UHF 대역 RFID 리더 시스템을 위한 적응형 I/Q 다이버시티 결합 알고리즘

정회원 윤 창 석*, 남 성 식*, 종신회원 조 성 호*

An Adaptive I/Q Diversity Combining Method for UHF RFID Reader Systems

Chang Seok Yoon, Sung Sik Nam *Regular Members*, Sung Ho Cho *Lifelong Member*

요 약

본 논문은 UHF 대역 RFID 리더 시스템에서 요구되는 성능 기준은 만족하면서 동시에 불필요한 연산을 줄일 수 있는 적응형 I/Q 다이버시티 결합 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 방법은 시스템에서 요구되는 기준 성능을 만족하면서 불필요한 연산을 줄이기 위하여 기존의 선택 또는 결합적 방법 중 순간 신호 대 잡음비와 시스템기준과의 비교를 통하여 가장 알맞은 결합 방법을 적응적으로 선택하여 적용한다. 시뮬레이션에서는 기존 다이버시티 결합 방법과 제안된 방법의 비교를 통하여 제안된 방법이 시스템 성능 기준을 만족하면서 불필요한 연산을 줄일 수 있음을 보였다.

Key Words : RFID reader, Receiver, Diversity

ABSTRACT

In this paper, we propose an adaptive I/Q diversity combining scheme which reduces unnecessary computations while maintaining the required performance level. The system with the proposed scheme adaptively applies a proper combining scheme among the conventional selective scheme and combining scheme based on the comparison result between the estimated instantaneous SNR and the pre-determined threshold. As a result, the system with our proposed scheme can reduce the computational load while maintaining the required performance level. Some selected simulation results show that the system with the proposed scheme can decrease the unnecessary computations compared with the system with the conventional schemes while maintaining the required performance level.

Ⅰ. 서 론

RFID 기술은 2차 세계대전 시 "identification, friend, or foe"(IFF) 의 용도로 사용된 이래로 오랜 시간 동안 존재해왔다. 근래에 들어, 바코드 등을 대체할 차세대 Auto-ID 시스템으로 부각되면서 그 활용도가 유통, 물류, 보안, 군수, 건강, 항공 등의 산업 전반으로 확산되고 있다.[1] 특히 UHF 대역 RFID 시스템은 원거리 인식이 가능하며, 태그 크기가 작고 가격이 저렴하여 다양한 응용 분야에 효율적으로 이용이 가능하여 각광을 받고 있다. 하지만 아이템 단위 태그의 인식 성능 문제, 태그의 가격적 문제, 보안 및 프라이버시 침해 등의 문제로 인하여 시장에서의 확산을 위해서는 개선의 연구가 필요한

※ 본 연구는 지식경제부 R&D 지원 프로그램의 일환으로, 한국산업기술평가관리원의 지원으로 수행되었음.
* 한양대학교 전자컴퓨터통신공학부 (csyoon@casp.hanyang.ac.kr, ssnam@hanyang.ac.kr, dragon@hanyang.ac.kr)
논문번호 : KICS2009-11-540, 접수일자 : 2009년 9월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 1월 4일

상황이다.[2]

UHF 대역 RFID 시스템은 비용적인 문제로 인하여 일반적으로 다수의 피인식 태그들에는 전원이 포함되지 않고, 리더에서 전송된 RF 신호를 통하여 태그 내부의 전원을 생성하며, 또한 태그 송신 변조 방식으로는 수신된 리더 반송파를 변조에 활용하는 역산란 (backscattering) 변조 방법을 이용한다. 단일 리더 대 다수 태그의 통신이 대부분인 RFID 시스템에서는 결과적으로 낮은 비용으로 시스템이 구현 가능하나, 리더에서 수신되는 태그 신호가 송신되는 리더의 신호에 비하여 매우 작다는 단점이 있다.[3]

