

# 무선 멀티미디어 센서네트워크에서 2-layer 사상을 이용한 스트리밍 미디어 QoS 평가

이종득\*  
전북대학교 전자공학부\*

## Streaming Media QoS Evaluation based on 2-Layer mapping in Wireless Multimedia Sensor Networks

Chongdeuk Lee\*  
Division of Electronic Engineering, Chonbuk National University\*

**요 약** 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 QoS는 스트리밍 미디어 서비스 향상을 위한 중요한 이슈이다. 본 논문에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 스트리밍 미디어 QoS 향상을 위한 2-layer 사상 기반의 새로운 QoS 평가 기법을 제안한다. 제안된 기법은 응용 레이어와 네트워크 레이어 간의 스트리밍 제어를 위해 퍼지 적합도를 적용하며, 전송 신뢰도와 처리율을 향상시키기 위하여 2-layer 사상을 수행한다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법이 다른 비교 기법들에 비해서 패킷 제어율, 전송 신뢰도, 그리고 지연 오버헤드율의 성능이 효율적임을 보인다.

**주제어** : QoS, 스트리밍 미디어, 2-layer, 퍼지 적합도

**Abstract** QoS in wireless multimedia sensor networks is an important issue to enhance streaming media service. This paper proposes a new 2-layer based QoS evaluation scheme for enhancing the streaming media QoS of wireless multimedia sensor networks. The proposed scheme performs the fuzzy relevance to control the streaming between application layer and network layer, and it performs 2-layer mapping process to enhance the transmission reliability and throughput. The simulation results show that the proposed scheme achieves improved performance in packet control ratio, transmission reliability, and delay overhead ratio compared with those of other existing schemes.

**Key Words** : QoS, Streaming media, 2-layer, Fuzzy relevance

### 1. 서론

QoS는 네트워크가 사용자들에게 제공하는 서비스 품

질 척도로서 대역폭, 지터 지연, 패킷 손실, 그리고 처리율 등의 서비스 속성들에 의해 평가된다. 기존의 대표적인 인터넷 QoS 모델들로는 InterServ (Integrated

Received 9 April 2013, Revised 29 April 2013  
Accepted 20 May 2013  
Corresponding Author: Chong-Deuk Lee(Chonbuk National University)  
Email: cdlee1008@jbnu.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1738-1916

Services)와 DiffServ (Differentiated Services) 등이 있으며, InterServ는 자원 예약을 통하여 단말 간 신뢰성을 보장하고 있다 [1][2].

이 기법은 제어 메커니즘에 대한 높은 복잡성으로 인하여 확장이 어려운 문제점이 있다.

그리고 DiffServ는 트래픽 차별화와 우선순위를 이용하여 클래스들 간의 서비스 차별화를 수행하는 기법으로서 이 기법은 확장성은 용이하나 노드들 간의 상태 전환이 어렵다는 문제점이 있다. 또한 FQMM(Flexible QoS MANET Model)[3]과 iMAQ(integrated MANET QoS)[4] 모델은 QoS 향상을 위한 대표적인 기법들이지만 이들 기법은 노드들에 대한 스트리밍 순서를 제공하지 않아 지연과 혼잡이 가중되는 문제점이 있다.

일반적으로 WMSN의 QoS는 인터넷상의 QoS와는 다르며, 그리고 모바일 애드 혹 서비스는 WMSN에 직접 적용할 수 없다는 문제점이 있다[5][6]. 따라서 WMSN의 스트리밍 QoS를 위해서는 시스템 서비스 주기, 패킷 제어, 전송 신뢰도, 그리고 오버헤드 제어 등과 같은 새로운 QoS척도가 필요하며, 이러한 QoS척도는 시스템의 성능 유지와 처리를 향상에 중요한 영향을 미친다[7][8].

