

## 위험 순위 산정을 위한 UML 기반 사용자 중심 설계

우찬일<sup>1\*</sup>, 이승대<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서일대학 정보통신과, <sup>2</sup>남서울대학교 전자공학과

### UML based User-Centric Design for Evaluating of Risk Order

Chan-Il Woo<sup>1\*</sup> and Seung-Dae Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Information and Communication Engineering, Seoil University

<sup>2</sup>Department of Electronic Engineering, Namseoul University

**요약** 현재 우리나라 도로의 서비스 수준은 차량의 평균 통행속도를 기준으로 평가되어지고 있다. 이는 도로의 혼잡도만을 기준으로 적용한 것으로 교통안전 측면이 고려되지 않은 것이 현실이다. 합리적인 도로 설계와 운영을 위한 평가 지표라면 도로 이용자에게 영향을 미치는 제반 인자들을 보다 포괄적으로 포함할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 교통안전과 소통측면을 총괄할 수 있는 변수로 사용자비용 개념을 적용하여 도로 평가방법을 개발하고자 한다. 또한, 본 논문에서는 이러한 도로 평가 방법을 기존의 일회성 개발 방법이 아닌 UML 기반의 사용자 중심 분석 방법을 이용하여 설계한다.

**Abstract** Presently, the level of service(LOS) of the domestic roads are evaluated by using average speed of passing by vehicles. However, this method has been designed by considering the degree of congestion on the road only, without considering the reality of traffic safety. Therefore, for the LOS to serve as an index evaluating proper road design and operation, it should be able to deal with wider coverage than known factors which directly affects road users. Therefore the study wants to explore the concept of user cost, as a factor that covers traffic safety and flow, for evaluating roads. Also, the study wants to develop UML based user-centric design, not a one-time development method, for evaluating risk order of roads.

**Key Words** : UML, User Centric Design

### 1. 서론

최근 들어, IT를 중심으로 한 기술 융합이 크게 각광 받고 있다. 그러나 교통 분야에 있어서는 많은 연구들이 IT 관점에서 분석 및 설계 되지 않아 많은 문제점들을 야기 시켜왔을 뿐만 아니라, 재사용 가능한 사용자 중심의 서비스가 아닌 단순한 기능중심의 결과물들을 양산해 왔으며 보유 차량의 급증은 교통체증과 사고를 점점 더 유발시키고 있다. 경찰청 통계자료에 의하면 연간 교통사고 발생건수는 1962년 5150건에서 2002년 230,953건으로 증가하였다. 이러한 결과는 교통안전 측면에서의 평가방법 개발이 시급하다는 것을 나타내고 있다. 일반적으로

도로의 주된 기능은 직진 교통량을 원활하게 처리하는 것이며, 부가적인 기능은 인접위계의 도로와의 유,출입을 원활하게 처리하는 것이다[1-3]. 그러나 단속류인 도로에서는 지체가 많이 발생하여 교통소통에 많은 문제점을 가지고 있으며, 교차로 및 이면도로와 접하고 있어 차량의 유출입에 따른 교통사고가 많이 발생하고 있다. 이와 같은 특성을 가진 도로에 대한 평가는 지체와 사고를 모두 고려한 것이어야 하는데, 우리나라의 도로 서비스수준은 차량의 평균통행 속도를 기준으로 평가되고 있어, 교통안전 측면이 고려되지 않고 있다. 따라서 합리적인 도로 설계와 운영을 위한 평가 지표는 도로 이용자에게 영향을 미치는 제반 인자들을 보다 포괄적으로 포함할 수

본 논문은 2010년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음.

\*교신저자 : 우찬일(ciwoo@seoil.ac.kr)

접수일 10년 11월 23일

수정일 11년 01월 25일

게재확정일 11년 02월 10일

있어야 한다.