그에 더해 UHF 대역 RFID 리더 수신기의 down-converter부에 직접 변조 (direct conversion) 방식을 사용할 경우, 태그의 상대적인 위치에 따라 혹은 환경의 영향으로 수신 신호와 믹서의 국부 발진기 (LO: local oscillator) 간의 위상차가 발생하며, 결정된 위상차에 따라서 신호의 감쇄가 발생한다. 위상차가 $\pi/2$ 만큼 발생할 시에는 기저 대역 신호의 크기는 0 에 가까워져 신호를 검출할 수 없게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 리더의 수신기는 $\pi/2$ 만큼의 위상차를 갖는 두 개 LO의 믹서를 사용하여 기저 대역 신호의 In/Quadrature-Phase (I/Q) 다이버시티를 확보하여 안정적인 성능을 얻는다.[3]

이렇게 얻어진 I/Q 다이버시티는 선택적 또는 결합적 방법으로 사용될 수 있으며, 초기의 RFID 수신기는 신호 검출부 전단에 파워를 측정하는 단을 두어, I 채널과 Q 채널의 상대적인 신호 크기를 판별하여, 상대적으로 우수한 채널을 활용하는 선택 방법을 제시하였다.[4] 이 방법은 낮은 복잡도를 요구하고 구현이 간편한 장점이 있으나, 위상차의 영향으로 수신 신호의 파워를 최대한 활용할 수 없는 단점이 있다. 그래서 다양한 다이버시티 결합 알고리즘이 제안되었으며, I/Q 신호를 아날로그적으로 결합하는 방법[5], 기준 신호와 상호 상관 (Cross Correlation) 후 결합하는 방법[6], 제곱합 취하거나 탄젠트법으로 결합하는 방법[7], I/Q 신호 및 정해진 기준 신호를 통하여 판단 구간을 결정하는 방법[8] 등이 제안되었다.

결합 방법들은 선택 방법에 비하여 위상차로 인하여 발생할 수 있는 최대 3dB의 수신 신호의 감쇄 를 보상할 수 있는 장점이 있다.[7] 하지만 수신 신호를 시스템의 기준 성능에 관계없이 무조건적으로 결합하게 되면 RFID 리더 수신단의 연산량이 증가되고, 이는 제품의 가격 및 전력 소모 증가로 이어지게 된다. 특히 이동형 RFID 리더와 같이 제한적 전력 환경에서 동작이 요구되는 경우 성능의 향상을 위해서는 결합 방법이 필요하지만, 채널환경이 좋은 경우에는 불필요한 연산량의 증가로 이어질 수 있으므로 시스템에서 요구하는 서비스 품질 (QoS: Quality of Service)을 제공하면서도 연산 처리량을 줄여 전력 소비와 가격을 절감할 수 있는 방법이 요구된다.

최근 다양한 신호의 다이버시티를 선택적 결합하여 활용할 때, 순간 신호 대 잡음비 (Instantaneous Signal-to-Noise Ratio) 값을 정해진 기준 값과 비교한 결과에 따라 결합방법을 달리하여 적절한 성능과 연산량을 얻을 수 있음을 다양한 채널 환경에 대하여 분석하였다.[9] 우리는 이 방법을 UHF 대역 RFID 시스템에 적용하여 연산량적 측면과 성능적 측면을 동시에 고려하여 시스템의 QoS에 따라 I/Q 신호를 결합하는 적응형 결합 방법을 제안하고, 제안된 내용에 따른 성능 분석을 진행 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 UHF 대역 RFID 시스템에서의 선택/결합 I/Q 다이버시티 활용에 대하여 설명하고, 연산량과 성능을 모두 고려한 적응형 I/Q 결합에 대하여 제안하며, 3장에서는 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 환경하에서 제안된 알고리즘에 대한 시뮬레이션을 수행하여 성능 및 연산량을 제시하고 마지막으로 4 장에서 결론을 맺었다.

