

철도시스템 정시성 요구조건을 만족하기 위한 서비스 신뢰도 목표값 설정

Setting the Service Reliability Target for Meeting the Punctuality Requirement of the Railroad System

김종운[†] · 박준서¹ · 정인수²

Jong-Woon Kim · Jun-Seo Park · In-Soo Chung

Abstract This article deals with a problem of setting reliability targets of the railroad systems where the punctuality target is given to the operator and a penalty is imposed for the year when the target is not met. The operator should set the reliability targets of the railroad system and sub-systems because the reliability affects the expected number of years when the penalty is imposed. This paper presents a procedure for setting the service reliability target and equations to calculate the expected number of years when the penalty is imposed and the probability that the operator should pay the penalty per year according to the mean kilometer between service failures of the railroad system and sub-systems.

Keywords : Punctuality, Service reliability, Reliability target, Railroad system

초 록 본 연구는 정시성의 목표값이 운영 요구조건으로 주어지고 이를 달성하지 못한 해당연도에는 철도운영자에게 패널티가 부과되는 상황에서 철도시스템의 신뢰도 목표값을 설정하는 문제를 다룬다. 철도시스템의 신뢰도에 따라 총 운영기간동안 패널티 부과 회수가 달라지기 때문에 철도운영자는 이를 고려하여 철도시스템 및 하위시스템에 대해 신뢰도 목표값을 설정할 필요가 있다. 본 논문은 철도운영자가 운영기간 동안의 패널티 부과 회수를 고려하여 철도시스템의 서비스 신뢰도 목표로 설정할 수 있도록 철도시스템 및 하위시스템의 서비스 고장 간 거리에 따라 연간 패널티 부과 확률 및 철도시스템의 운영연수 동안 패널티 부과 회수를 산출하는 절차 및 계산식을 제안한다.

주요어 : 정시성, 서비스 신뢰도, 신뢰도 목표, 철도시스템

1. 서 론

철도 서비스의 우수성을 결정하는 요소들로 안전성, 정시성, 승차감, 접근성, 시격, 요금구조, 운영자 비용, 환경 영향 등 다양한 인자들이 있다. 이 중에는 정량화 및 측정 가능한 인자들이 있고 그렇지 못한 인자들도 있다. 우수한 철도서비스를 공급하기 위해서는 정량화 가능한 인자에 대하여 목표치를 세우고 그 값을 달성하도록 관리하는 것이 필요하다.

이러한 상황이 가장 일반적으로 발생하는 경우는 정부 기관에서 새로운 민자철도노선을 건설하는 경우이다. 민자철도노선을 추진하는 정부에서는 운영자(사업자) 선정단계에서부터 철도 운영 요구조건으로 정량화 가능한 인자들에 대한 목표치를 제시하고 철도운영자가 그 목표치를 지속적으로 달성하도록 할 필요가 있다.

본 연구에서는 철도 운영 요구조건 중 하나로 정시성 목표

값이 주어지고 이를 달성하지 못한 해당연도에는 패널티가 부과되는 상황에서 철도시스템의 신뢰도 목표값을 설정하는 문제를 다룬다.

신뢰도 목표 설정에 관한 연구는 일반 대형설비에 대해서 다수의 연구가 발표되었다[1-4]. 운영자 관점에서 신뢰도 목표를 설정하는 연구는 국방장비에 대해 일부 이루어졌다[5]. 철도시스템에 대해서는 정인수 등[6]이 설정된 철도서비스의 품질 수준을 달성하기 위한 철도차량의 RAM(Reliability, Availability and Maintainability) 목표값 설정 문제를 다루었다. 하지만 기존 연구는 본 논문에서 다루고 있는 정시성 미달성에 대한 패널티가 주어진 경우에는 적용할 수 없다.

정시성 목표값과 미달성에 대한 패널티가 주어진 경우에 철도운영자는 정시성을 만족하기 위해 적합한 운영·유지보수 기술과 철도시스템의 성능 및 품질을 확보해야 한다. 이를 위해 운영자는 요구되는 정시성 목표를 달성하기 위한 세부 기술 및 시스템에 대해 요구조건을 할당하고 관리해야 한다. 철도서비스의 정시성에 영향을 주는 요소들 중 시스템의 고장은 서비스의 정시성을 저해하는 중요한 요소들 중 하나이다. 따라서 철도서비스 정시성 요구조건을 만족하기 위해서는 철도시스템에 대한 신뢰도 목표값을 설정하고 관리

[†]교신저자 : 한국철도기술연구원 철도환경연구실
E-mail : jong@krrri.re.kr

¹한국철도기술연구원 철도환경연구실

²한국철도공사 수도권철도차량정비단

하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 이와 같이 정시성 요구조건이 주어진 경우 이를 만족하기 위한 철도시스템의 신뢰도 목표값을 설정하는 문제를 다룬다.