본 논문에서는 교통안전과 소통측면을 총괄할 수 있는 변수로 사용자비용 개념을 적용하여 도로의 평가 방법을 제안 한다. 이를 위해, 본 논문에서는 교통 소통과 안전을 동시에 고려한 사용자비용 모형을 제안하고 제안된 사용자비용 모형을 통해 도로의 위험순위 산정방안을 제시한다. 이렇게 제시된 사용자비용 모형은 재사용이 가능하도록 사용자 중심 서비스 관점에서 기술하고 UML을 기반으로 설계한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 사고 예측 관련 연구

교통사고 예측 관련 연구는 도로의 기하학적인 구조와 환경 그리고 교통사고 자료를 분석하여 도로 관련 변수와 사고 특성들과의 관계를 분석하여 수행된다. 이러한 연구는 도로의 기하학적 구조와 설계 요소들이 안전에 영향을 미친다는 관점에서 각 설계 요소들과 사고의 관계를 나타내어 평가의 기준으로 제시되고 있다[1]. 또한 회귀분석, 신경망 이론 적용을 통한 분석, 설문조사 등을 통한 교통안전성 평가지표가 개발 되었고[2], 교통사고 예측 모형은 도로를 Junction과 Road link로 나누어 수행된 연구 결과로, 독립변수로는 평균일교통량(ADT), Road section의 길이, 제한속도, 버스정류장 유무, 주차형태, 토지 이용형태, 보도 유무 등이 포함되어 종속변수를 교통사고건수로 한 회귀식을 제시하였다[3]. 본 논문에서는 국내 도로 사고예측모형에 관한 연구가 미비한 관계로 Poul Greibe 교통사고 예측식을 일부 적용시켜 사고건수를 예측한다.

### 2.2 사용자 비용 관련 연구

사용자 비용이란 도로를 주행하는 차량들이 교통 혼잡과 교통사고로 인한 물질적, 정신적 피해를 화폐로 가치화 시킨 것을 말한다. Karl-L. Bang(1997)은 Indonesian Highway Capacity Manual(IHCM)의 도로개선사업 연구에 있어 Life-Cycle Cost(LCC) 개념을 도입하였으며, LCC Model은 크게 도로이용자 비용과 도로설계비용으로 나누어진다. 일부 연구에서는 합리적인 도로 설계와 운영을 위한 평가 지표로 사용자에게 영향을 미치는 인자를 보다 총괄적으로 평가할 수 있는 것이어야 함에 중점을 두고 사용자가 해당 도로를 가장 안전하고 적은 비용으로 운행하는지를 판단하기 위한 척도로 사용자비용 개념 도입을 시도하였다. 국내에서는 사용자비용에 크게

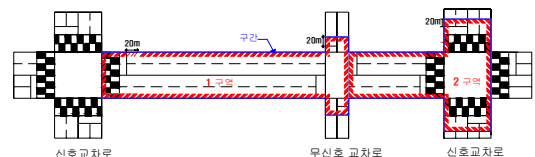
사고비용, 차량운행비용, 통행시간비용으로 나누어 분석하였다[4]. 본 논문에서는 도로 사용자비용에 교통사고비용, 지체비용(차량운행비용, 통행시간비용)을 포함시켰으며 교통사고 비용은 구간별 사고율로 도출하였다. 지체비용은 구간별 평균 통행속도 예측을 통해 도출하였으며 안전성 평가는 LCC를 이용하였다. LCC는 RUCS(도로이용자비용)와 RPC(도로설계, 시공비용)로 이루어져 있으며, 도로분석결과 VOC(차량운행비용)와 ACCID(차량사고비용)가 큰 비중을 차지하는 것으로 제시하였다[5].

## 3. 사용자 비용 분석

본 논문의 주요 도메인인 도로와 분석단위의 특징을 사용자 관점에서 기술하고, 사용자 비용 분석을 위해 교통사고 비용과 지체비용 예측 방안을 사용자 관점에서 Usecase diagram을 이용해 분석한다. 그리고 각 알고리즘을 activity diagram 형태로 기술한다.