Ⅱ. RFID 리더 수신기의 I/Q 다이버시티

본 논문에서 목표한 RFID 시스템은 그림 1과 같이 리더와 태그로 구성되며, 순방향 링크를 통하여 리더에서 태그로 명령을 보내면, 태그는 명령에 따라 역방향 링크를 통하여 리더로 요구된 데이터를 전송한다. 역방향 링크에서는 리더로부터 수신된 Continous Wave (CW) 신호를 태그에서 역산란 제

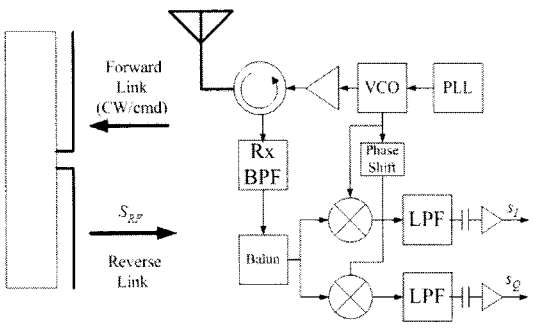


그림 1. RFID 시스템의 구조

어하여 리더로 전송 된다. 역산란 계수 조정을 통하여 ASK (Amplitude Shift Keying), PSK (Phase Shifts Keying) 변조가 가능하다. 또한 역방향 링크에서 데이터는 DC 신호를 제거하기 위해 FM0, Miller 코드로 기저 대역 변조되어 전송된다.[10] 목표로 한 FM0 심볼을 수식으로 모델링하면 데이터 심볼이 "0"일 경우,

$$p_1(t)=\begin{cases}1, & 0\le t\le \dfrac{T}{2}\\ -1, & \dfrac{T}{2}\le t\le T\end{cases}\ \text{or}$$
$$p_2(t)=\begin{cases}-1, & 0\le t\le \dfrac{T}{2}\\ 1, & \dfrac{T}{2}\le t\le T\end{cases} \tag{1}$$

이며 데이터 심볼이 "1"일 경우

$$p_3=1,\ 0\le t\le T\ \text{ or}\\ p_4=-1,\ 0\le t\le T \tag{2}$$

의 신호를 갖으며, T는 심볼 구간을 의미한다.

수신된 태그 송신 신호는 간략화 하면,

$$S_{RF}=A\cdot s(t)\cos(2\pi f_c t+\theta)\\ s(t)=\sum_n A_{norm}(p_{d(n)}(t-nT)+k) \tag{3}$$

로 표현되며, A는 전송 이득, f_c는 중심 주파수, θ는 수신 신호와 LO간의 위상차이며, A_{norm}은 변조 방식에 따른 정규화 이득이며, k는 변조 방식을 결정하는 값으로 PSK:0, ASK:1의 값을 가지며, $d(n)$은 보내고자 하는 비트 시퀀스를 부호화 상태 머신에 따라 번호를 결정하는 함수이다.

리더에서의 태그 신호 수신 과정을 보면 안테나로부터 수신된 RF 신호는 대역 통과 필터 (Bandpass Filter) 를 지난 후, 2개의 LO 위상을 가진 믹서를 통하여 I/Q 기저 대역 신호로 직접 변환된다. 각각 $\pi/2$만큼의 위상차를 갖는 I/Q 신호는 각각 저역 통과 필터 (Lowpass Filter)를 거친 후 AC 결합을 통하여 DC Noise를 제거하게 된다. 직접 변환의 경우 Inter-frequency (IF) 증폭단이 없기 때문에, 기저 신호단에서 큰 증폭을 수행하게 된다. 이 때 Monostatic 시스템의 안테나로 부터의 반사 신호 등으로 인한 작은 DC offset이 문제가 될 수 있기 때문에 신호의 DC 부분을 제거해 주어야 한다.[11] DC 영역이 제거된 신호는 아날로그-디지털 변환기 (ADC)로 전달된다. 결과적으로 ADC 로 전달되는 I/Q 신호는 변조 방식에 관계 없이

$$s_I(t)=s(t)\cos\theta\\ s_Q(t)=s(t)\sin\theta \tag{4}$$

로 얻어지며, θ는 LO 와 수신 신호의 위상차이다.