본 논문에서는 WMSN상에서 스트리밍 QoS에 영향을 미치는 새로운 QoS 평가 기법을 제안하며, 제안된 기법은 응용 레이어와 네트워크 레이어 간의 사상을 위해 퍼지 적합도 기반의 2-layer 사상을 수행한다. 또한 제안된 2-layer 사상은 네트워크 레이어의 어느 평가 요소가 응용 레이어 성능에 어떤 영향을 미치는지를 탐색하기 위한 전략이다. 이와 같은 전략은 QoS 성능에 중요한 평가요소로서 응용 레이어와 네트워크 레이어 간의 QoS 성능을 쉽게 유추할 수 있는 기능을 제공해 주며, WMSN의 전체 네트워크 성능을 향상시키는 역할을 수행한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해서 살펴보면, 3장에서는 본 논문에서 중요한 기법인 2-layer 사상 기반의 스트리밍 미디어 QoS 평가 모델을 제안한다. 그리고 4장에서는 제안된 기법에 대한 시뮬레이션 평가에 대해서 살펴보면, 끝으로 결론에 대해서 기술한다.

## 2. 관련 연구

최근에 WMSN 환경에서 멀티미디어 스트리밍 QoS

향상을 위한 많은 기법들이 제안되었다. WMSN의 QoS는 주로 응용 계층의 서비스 구조와 프로토콜을 위한 기법으로 한정되어 있으며, 이들 기법은 네트워크 구조가 확장될 때 네트워크가 복잡하고 오버헤드가 심하게 발생하는 문제점을 가지고 있다[8][9]. 이러한 문제를 해결하고 WMSN에서 전송 데이터의 신뢰성과 적시성을 보장하기 위해 wan et al.[10]은 PSFQ 기법을 제안하였으며, Sanka et al.[11]은 ESRT 기법을 제안하였다. 그러나 이들 기법은 전송계층 구조에서 QoS를 보장하기 위한 기법이지만 센서 노드와 싱크 노드간의 링크 혼잡문제로 인하여 전송 처리율이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 이외에도 네트워크 계층에서 에너지 보존, 지연, 그리고 혼잡 등을 제어하기 위하여 많은 기법들이 제안되었다 [3][4][8]. Zhao et al.[2]는 MAC 계층에서 처리율, 지연, 신뢰성 등과 같은 성능을 보장하기 위하여 MAC 프로토콜을 제안하였다. 그리고 Akkaya et al. [3]은 응용계층구조와 네트워크 계층 구조 간의 상반된 척도 기법을 제안하였으며, Chen et al. [4]는 응용계층 구조와 네트워크 계층 구조를 위한 새로운 QoS 모델을 제안하였다. 이들 기법은 WMSN의 특성을 반영하여 단말 간 성능을 최소화하는 알고리즘이지만 특성들 간의 중요도와 처리 순서를 반영하지 않아 트래픽 혼잡 문제가 발생하고 있다. 따라서 WMSN의 스트리밍 QoS관점에서 볼 때 QoS 성능 평가 모델은 네트워크의 성능 향상을 위해 매우 중요하며, 필요한 기법임을 알 수 있다.

## 3. 2-layer 사상 기반의 스트리밍 미디어 QoS 평가 모델

### 3.1 퍼지 적합도

퍼지 적합도는 2-layer 사상 과정에서 발생하는 불확실성 또는 모호성을 줄이기 위한 전략이다. 퍼지 적합도는 레이어 사상 과정에서 발생하는 불확실성 또는 모호성을 줄이고, 보다 차별화된 스트리밍 미디어 서비스를 수행하기 위한 과정으로서 [0,1]사이의 소속함수  $\mu$  로 정의된다. QoS의 각 성능 파라미터는 [0,1] 사이의 소속값을 가지게 되며, 성능 파라미터  $S$ 를 보통집합(crisp set)이라 한다. 본 논문에서는 응용 레이어와 네트워크 레이어 간의 사상을 위한 퍼지 관계를 다음과 같이 정의한다.

정의1. 퍼지 관계(Fuzzy Relation): 네트워크 도메인  $G \times M$ 에서의 퍼지 집합  $FS$ 는  $G, M$ 에 대해서 퍼지 관계이다.

정의2. 퍼지 교집합( Fuzzy Sets Intersection): 집합  $A$ 와 집합 $B$ 의 퍼지 교집합은  $A \cap B$ 이고,  $\mu_{A \cap B}(x) = \text{Min}(\mu_A(x), \mu_B(x))$ 이다.

정의3. 퍼지 합집합 : 집합  $A$ 와 집합 $B$ 의 퍼지 합집합은  $\mu_{A \cup B}(x) = \text{Max}(\mu_A(x), \mu_B(x))$ 이다.