### 3.1 분석 단위의 특징

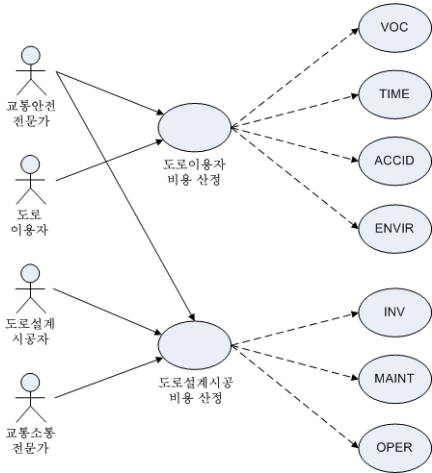
본 논문에 적용되는 도로에서 교차로의 경우 도로 정지선에서 20m 전·후방까지를 교차로 범위로 규정하고 이 안에서 발생하는 교통사고는 교차로에서 발생하는 사고로 간주한다. 도로용량편람에서 도로의 분석 기본단위는 신호교차로에서 다음 신호교차로까지 한 방향의 길이를 말한다. 신호교차로 사이에 무신호교차로가 있는 경우 이를 무시하고 분석한다. 일방통행 도로인 경우는 모든 차로를 포함하여 분석한다. 만약, 동일한 등급의 도로에서 두 개 이상의 연속된 구간이 구간길이, 자유속도, 제한속도, 그리고 주변의 토지이용도가 비슷하다면 하나의 구간으로 분석하도록 명시하고 있다.



[그림 1] 분석의 기본 단위

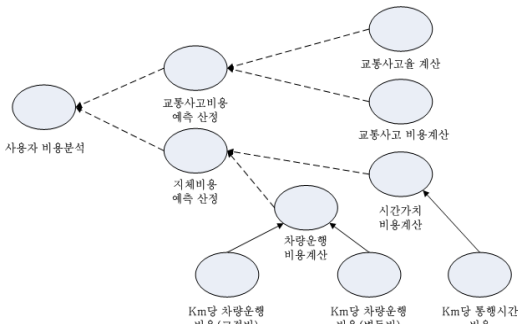
본 논문에서는 도로 구간 내에 무신호 교차로가 포함될 경우 교통사고비용 분석에 있어 교차로 사고비용을 제외시켜 그림 1과 같이 구간을 두 구역으로 나누어 분석하였다. 그림 1의 구역2에 대한 교통사고비용 분석시 교차로 정지선으로부터 20m내의 구역에서 발생하는 사고는 신호교차로에 의한 사고이므로 이 구역 내의 사고에

대한 비용은 제외시킨다.



[그림 2] 사용자 관점 비용 분석 Usecase diagram

그림 2는 사용자비용 분석의 기능을 사용자 관점에서 서비스 개념으로 분석해 본 Usecase diagram이다. 그림 2에서 사용자는 교통안전전문가, 도로이용자, 도로설계시공자, 교통소통전문가로 볼 수 있으며. 타원형 동그라미는 서비스를 나타내고 화살표는 사용자와 서비스간의 관계를 표시하고 있다. 그리고 그림 3은 기능 관점에서 사용자 비용분석 방법을 세분화한 것을 나타낸다.