ADC로 변환된 기저 대역 I/Q 신호는 선택 혹은 결합의 방법으로 하나의 신호로 결정된 후 심볼 검출 (Symbol Detection) 과정을 거쳐 최종적으로 신호를 얻게 된다. 심볼 검출 과정은 기준 심볼과의 상호 연관 과정을 통한, Coherent Detection 과정을 가지며, Maximum Likelihood (ML) 심볼 검출을 사용하게 된다.[8],[12]

연속 시간에서의 ML 심볼 검출 식은

$$\left|\int_0^T \tilde{r}(t)p_1(t)dt\right|\ge\left|\int_0^T \tilde{r}(t)p_3(t)dt\right| \tag{5}$$

이며 $\tilde{r}(t)$는 복소 신호를 포함하는 정확히 동기가 맞춰진 한 심볼의 신호를 의미한다. 기저 대역의 검출단은 디지털 결정되므로 최종 검출식은 샘플링을 거친,

$$\left|\sum_T \tilde{r}[n]p_1[n]\right|\ge\left|\sum_T \tilde{r}[n]p_3[n]\right| \tag{6}$$

로 얻어지게 된다.

2.1 선택 I/Q 다이버시티

선택 I/Q 다이버시티 과정에서는 각 신호 경로의 파워를 기준으로 신호를 선택하므로 결과적으로 하나의 신호를 통하여 심볼 검출 과정이 진행되므로 낮은 연산량을 갖지만, 성능 감쇄의 가능성이 있다.

신호의 선택은 s_I 신호와 s_Q 신호 중 상대적으로 파워가 큰 것으로 한다. 두 신호는 같은 신호로부터 나오며, θ에 의해 변화하므로, θ가 $\pi/4$일 때 최소의 값을 갖는다. 이 최소값 지점은 최대 신호에 비하여 3dB 낮은 성능을 갖는 위치가 된다.

단일 심볼 검출 시의 연산 구조는 그림과 같다. 실수 신호는 각각의 기준 신호 p_1, p_3와 곱해진 후, 주기에 따라 더해진다. 더해진 신호의 부호를 제거한 후, 결정부에서 큰 신호를 결정하여 최종 $\hat{a}$ 값

을 결정한다.

연산량은 심볼 신호를 구성하는 샘플의 수에 따라 달라지며, 심볼 당 n개의 샘플을 기준으로 생각했을 때, 2(n-1)회 덧셈 연산, n+2회 부호 연산, 1회 비교 연산으로 이루어진다. 심볼과의 상호 상관 연산에서의 곱셈 연산은 심볼 신호의 특징으로 인해, 부호연산으로 전환된다.

2.2 결합 I/Q 다이버시티

결합 I/Q 다이버시티 과정에서는 각각의 I/Q 신호를 복합적으로 심볼 검출과정에 활용하게 된다. 결합 방법은 I/Q 두 신호를 모두 사용하므로, 선택 방법과 같이 위상차로 인한 3dB 감쇄가 발생하지 않으나, 연산량이 증가되는 면이 있다.

단일 심볼 검출 시의 연산 구조는 그림과 같다. 복소 신호 $\tilde{r}[n]$는 실수, 허수부로 나뉘어 기준 신호 p_1, p_3 와 곱해지고 각각 주기에 따라 더해진다. 실수부와 허수부는 제곱합을 통하여 y_1, y_2로 비교값이 결정되고 두 값의 비교를 통하여 결과 값 $\hat{a}$이 결정된다.

연산량은 선택 I/Q 다이버시티와 같은 기준에서 보았을 때, 4n회 곱셈 연산과 4n-2회 덧셈 연산, 2n회 부호 연산, 1회 비교 연산으로 이루어진다.

