

Generalized Gaussian Noise에서의 무선센서 네트워크의 Decision Fusion Rule의 성능 분석에 관한 연구

*박진태, **구인수, *김기선
*광주과학기술원 정보통신공학과, **울산대학교 전기전자정보시스템공학부
e-mail : jtpark@gist.ac.kr, iskoo@ulsan.ac.kr, kskim@gist.ac.kr

Performance Evaluation of Decision Fusion Rules of Wireless Sensor Networks in Generalized Gaussian Noise

*Jintae Park, **Insoo Koo, and *Kiseon Kim
*Department of Information and Communications, GIST
**School of Electrical Engineering, University of Ulsan

Abstract

Fusion of decisions from multiple distributed sensor nodes is studied in this work. Based on the canonical parallel fusion model, we derive the optimal likelihood ratio based fusion rule with the assumptions of the generalized Gaussian noise model and the arbitrary fading channel. This optimal fusion rule, however, requires the complete knowledge of the channels and the detection performance of local sensor nodes. To mitigate these requirements and to provide near optimum performance, we derive suboptimum fusion rules by using high and low signal-to-noise ratio (SNR) approximations to the optimal fusion rule. Performance evaluation is conducted through simulations.

I. 서론

무선 센서 네트워크는 다양한 응용분야들로 인하여 관심이 증대되고 있으며 활발한 연구가 진행되고 있다 [1]. 이러한 네트워크는 센싱 능력과 정보처리 능력, 그리고 무선 통신 능력을 갖는 많은 수의 센서노드들로 구성되어있다. 개별 센서노드들은 일반적으로 제한된 크기나 가격적인 측면으로부터 정보처리능력이나 운용시간에 한계를 가지고 있다. 따라서 전체 네트워크의 성능과 운용시간을 향상시키기 위한 알고리즘이 요구

되어진다. 이러한 대안으로써 decision fusion 알고리즘을 고려한다. Decision fusion은 센서노드들이 decision한 정보만 전송하므로 에너지 효율성이 증가되며, 센서노드들로부터의 데이터를 fusion함으로써 신뢰성이 증대되고 적절한 fusion rule을 사용함으로써 전체 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다 [2]. 본 논문은 무선 센서 네트워크에서 개별 센서노드들과 센터노드사이의 통신 채널과 개별 센서노드들의 성능을 고려한 Decision Fusion Rule들을 구하고 이들의 성능을 평가하였다.

II. 본론

2.1 Fusion Model

그림 1은 전형적인 Parallel Fusion Model을 나타낸 것이다 [2]. 이 모델에서 N 개의 개별 센서노드들은 두 가지의 가정 H_0 과 H_1 에 대한 동일한 물리적 현상을 관찰한다. 이러한 관찰로부터 n 번째 센서노드는 Detection Probability(P_{dn})와 False Alarm Probability(P_{fn})를 가지고 a prior decision (b_n)을 결정하고 통신 채널을 거쳐 fusion center로 전송하며 fusion center는 final decision (b_0)을 결정한다. 개별 센서노드들과 fusion center 사이의 채널 noise를 고려하기 위하여 Generalized Gaussian distribution model을 사용한다 [3]. 이 model은 shape parameter q 에 따라서 exponential decay 비율을 조절할 수 있다. 예를 들어 $q=1$ 인 경우 Laplace density, $q=2$ 인 경우 Gaussian density, 그리고 $q \rightarrow \infty$ 인 경우 Uniform

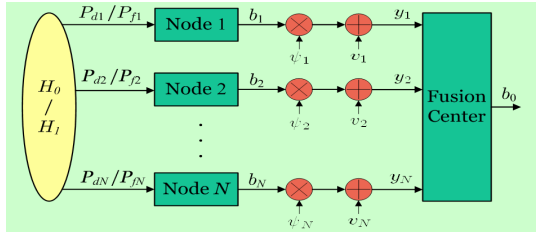


그림 1 A Parallel Fusion Model

density가 된다.