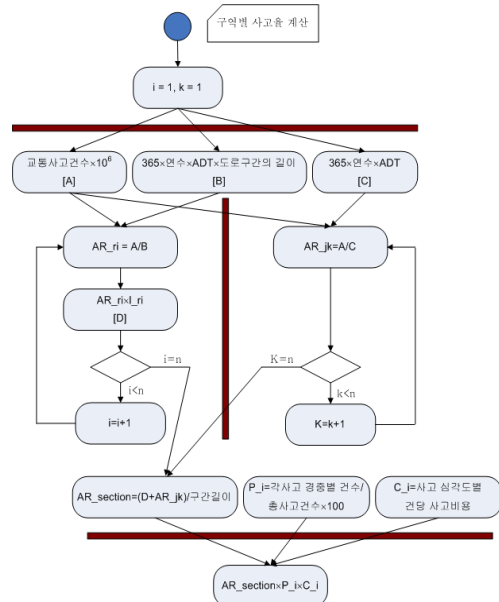
[그림 3] 기능 관점 비용 분석 Usecase diagram

### 3.2 교통사고 비용 예측

#### 3.2.1 교통사고율

교통사고 위험도를 비교 평가하기 위한 지표는 사고건수에 의한 방법, 사고율에 의한 방법, 사고건수 및 사고율 병합방법, 사고율 및 통제에 의한 방법 등이 있는데 사고건수에 의한 도로안전성 평가를 실시하는 경우에는 각 지점의 교통량을 반영하지 못하여 교통량이 많은 도로가 위험도로로 선정되는 경향이 있다. 본 논문에서는 이러한

단점을 보완할 수 있는 교통사고율에 의한 방법을 이용하여 도로를 평가한다. 본 논문에서 예측된 무신호 교차로의 사고건수는 하나의 교차로를 지점으로 보고 그 지점에서 연간 예상되는 총 사고건수를 의미한다. 단일로의 예측사고건수는 연간 단일로 1km당 예상되는 총 사고 건수를 뜻한다. 구역별로 사고율을 계산해보면 그림 4와 같이 표현할 수 있다. 그림에서  $AR_{ri}$ 는  $i$ 번째 단일로 구역의 사고율이며,  $AR_{jk}$ 는  $k$ 번째 무신호 교차로 구역의 사고율이다. 그리고  $AR_{section}$ 은 구간 사고율을 나타내고  $L_{ri}$ 는  $i$ 번째 단일로 구역길이(km)를 나타낸다.



[그림 4] 교통사고율과 교통사고비용 계산을 위한 activity diagram

#### 3.2.2 교통사고 비용

도로의 구간 사고비용은 교통개발연구원의 자료 중 일정 기간에 대한 특정 지역의 사고 심각도별 단위비용을 평균하여 적용하였다. 교통사고비용은 사고심각도별 비율을 대표 값으로 표현하였으며  $i$ 는 사망/중상/경상/부상에 대한 값을 나타낸다.

[표 1] 사고심각도별 사고 비용 및 비율

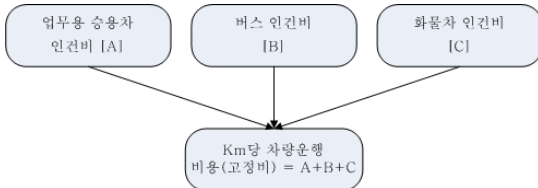
사고심각도 분류	건당비용(만원) (C <sub>i</sub> )	비율(%) (P <sub>i</sub> )
사망 사고	37,333.19	0.96
중상 사고	6,658.14	17.17
경상 사고	1,102.70	14.32
부상신고 사고	583.41	0.44
단순물피 사고	109.66	67.12

### 3.3 지체비용 예측

도로 지체비용은 교통혼잡 비용 구성요소 중 차량운행 비용과 시간가치 비용을 모두 고려하여 구성하였다. 차량 운행비용 중 변동비는 연료비가 30%이상 차지하고 비 업무용 승용차의 경우에는 교통혼잡 비용으로 연료비가 지체비용의 대부분을 차지한다. 교통지체의 발생으로 여가 활동이나 생산 활동에 사용되는 시간은 감소하는 결과를 초래하는데, 이러한 손실을 시간가치 비용이라고 한다. 시간가치 비용은 차종별 업무 및 비업무 시간비용으로 나뉜다. 업무시간비용에 있어서 고용된 운전자의 시간가치 비용은 차량운행 비용(고정비)에 인건비로 포함되므로 시간비용 분석에서는 제외되며, 화물차의 경우는 통행시간 비용이 없다고 가정하였다.