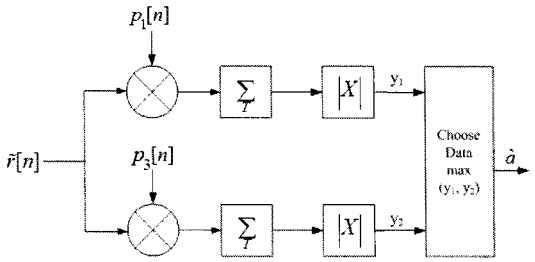


그림 2. 선택 I/Q 다이버시티 구조

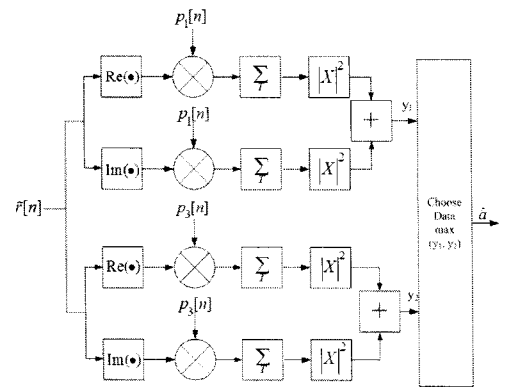


그림 3. 결합 I/Q 다이버시티 구조

2.3 적응형 I/Q 다이버시티

적응형 I/Q 다이버시티는 시스템이 요구하는 성능 기준에 따라 순간 신호 대 잡음비와 시스템 기준과의 비교를 통하여 기존의 선택, 결합 I/Q 다이버시티를 선별적으로 사용하는 방법으로, 시스템에서 요구하는 성능 기준을 만족하면서, 연산량의 감소를 꾀하는 알고리즘이다.

일반적인 통신 시스템에 있어서는 시스템의 요구에 따라서 매우 좋은 성능을 요구하는 경우가 있는 반면, 일정 수준 이상의 성능만을 만족하면서 저전력으로 동작을 요구하는 경우 또한 있다. 예로서 제한적 전력으로 동작하는 이동형 RFID 리더의 경우 요구 인식거리가 8~10m인 고정형 RFID 리더와 달리 요구 인식 거리가 2~3m로 그리 크지 않다. 또한 이동이 가능하므로, 다중 경로 페이딩 현상으로 인하여 파워의 전달이 제대로 되지 않더라도, 상대적 위치를 변화시킴으로서 채널 환경이 개선되는 효과 또한 얻을 수 있다.

그러므로 적응형 I/Q 다이버시티에서는 시스템의 요구 사항, 통신 환경 등을 고려하여 인식 방법을 달리함으로서 시스템에서 요구하는 QoS를 만족시키면서, 저전력 및 저복잡도의 동작을 가능하게 하는 방법이라고 할 수 있다. 적응형 I/Q 다이버시티의 동작 과정은 그림 4와 같다. 동작을 하기 전에 통신 환경, 사용자 요구 사항등을 기준으로 SNR Threshold를 결정한다. 동작이 시작되면, 사전에 데이터를 일부 버퍼링하여 순간적인 SNR 값을 알아낸다. 측정p

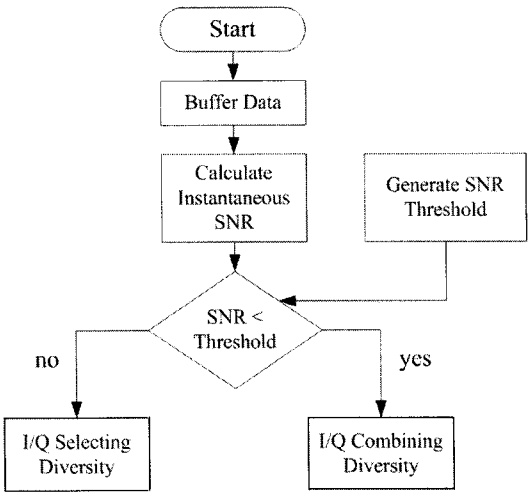


그림 4. 적응형 I/Q 다이버시티 동작 Flowchart

된 시스템의 순간적인 SNR 값을 시스템의 SNR Threshold 값과 비교하여, 측정된 값이 Threshold 값보다 낮을 경우, 즉 통신 환경이 상대적으로 나쁠 경우에는 결합 다이버시티를 활용 SNR을 증가시켜 성능적인 측면을 보강하고, Threshold 값보다 높은 경우 즉 통신환경이 좋은 경우 선택 다이버시티를 활용하여 연산량을 줄인다.