정의4. 퍼지 집합의 최대-최소 조합집합(  $Max - Min$  Composition)  $P(X, Y)$ 를  $X, Y$ 에 대한 퍼지 관계라 하고,  $P(Y, Z)$ 를  $Y, Z$ 에 대한 퍼지 관계라 할 때  $P(X, Y)$ 와  $Q(Y, Z)$ 에 대한  $Max - Min$  조합  $P \cdot Q$ 는  $\mu_P \cdot Q(X, Z) = \text{Max}_{y \in Y} \text{Min}(\mu_p(x, y), \mu_q(y, z))$ 이다. 여기서  $\forall x \in X, y \in Y$ 이고,  $Max - Min$  조합은 원소  $X$ 와  $Z$ 사이의 관계성 정도를 나타낸다.

정의5.  $X$ 가 유한집합이고,  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 일 때 퍼지집합  $A$ 는  $A = \mu_A(x_1) \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2) /x_2 + \dots + \mu_A(x_n) /x_n$  즉,  $A = \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) /x_i$ 이다. 여기서 +는 덧셈기호가 아닌 “OR”을 의미한다.

퍼지 관계를 수행한 후 2-layer 사상을 보다 명세화하기 위하여 각 사상 파라미터들에 대해서 퍼지 적합도가 수행된다.

### 3.2 레이어 사상

응용 레이어와 네트워크 레이어 간의 사상을 수행하기 위하여 응용 레이어 사상 파라미터들을  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ 라 하자. 각각의 응용 레이어 요소  $X_i$ 는 한 개 이상의 대응되는 네트워크 레이어 파라미터  $s_i$ 를 가진다. 여기서  $s_i$ 는 성능 파라미터를 위한 보통집합이며,  $X_i$ 는 소속 함수에 의해 기술된 퍼지집합이다. 퍼지집합은 사상과 성능평가를 위해 필요하며,  $X_i$ 는 WMSN의 QoS성능에 중요한 영향을 미친다. 레이어 사상에서 응용 레이어 파라미터가 다른 네트워크 레이어 파라미터에 미치는 영향

은 다르며, 서로 다른 이들 레이어의 파라미터들을 사상하기 위한 레이어 사상을 식(1)과 같이 정의한다.

$$\text{정의6. } X_i = \frac{\mu_{X_i}(s_1)}{s_1} + \frac{\mu_{X_i}(s_2)}{s_2} + \dots + \frac{\mu_{X_i}(s_n)}{s_n} \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (1)$$

식 (1)에서  $\mu_{X_i}(s_i) (s_i \in S)$ 는 임의의 응용 레이어 파라미터  $X_i$ 에 대한 소속 함수이며,  $0 \leq \mu_{X_i}(s_i) \leq 1$ 이다. 여기서 소속 함수는 응용 레이어 파라미터와 네트워크 레이어 파라미터들의 사상을 위해 사용된다.

레이어 사상에서 성능 파라미터  $s_i$ 가  $X_i$ 보다 퍼지 적합도가 크면 레이어 사상은 안정적으로 유지되지만 그렇지 않을 경우에는 레이어 사상 불일치로 인하여 지터지연과 혼잡이 발생한다. 이때 소속 함수는 레이어 사상에 따른 QoS 요구사항을 조절하기 위해 사용되며, 예를 들어 응용 레이어 파라미터들에 사상 불일치가 발생되면, 소속 함수를 이용하여 이들 레이어 파라미터들을 조절하게 된다. 따라서 소속 함수에 따른 레이어 사상 조절은 QoS 요구사항을 만족할 때까지 반복적으로 수행된다.

### 3.3 QoS 평가

레이어 사상에 따른 QoS 평가는 퍼지 적합도가 적용된 레이어 파라미터들에 의해 좌우되며, 시스템 성능 또한 이들 레이어 파라미터들에 의해 좌우된다.

성능 평가를 위해 응용 레이어 QoS 파라미터  $X_i$ 가 주어지면 QoS 평가를 위한 네트워크 레이어 파라미터들이 대응되게 된다.

예를 들어 레이어 사상을 위한 파라미터{“switching system”}이 주어지면 이 상태는 {“circuit switching/0.9, “packet switching/0.9”, “public exchange/0.9”, “private exchange/0.9”}와 같은 레이어 파라미터들로 대응되게 된다.