#### 3.3.1 차량 운행 비용

본 논문에서는 고정비는 업무용 승용차, 버스, 택시. 화물차의 인건비에 의해 계산되며, 손의정(1992)의 연구 결과에서 제시된 연평균 증가율을 고려하여 차종별 운전 기사 인건비를 추정하였다.



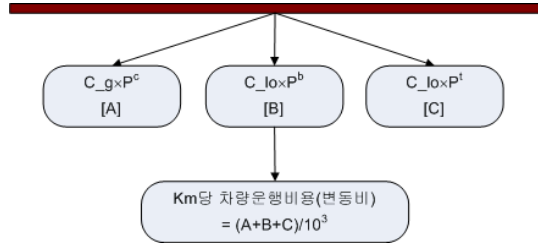
[그림 5] 고정비를 위한 activity diagram

업무통행은 업무용 승용차에 의해서만 발생한다고 가정하였다. 또한 도로의 수단 분담 율은 본 논문에서 예시적으로 평가하는 기존의 5개 광역시 가구통행 실태조사 전수화 결과 값을 적용하였다. 교통수단별 업무/비업무 통행비율은 기존의 자료 중 도로의 특성 값을 적용하여 고정비를 도출하였다. 그림 5는 수식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$10777.756 \times (1/V_a) \text{ 원/대 km} \quad (1)$$

본 논문에서의 변동비는 연료소모비만을 고려하였다. 평균지체시간은 가·감속지체, 정지지체 그리고 분석기간 이전에 남아있는 대기차량에 의한 추가지체까지 고려한 것이므로 연료소모비 산출시 차량의 공회전에 따른 연료소모율과 유류가격을 이용하여 추정하였다. 유류의 세전가격은 일정 기간 동안의 단위비용을 평균하여 적용하였다. 따라서 도로 한 구간에 대한 차량-km당 변동비

(원/대·km)는 그림 6과 같이 표현할 수 있다.



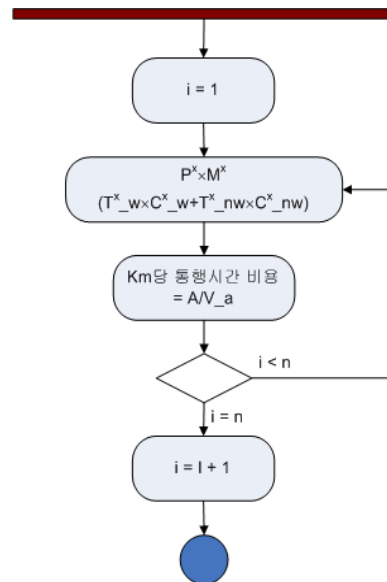
[그림 6] 변동비를 위한 activity diagram

그림 6에서  $C_g$ 는 휘발유 단가이고  $C_{lo}$ 는 경유 단가,  $P^c$ 와  $P^b$  그리고  $P^t$ 는 차종별 수단 분담 율을 나타내며, 그림 6은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$32.346 \times (1334.936/V_a) + 0.00935 V_a^2 \quad (2)$$

#### 3.3.2 시간 가치 비용

시간 가치 비용 분석 시 변수로 사용되는 도로 수단별 통행목적 시간가치와 차종별 평균재차인원은 교통개발연구원의 연구치를 적용하였다. 도로 한 구간 주행 시 시간가치비용 산출은 그림 7과 같이 표현할 수 있다.  $M^x$ 는 차종별 평균 재차인원이고,  $T^x_w$ 와  $T^x_{nw}$ 는 업무/비업무 통행비율이다.  $C^x_w$ 와  $C^x_{nw}$ 는 목적별 차종별 통행시간 가치를 나타낸다.