SNR Threshold 값은 다양한 주기와 다양한 방법을 가지고 생성될 수 있으며, 매번 선택 후 연산이 끝난 뒤에 재설정될 수 있다. 또한 초기 고정된 값을 사용하거나, 사용 환경에 따라 사용자가 조정하거나 시스템에서 자동으로 조정이 가능하다. 주기는 매 심볼을 기준으로 설정될 수 있으며, 프레임 단위로 설정될 수도 있다. 혹은 정해진 시간 주기를 통하여 설정될 수도 있다. 결정 방법은 서비스, 요구사항, 통신 환경, 측정된 값들을 통하여 적절히 선택한다.

Ⅲ. 시뮬레이션

제안된 알고리즘의 시뮬레이션은 크게 3가지 요소를 중심으로 보인다. 첫째는 기존의 알고리즘과 제안된 알고리즘의 Symbol Error Probability (SEP) 성능 비교, 둘째는 제안된 알고리즘의 Threshold 변화에 따른 SEP 성능 변화, 셋째는 제안된 알고리즘의 Threshold 변화에 따른 심볼 당 평균 연산량 변화에 대하여 보인다.

기본적인 시뮬레이션의 가정은 다음과 같다. RFID 시스템의 역방향링크의 코딩 방식은 FM0, 변조 방식은 ASK이며, 믹서 LO와 수신 신호의 위상차는 $\pi/4$이다. 샘플링은 정확한 동기가 맞는 Nyquist 샘플링을 기준으로 심볼 당 2개의 샘플을 얻게 된다.

RF 신호가 기저 대역으로 내려오는 경우, DC offset은 발생하지 않으며, 기저 신호에 더해지는 복소 노이즈 $n(t)$는 Zero Mean의 Joint Gaussian Distribution의 형태를 가지며 $s_{ask}(t)$ 파워와 Average SNR 값을 기준으로 생성된다.

연산량 계산에 있어서는 단위 심볼을 정확히 검출하기 위해서 소요된 연산량을 측정한다. 일반적으로 연산 파워가 가장 주요하게 소요되는 부분은 덧셈기와 곱셈기이며, 곱셈기의 경우 같은 Bit width의 덧셈기에 비하여 약 20배의 파워가 소모된다.[13] 이와 같은 내용을 반영하여 본 시뮬레이션에서는 덧셈기 연산을 단위 연산으로 두고 곱셈기 연산에 20의 가중치를 두어 연산량을 계산하였다.

그림 6의 결과에서 보면 기준 값을 10dB로 가지는 적응형 I/Q 다이버시티 방법은 낮은 SNR 환경에서는 결합 다이버시티 방법과 같은 성능을 가지며, 기준 값을 기준으로 높은 SNR 환경에서는 선택 다이버시티 방법의 성능으로 변화하게 된다. 값을 기준으로 판단할 때 요구되는 SEP 가 10^{-2}정도일 때 적절한 성능과 연산량을 보장해줄 수 있다.

그림 7의 결과에서 보면 기준 SNR 값이 높아짐으로 점차적으로 성능 변화 지점이 옮겨가는 모습을 보인다. 낮은 SNR 기준 값에서는 성능 변화 지점이 평탄하게 변화하나, 높은 SNR 기준 값에서는 성능 차이가 크게 발생하므로,

그림 8의 결과에서 보면, 각각의 그래프는 결합 다이버시티와 선택 다이버시티 상황에서 모두 SNR이 향상되면서, 결정된 연산량에 비해 정확히 검출되는 심볼이 많아지므로 1 심볼 당 필요한 평균 연산량은 감소하는 모습을 보인다. 하지만 두 다이버시티 간 연산량의 차이가 매우 크므로 기준 SNR을 중심으로 큰 폭으로 연산량의 감소가 이루어진다. 즉 같은 양의 데이터를 전달하기 위하여 대략적으