2.2 Decision Fusion Rules

Fusion model로부터 최적 likelihood ratio (LR) based fusion rule을 쉽게 구할 수 있다. 이러한 LR rule이 최적화된 성능을 제공하기 위해서는 센서노드들의 성능과 채널에 관한 정보가 필요하다. 그러나 제한된 성능을 갖는 센서 네트워크에서는 이러한 정보 얻기 어렵기 때문에 보다 적은 정보를 가지고 최적 fusion rule에 근접한 성능을 제공하는 부 최적 fusion rule들이 요구되어진다. 이 논문에서는 [2]에서와 동일하게 LR -based fusion rule에 대하여 high 그리고 low signal-to-noise ratio (SNR) 근사를 통해 부 최적화 fusion rule을 구한다. High SNR 근사를 통해 잘 알려진 Chair-Varshney fusion rule을 얻을 수 있으며 이 fusion rule은 q 에 관계없이 동일한 결과를 얻으며 센서들의 detection performance에 관한 정보만을 필요로 한다 [2]. 즉, high SNR하에서 noise density에 관계없이 LR rule에 근접하는 성능을 제공한다. 이와는 다르게 low SNR 근사를 통해 얻어지는 fusion rule은 q 에 의해서 그 형태가 결정된다. 따라서 채널이 어떠한 noise density를 갖는가에 대한 정보가 필요하게 된다.

III. 실험결과

시뮬레이션을 위해 단위 전력을 갖는 Rayleigh fading 채널, 전체 센서의 수 $N=8$, 센서 노드들의 $P_d=0.5$ 그리고 $P_f=0.05$ 라고 가정한다. 그림2와 3으로부터 Chair-Varshney rule이 high SNR에서 노이즈 분포에 관계없이 최적 rule에 근접한 성능을 제공함을 볼 수 있다. Low SNR 근사를 통해 얻어진 룰이 정확한 노이즈 분포와 fading에 관한 정보를 알고 있는 경우 low SNR에 좋은 성능을 제공함을 확인 할 수 있다. 또한 decision fusion을 이용함으로써 전체 시스템의 성능이 향상됨을 볼 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

임의의 fading channel과 Generalized Gaussian noise model 갖는 Parallel fusion model에 대한 최적 fusion rule을 고려하였으며, 이 rule에 대한 SNR 근사를 통하여 두 가지 부 최적 fusion rule을 구하였다. 이렇게 얻어진 부 최적 rule들은 최적 rule에 비하여 적

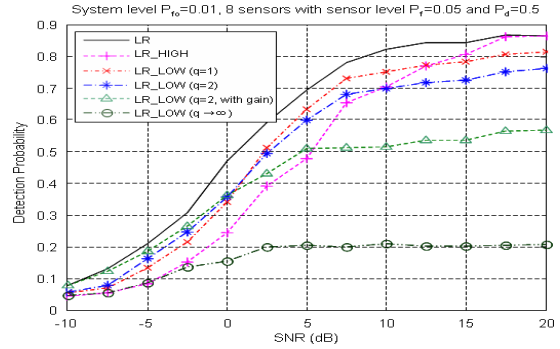


그림 2 Gaussian noise와 Rayleigh fading하에서 고정된 False Alarm Probability에서 SNR에 대한 Detection Probability.

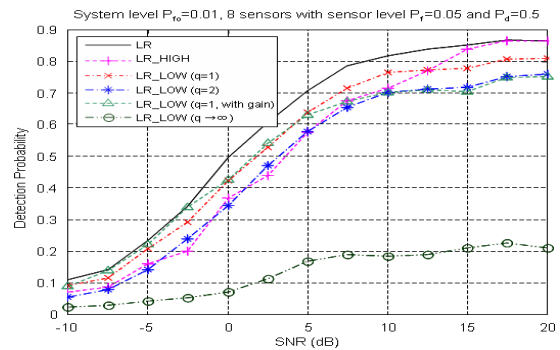


그림 3 Laplace noise와 Rayleigh fading하에서 고정된 False Alarm Probability에서 SNR에 대한 Detection Probability.

은 정보를 필요로 하며 제한된 범위(low or high SNR) 내에서 최적 rule에 근접한 성능을 제공한다. 따라서 적절한 응용분야에 맞게 이러한 부 최적 rule을 선택함으로써 수신기의 구조를 간략화 할 수 있으며 적은 정보만을 가지고도 최적화 rule에 준하는 성능을 제공할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 정부재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2005-003-D00189).

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [2] B. Chen, R. Jiang, T. Kasetkasem, and P.K. Varshney, "Channel aware decision fusion in wireless sensor networks," *IEEE Trans. Signal Processing*, pp. 3454-3458, Dec. 2004.
- [3] G. L. Shevlyakov and N. O. Vichevski, *Robustness in Data Analysis: criteria and methods*, Utrecht: VSP, 2002.