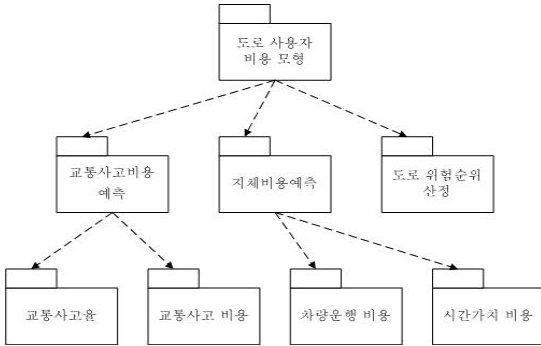


[그림 7] 시간 가치비용을 위한 activity diagram

### 4. 사용자 중심 서비스 설계

본 논문에서는 제안된 도로 위험순위 산정을 위한 사용자 비용분석 방안을 UML 전체시스템 관점에서 기술하기 위해 Package Diagram, Class Diagram, Sequence Diagram을 사용하였다.

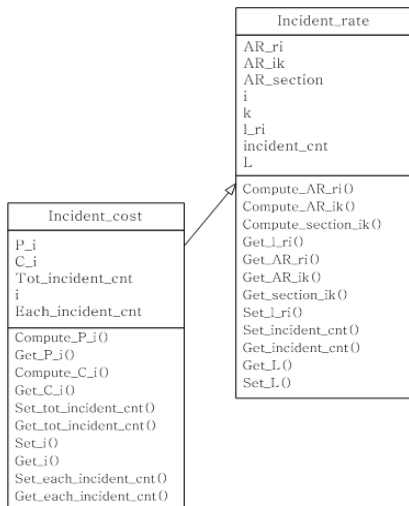
#### 4.1 Package Diagram



[그림 8] 도로 사용자 비용 모형 Package Diagram

그림 8은 도로 사용자비용 모형의 package diagram을 나타낸다. 각 Package들은 사용자 관점에서 서비스 형태로 도출되고 각 Package들은 고유의 세부 기능을 가지고 있어 재사용의 기본 단위가 된다.

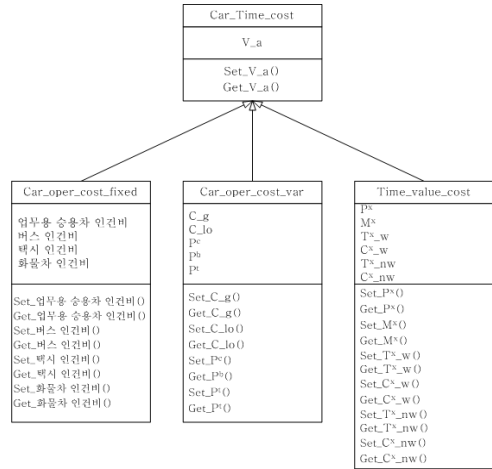
#### 4.2 Class Diagram



[그림 9] 교통사고 예측 Class Diagram

일반적으로 Class Diagram은 자료의 저장 구조를 표현하기 위해서 사용되며, 그림 9는 교통사고예측 알고리즘

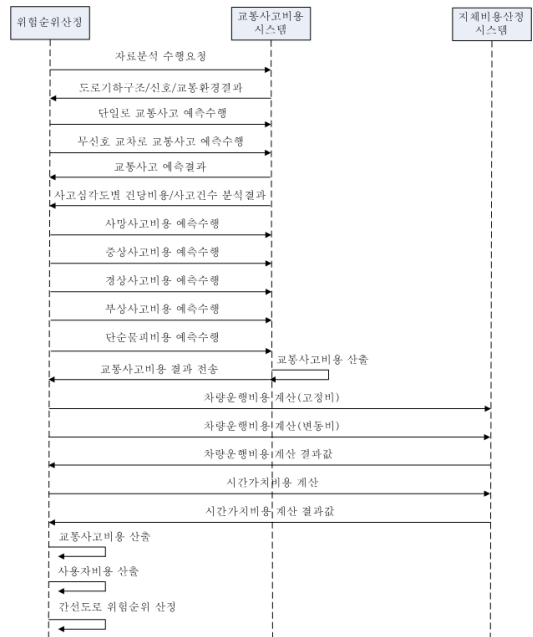
을 수행하는데 필요한 자료저장 변수와 메소드(methods)를 나타내고 있으며, 그림 10은 지체비용 예측을 위한 Class Diagram을 나타낸다.