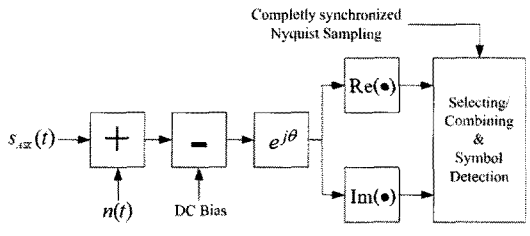


그림 5. 시뮬레이션 수행 Flowchart

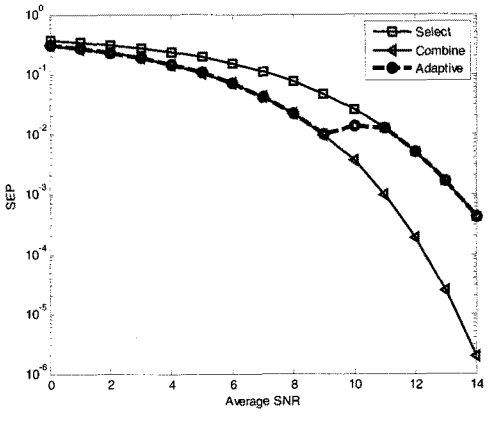


그림 6. I/Q 다이버시티 방법 성능 비교

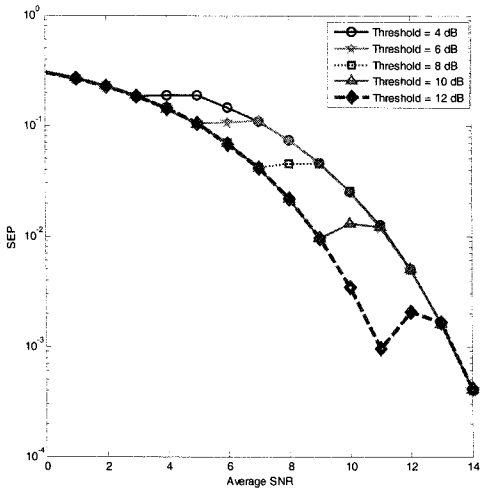


그림 7. Threshold 값에 따른 적응형 I/Q 다이버시티 성능

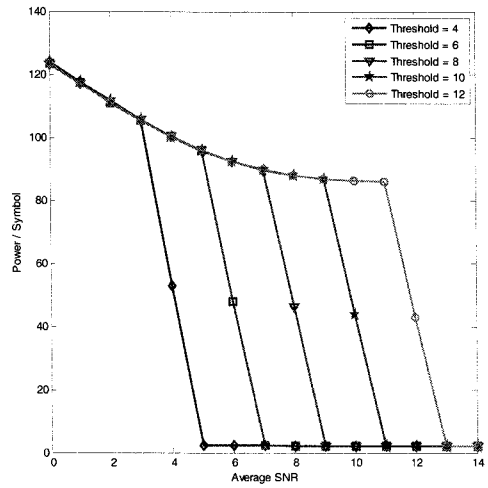


그림 8. Threshold 값에 따른 적응형 I/Q 다이버시티의 파워 소모

로 40~50배가량의 연산량이 필요하게 된다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 UHF 대역 RFID 리더 수신기에서의 적응형 I/Q 결합 방법에 대하여 연구하였다. 기존의 선택 I/Q 다이버시티는 적은 연산량 및 복잡도를 갖지만, 위상차(또는 오류)로 인한 수신 신호의 감쇄로 성능이 감소한다. 결합 I/Q 다이버시티는 이와 달리 높은 성능을 가지나 상대적으로 많은 복잡도와 연산량을 갖는다. 제안된 적응형 I/Q 결합 방법은 순간 신호 대 잡음비 값과 threshold 값을 비교하여 기존의 다이버시티 방법을 시스템에서 요구하는 기준에 따라 적절히 선택하여 활용함으로서, 시스템에서 요구하는 성능 기준을 만족하면서 연산량을 효율적으로 조정 가능하게 하였다. 우리는 시뮬레이션을 통하여, 조합된 다이버시티의 성능 및 연산량을 비교하여 효율적으로 선택적 활용이 이루어짐을 확인하였다. 실제 시스템에 적용 가능한 모습을 갖추기 위해서는 이에 더불어 효율적으로 선택점을 결정하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] K. Finkenzeller, *RFID handbook : fundamentals and applications in contactless smart cards and identification*, 2nd ed. Chichester, England ; New York: Wiley, 2003.

