 2인 경우를 전제하였다.
- [0050] 도 3은 오경보 확률 값에 따른 임계값의 변화를 도시한다. 도 3을 참조하면, M 의 값과는 상관 없이 오경보 확률이 높아지면 임계값은 낮아짐을 확인할 수 있다.
- [0051] 도 4는 목표 오경보 확률과 전산 모의 실험을 통해 얻은 오경보 확률의 비교값을 도시한다. 전산 모의 실험에서 사용한 검파 임계값은 수학적 식 8의 결과값이 목표 오경보 확률이 되는 λ 값이며, 수치 검색 방법을 사용하여 결정하였다. 도 4에서 알 수 있듯이, M 의 값에 관계 없이 목표 오경보 확률과 전산 모의 실험을 통해 얻은 오경보 값이 거의 일치함을 확인할 수 있다.
- [0052] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명

의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

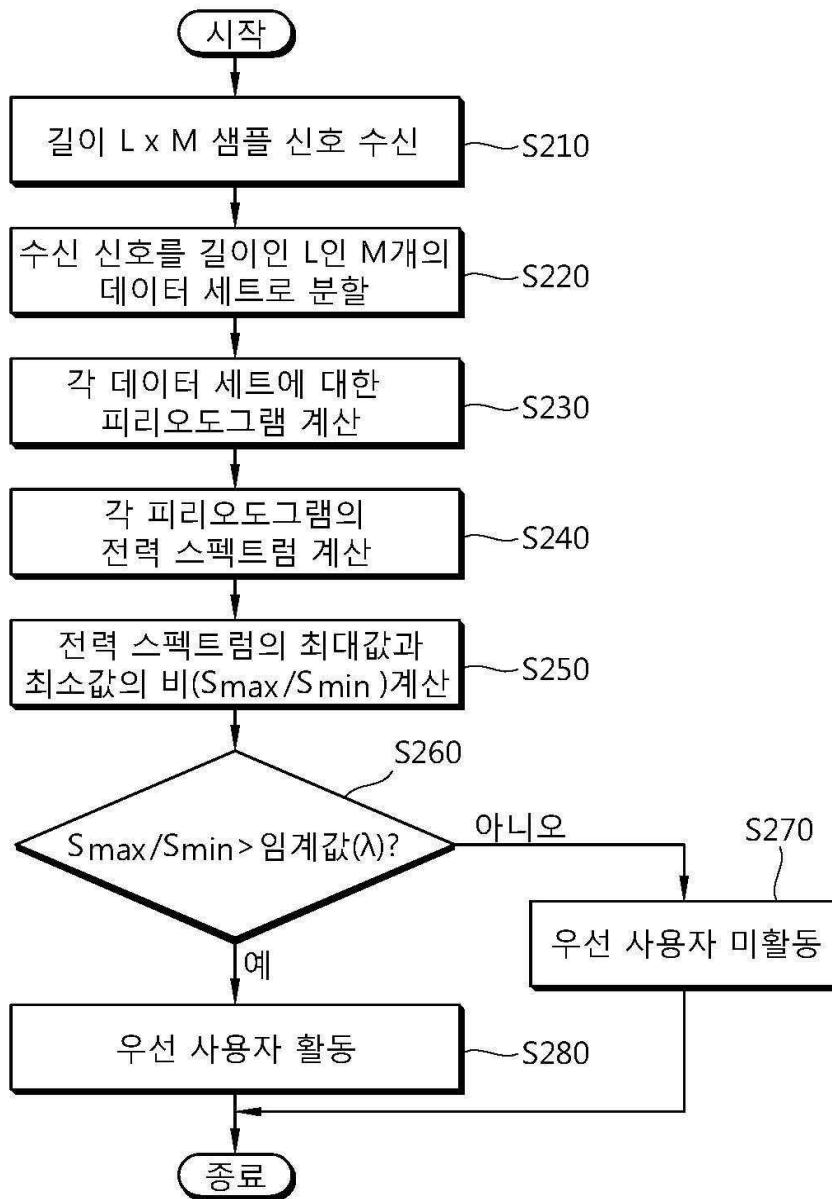
도면

도면1

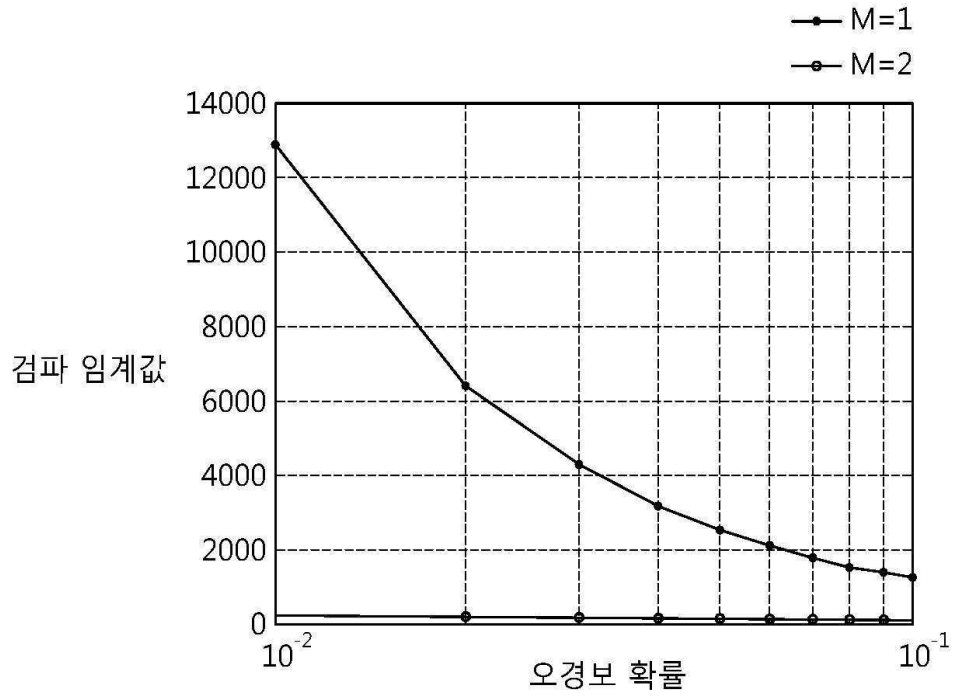
100



도면2



도면3



도면4