우리는 QoS 평가를 위한 응용 레이어와 네트워크 레이어 간의 QoS 성능 파라미터들을 각각  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 과  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 라 하자. 여기서  $\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 는 응용 레이어 사상 파라미터이고,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 는 네트워크 레이어 사상 파라미터이다. 따라서 QoS 평가를 위한 레이어 사상을 다음과 같이 정의한다.

정의7.  $f:U \rightarrow F(V), \forall u_j \in U$ 이다.

정의7과 같은 레이어 사상이 수행될 때 각 네트워크 레이어 파라미터  $v_i$ 에 대한 퍼지 적합도는 다음과 같이 정의된다.

정의8.  $f(u_i) = \frac{\mu_{i1}}{v_1} + \dots + \frac{\mu_{ij}}{v_j} + \dots + \frac{\mu_{im}}{v_m}$  ( $0 \leq \mu_{ij} \leq 1, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m$ ) (2)

여기서  $\mu_{ij}$ 는  $X_i$ 의 퍼지 적합도이며, 이것은 네트워크 파라미터  $u_i$ 로부터 추론된 상태  $v_j$ 와 대응되는 소속 함수이다. 따라서 우리는 각 네트워크 레이어 파라미터에 대한 QoS 평가 행렬을 다음과 같이 정의한다.

정의9.  $R = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \dots & \mu_{1m} \\ \dots & & \dots \\ \mu_{n1} & \dots & \mu_{nm} \end{bmatrix}$ 이다.

따라서 정의6과 정의8에 의해 응용 레이어 파라미터와 네트워크 레이어 파라미터들 간의 사상이 수행되며, QoS 평가행렬  $R$ 에 의해 2-layer 사상이 수행된다.

사상이 수행된 후 각 레이어의 파라미터들은 사상에 따른 지연과 혼잡을 최소화하기 위해 각 파라미터들에 대해서 퍼지 적합도 순위가 부여되며, 퍼지 적합도를 만족하기 위해서는 다음과 같은 관계 조건을 만족해야 한다.

조건 1. 반사 관계(Reflexive Relation) :  $\mu_R(x, x) = 1,$

$\forall x \in X$

조건 2. 대칭 관계(Symmetric Relation) :  $\mu_R(x, y) =$

$\mu_R(y, x)$

조건 3. 전이 관계(Transitive Relation) :  $\mu_R(x, z) =$

$\bigcup_y \{ \mu_R(x, y) \cap \mu_R(y, z) \}$

이와 같은 조건이 만족되면 퍼지집합  $A$ 에 대하여  $R_\alpha$ 의 동치관계를 유도하기 위하여  $A_\alpha = \{x | \mu_A(x) \geq \alpha\}$ 를 적용한다. 따라서  $\alpha$ 의 값이 작을수록 퍼지 적합도는 낮게 되며,  $\alpha$ 의 값이 클수록 퍼지 적합도가 높아진다. 이것은 결국 퍼지 적합도에 따라 미디어 객체들이 스트리밍되며, 스트리밍된 미디어 객체들은 향상된 QoS를 유지하게 된다.

## 4. 시뮬레이션 평가

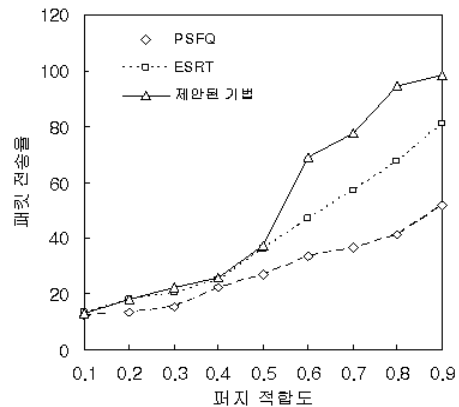
### 4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 제안된 기법의 성능을 측정하기 위하여 PSFQ기법, 그리고 ESRT기법과 성능을 비교분석하였으며 사상 파라미터 크기와 퍼지 적합도를 고려한 후 패킷 제어율, 전송 신뢰도, 그리고 지연 오버헤드율의 성능을 비교분석하였다. 시뮬레이션을 위해 미디어 프레임은 5개의 그룹으로 분류하여 구성하였으며 미디어 프레임들은 이미 사상되었다고 가정하였다. 시뮬레이션을 위한 인코딩율은 256kbps, 디코딩율은 512kbps로 설정하였다. 그리고 레이어 사상을 위한 최대 스트림 크기는 5MB로 설정하였으며, 미디어 프레임 블록의 최대 크기는 500MB이내로 제한하였다.