[2] 안 재명, 이 종태, and 오 해석, EPCglobal Network 기반의 RFID 기술 및 활용: 글로벌, 2007.

[3] D. M. Dobkin, "The RF in RFID passive UHF RFID in practice," in *Communications engineering series* Amsterdam ; Boston: Elsevier/ Newnes, 2008

[4] T. C. Chieu and L.-C. Zai, "Data Recovery System for Radio Frequency Identification Interrogator," US: Intermec IP Corp., 2002.

[5] Y.-s. Wu and A. R. Shober, "IQ Combiner Technology in Modulated Backscatter System," US: Lucent Technologies, Inc., 1998.

[6] Y. Okunev and K. J. Powell, "Method and Apparatus for Signal Processing in RFID Receivers," US: Symbol Technologies, Inc., 2007.

[7] B.-J. Jang, "Phase Diversity and Optimal I/Q Signal Combining Methods on a UHF RFID Reader's Receiver," *Microwave Journal(Web Exclusive)*, Vol.51, pp.1-14, April 2008.

[8] M. Simon and D. Divsalar, "Some Interesting Observations for Certain Line codes With Application to RFID," *IEEE Trans. Comm.*, Vol.54, April 2006.

[9] H.-C. Yang, "New Results on Ordered Statistics and Analysis of Minimum-Selection Generalized Selection Combining (GSC)," *IEEE Trans.*

WIreless Commun., Vol.5, pp.1876-1885, July 2006.

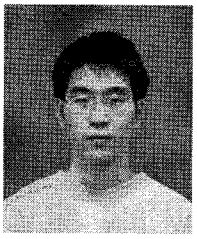
[10] EPCglobal, "EPC™ radio-frequency identity protocol class-1 generation-2 UHF RFID protocol for communications at 860MHz - 960MHz version 1.1.0," in *Specification for RFID air interface*, 2005.

[11] J.-H. Bae, W. Choi, G.-Y. Choi, and J.-S. Chae, "Study on the Demodulator Structure of Reader Receiver in a Passive RFID Environment," *Progress In Electromagnetics Research, PIER 91*, pp.243-258, 2009.

[12] J. G. Proakis, *Digital communications*, 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 2001.

[13] D. Marculescu, R. Marculescu, and M. Pedram, "Information Theoretic Measures for Power Analysis," *IEEE Trans. on CAD*, Vol.15, pp.599-610, 1996.

윤 창 석 (Chang-seok Yoon) 정회원



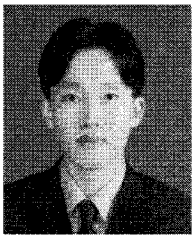
2006년 2월 한양대학교 미디어통신 공학과 졸업

2008년 2월 한양대학교 전자컴퓨통신공학과 석사

2008년 2월~현재 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정

<관심분야> 통신공학, 전자공학, 임베디드 무선통신 시스템, RFID

남 성 식 (Sung Sik Nam) 정회원



1998년 2월 한양대학교 전자공학과(공학사)

2000년 2월 한양대학교 전자공학과(공학석사)

2003년 5월 USC 전기공학과(공학석사)

2009년 5월 Texas A&M 전기컴퓨터공학과(공학박사)

1998년 6월~1999년 12월 한국전자통신연구원 연구원

2003년 7월~2004년 6월 KT 과장

2009년 9월 ~ 현재 한양대학교

<관심분야> 통신시스템 알고리즘, 통신신호처리, 다이버시티, RFID

조 성 호 (Sung Ho Cho) 종신회원

1978년 2월 한양대학교 전자공학과(공학사)

1984년 12월 Univ. of Iowa 전자컴퓨터학과(공학석사)

1989년 8월 Univ. of Utah 전자컴퓨터공학과(공학박사)

1989년 8월~1992년 8월 한국전자통신연구원 선임연구원

1992년 9월~현재 한양대학교 제 2공과대학 전자통신공학부 교수

<관심분야> RFID/USN, 임베디드 무선통신 시스템 설계, 통신신호처리