[그림 10] 지체비용 예측 Class Diagram

#### 4.3 Sequence Diagram

Sequence diagram은 시스템의 동적인 흐름을 기술하기 위해서 사용되며, 그림 11은 사용자비용 분석을 위한 전체적인 흐름을 나타내고 있다.



[그림 11] 사용자 비용 분석을 위한 Sequence Diagram

## 5. 결론

본 논문에서는 사고와 지체비용을 모두 고려한 사용자 비용을 척도로 한 도로의 위험순위 산정 방안을 제안하고 UML을 기반으로 설계하였다. 본 논문에서는 Poul Greibe의 도로 사고예측모형을 통해 사고 비용을 산정하였으며, 현재 도로 평가방법의 효과적도인 평균통행속도에 따른 지체비용 산정 방법을 개발하였다. 그리고 사고비용과 지체비용을 모두 고려한 사용자비용을 통하여 도로 위험순위 산정방법을 제시하였다. 향후 연구과제로는 도로의 서비스수준 평가에 있어 각 수준별 사용자 비용을 도출한 도로 서비스 수준 제시방안에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되며, 본 논문의 결과물인 UML 기반 사용자 중심 설계 방법을 일반화하기 위하여 다양한 연구 결과물에 적용하기 위한 연구가 지속되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 심관보, “도시간선도로의 관련변인에 따른 교통사고 분석,” 교통안전연구논총 제13권, 1994.
- [2] 최재성, “도시부 간선도로의 교통안전성 평가지표 개발,” 대한교통학회지, 1998.
- [3] Poul Greibe, “Accident Prediction Models for Urban Roads,” Accident Analysis Prevention 35, 2001.
- [4] 장재남의 4인, “사용자비용 최적화를 통한 도로 설계 서비스수준 산정방안,” 대한교통학회지, 2000.
- [5] Karl-L.Bang, Gunnar Lindberg, and Gandhi Ha rahap, “Development of Guidelines Based on Life-Cycle Cost To Replace Level-of-Service Concept,” In Capacity Analysis, TRR 1572, 1997.
- [6] Jacobson, G. Booch, and J. Rumbaugh, The Unified Software Development Process, Addison-Wesley Publishing Company, 1999.
- [7] Guide to Benefits of Object-Oriented Design, www.rtis.com/nat/user/jfullerton/benefit.htm. Accessed July 24, 2006.
- [8] E. Agichtein, “Web information extraction and user modeling: towards closing the gap,” IEEE Data Engineering Bulletin, 28(4), 2005.
- [9] S. Agrawal, S. Chaudhuri, and G. Das, “DBexplorer: A system for keyword search over relational databases,” In Proc. of ICDE-02, 2002.
- [10] Trujillo J., M. Palomar, and J. Gomez, Y. Song, “Designing Data Warehouses with Conceptual

Models,” Computer, IEEE, December, pp. 66-75, 2001.

### 우 찬 일(Chan-Il Woo)

[정회원]



- 1995년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1995년 11월 ~ 1997년 2월 : LG이노텍(주) 연구원
- 2004년 3월 ~ 현재 : 서일대학 정보통신과 교수

<관심분야>

정보보호, 디지털위터마킹, 데이터베이스

### 이 승 대(Seung-dae Lee)

[정회원]



- 1992년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1999년 8월 : 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1995년 4월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

정보통신, 유무선통신