### 4.2 시뮬레이션 결과

#### 4.2.1 패킷 전송율

무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 센서 노드의 수가 많아지고 혼잡이 제어되지 않으면 패킷 전송률은 떨어진다. 그 이유는 무선 싱크 노드의 전송 지연과 라우팅 오버헤드가 발생하기 때문이다. [그림 1]은 퍼지 적합도에 따른 패킷 전송율의 성능을 보여주고 있다.



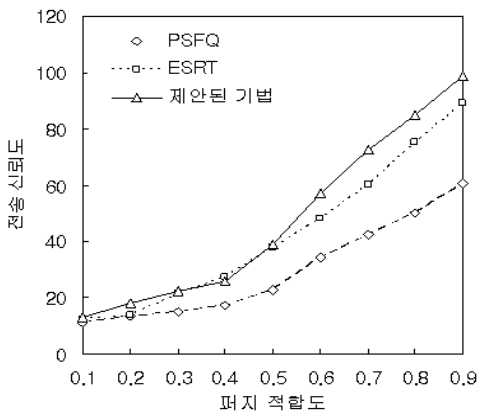
[Fig. 1] Packet Transmission Ratio

그림에서 보듯이 퍼지 적합도  $\alpha$ 가 5이하일 때는 제안된 기법, PSFQ기법, 그리고 ESRT기법 모두 패킷 전송율이 낮게 나타남을 알 수 있다. 그러나  $\alpha$ 가 6이상일 때 제안된 기법은 PSFQ기법과 ESRT기법에 비해서 패킷 전송율이 높게 나타남을 알 수 있다. 이것은 제안된 기법

이 레이어 사상을 효율적으로 수행하여 레이어에 발생하는 혼잡들을 제어했기 때문이다.

#### 4.2.2 전송 신뢰도

데이터가 포워딩되는 동안에는 무선 싱크노드에 지연과 혼잡으로 인해 전송 신뢰도는 떨어지게 된다. [그림 2]에서 제안된 기법은 PSFQ기법과 ESRT기법에 비해서 전송 신뢰도가 비교적 높게 나타남을 알 수 있다. 이것은 제안된 기법의 라우팅 신뢰도가 비교적 높다는 것을 의미하며 또한 네트워크가 비교적 안정적이라는 것을 의미한다. 이와 달리 PSFQ기법과 ESRT기법은 보다 많은 파라미터들 간의 레이어 사상이 적용되지 않아 네트워크가 불안정하며, 전송 신뢰도가 떨어짐을 알 수 있다. 그리고 전송 신뢰도 감소는 네트워크 규모가 클수록 높게 나타나며, 이것은 전체 네트워크 성능에 영향을 미치게 된다.



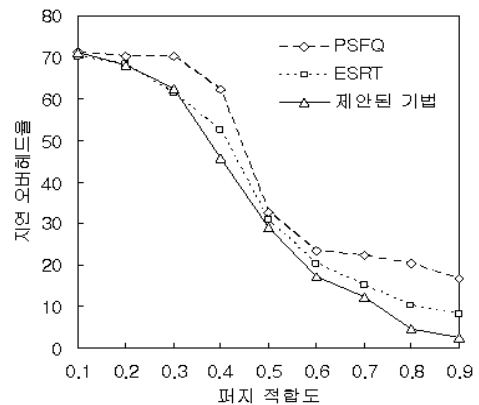
[Fig. 2] Average Transmission Reliability

따라서 그림에서 보듯이 제안된 기법은 패킷 적합도에 의해 많은 라우팅 경로 정보를 안정적으로 유추할 수 있으며, 그 결과 PSFQ기법과 ESRT기법에 비해서 전송 신뢰도가 높게 유지되게 된다.

#### 4.2.3 지연 오버헤드율

제안된 기법에서 지연 오버헤드 정보는 응용 레이어 파라미터와 네트워크 레이어 파라미터들 간의 사상정보를 교환하여 얻는다. 이와 같은 사상 정보는 라우팅 구축과 미디어 스트리밍을 수행하는데 따른 오버헤드를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나 이들 레이어들 간의 사상정보가 제공되지 않고, 스트리밍을 적절하게 제어하게 못

하면 지연에 따른 오버헤드가 높게 발생한다. 그 결과 네트워크 크기가 커지면 그에 따라 지연 오버헤드도 높게 발생한다. [그림 3]은 네트워크 크기가 1000×1000일 때 퍼지 적합도를 적용한 지연 오버헤드율의 결과이다.



[Fig. 3] Delay Overhead Ratio

그림에서 보듯이 제안된 기법은 네트워크의 크기에 관계없이 PSFQ기법과 ESRT기법에 비해서 오버헤드율이 적게 발생하고 네트워크가 비교적 안정적임을 알 수 있다.

### 5. 결론

최근에 무선 멀티미디어 센서 네트워크 환경에서 지연 오버헤드를 줄이고, 처리율을 향상시키기 위한 많은 스트리밍 QoS 성능 향상 기법이 제안되었다. 본 논문에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 스트리밍 미디어 QoS향상을 위해 새로운 2-layer 사상기법을 제안하였다. 제안된 2-layer 사상은 스트리밍 미디어가 서비스될 때 응용 레이어와 네트워크 레이어간의 파라미터들에 대해서 보호성을 제거하여 스트리밍 QoS를 극대화하였다. 그리고 스트리밍 QoS를 극대화하기 위해 각 레이어 파라미터들에 대해서 퍼지 적합도를 적용하였으며, 레이어 사상을 통해서 네트워크 라우팅이 안정적으로 수행되도록 하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법이 기존의 PSFQ기법과 ESRT기법에 비해서 패킷 전송율, 전송 신뢰도, 그리고 지연 오버헤드율의 성능이 효율적임을 알 수 있었다.

## REFERENCES

- [1] D. Qiang, D. L. Xie, S. Z. Chen, A fuzzy logic based QoS evaluation model for wireless sensor network. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing 2009*, pp. 1-4, 2009.
- [2] Q. Zhao, and L. Tong, QoS Specific Media Access Control for Wireless Sensor Networks with Fading. in *Proc. of 8th International Workshop on Signal Processing for Space Communication 2003*.
- [3] K. Akkaya, M. Younis, An energy-aware QoS Routing Protocol for Wireless Sensor Networks. in *Proc. of ICDCSW 2003*.
- [4] D. Chen, P. K. Varshney, QoS Support in Wireless Sensors: A Survey. in *ICWN, 2004*.
- [5] C. D. Lee, Object segment grouping for wireless mobile streaming media services. *The Society of Digital Policy & management*, Vol. 10, No. 4, pp. 199-206, 2012.
- [6] C. D. Lee, Proxy-based caching optimization for mobile ad hoc streaming services. *The Society of Digital Policy & management*, Vol. 10, No. 4, pp. 207-216, 2012.
- [7] C. D. Lee, Similarity-based caching replacement loss minimization in wireless mobile proxy systems. *The Journal of Korean Navigation Institute*, Vol. 16, No. 3, pp. 455-462.
- [8] C. D. Lee, Profit-based segment caching for wireless streaming QoS. *The Journal of Korean Navigation Institute*, Vol. 16, No. 3, pp. 463-470.
- [9] C. D. Lee, T. W. Jeong, FRCA: A fuzzy relevance-based cluster head selection algorithm for wireless mobile ad-hoc sensor networks. *Sensors*, Vol. 11, No. 3, pp. 1-19, 2011.
- [10] C. Wan, A.T. Campbell, and L. Krishnamurthy, PSFQ: A Reliable Transport Protocol for Wireless Sensor Networks. in *Proc. of ACM WSNA 2002*.
- [11] Y. Sankarasubramaniam, O. Akan, and I. F. Akyildiz, ESRT: Event-to-Sink Reliable Transport in Wireless Sensor Networks. in *Proc. of ACM MobiHoc 2003*.

## 이 종 득(李鍾得)



- 1983년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과 학과(이학사)
- 1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과 학과(이학석사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과 학과(이학박사)
- 1992년 3월 ~ 2002년 2월 : 서남대학교 컴퓨터통신학과 교수
- 2002년 2월 ~ 현재 : 전북대학교 전자공학부 교수
- 관심분야 : Smart Proxy System, 무선 모바일 네트워크, 무선 센서 네트워크, MIMO, 유비쿼터스 통신 등
- E-Mail : cdlee1008@jbnu.ac.kr