2. 본 론

2.1 문제의 정의 및 가정

정량적 철도서비스 품질 인자인 정시성은 일반적으로 “정시에 도착한 열차 회수/일정표에 예정된 서비스 회수”로 정의된다. 정시성에 대한 상세한 정의 및 측정 방법은 UIC Code 450-2 [7]에 나와 있다. 정시에 도착한다는 기준은 운영환경에 따라 다르지만 UIC Code 450-2에서는 예정된 도착시간보다 5분 이상 초과하지 않고 도착한 경우를 추천하고 있다.

정시성을 저해하는 요인들로는 운영계획 및 관리문제, 시스템 고장, 자연재해와 같은 일차적 원인과 이차적 원인(이미 발생된 지연의 결과에 의한 원인)에 의한 지연으로 구분할 수 있다. 이 중에서 시스템 고장에 의한 서비스 지연은 중요한 서비스 지연 요인 중 하나이기 때문에 정시성을 만족하기 위해서는 높은 신뢰성을 가진 철도시스템의 획득 및 운영이 필요하다.

이를 위해 본 연구에서는 정시성 요구조건이 ‘정시에 도착한 열차 회수/일정표에 예정된 서비스 회수’의 형태로 주어지고, 이를 만족하지 못한 경우에 패널티가 부과되는 경우에 시스템 서비스 신뢰도 목표를 산정하는 문제를 다룬다.

서비스 신뢰도를 나타내는 가장 일반적인 지표는 서비스 고장들 간 간격이며 본 논문에서는 표현의 간결성을 위해 간격의 단위를 거리 단위인 km로 통일하여 사용한다. 거리 단위를 시간 또는 기타 단위로 변환하는 것은 어렵지 않다. 따라서 본 논문에서는 MKBSF(Mean Kilometer Between Service Failures) 지표를 사용하여 신뢰도 목표를 설정한다. MKBSF 목표값을 설정할 때 먼저 서비스 고장을 정의해야 하는데 이 때 열차가 정시에 도착하지 못하게 만드는 사건들을 일으키는 고장을 서비스 고장으로 정의해야 한다. 일반적으로 다음과 같은 상황을 야기하는 시스템의 고장을 서비스 고장으로 정의할 수 있다.

- 정의된 시간 이상의 서비스 지연
- 서비스로부터의 열차의 회수
- 열차의 서비스 투입이 허용되지 않음

위의 “정의된 시간 이상의 서비스 지연”에서 “정의된 시간”은 운영환경에 따라 달리 정의된다. UIC Code 450-2에서 추천하는 기준은 5분 이상의 서비스 지연이다. 신뢰도 목표를 설정하는 방법은 시스템의 운영 상황과 목표 설정 기준에 따라 달라진다. 본 연구에서는 철도시스템은 차량시스템, 신호/통신 시스템, 전력시스템, 궤도시스템으로 이루어져 있다고 가정한다. 따라서 전체 철도시스템에 대한 MKBSF 목표값을 설정하고 차량시스템, 신호/통신 시스템, 전력시스템, 궤도시스템에 대해 MKBSF 목표값을 할당한다. 구체적인 문제의 상황 및 가정은 다음과 같다.

< 가정 >

- (1) 정시성 요구조건은 ‘(정시에 도착한 열차 회수)/(일정표에 예정된 열차 서비스 회수)’의 비율로 주어진다.
- (2) 정시 도착 기준은 모든 열차 서비스에 대해 일정하며 알려져 있다.
- (3) 정시성 요구조건을 충족하지 못한 해당연도에는 패널티가 부과된다.
- (4) 철도 서비스 운영연수는 알려져 있다.
- (5) 시스템의 고장 및 서비스 지연을 일으킬 수 있는 사건은 포아송 과정을 따른다.

위의 가정(2)에서 정시도착 기준은 정시성 요구조건 값과 함께 주어진다. 가정(5)에서는 철도시스템의 서비스 지연 사건 및 고장은 포아송 과정을 따른다. 철도시스템과 같이 운영 단계에서 수리 및 오버홀이 이루어지는 복잡한 시스템에 대한 전형적인 고장분포는 지수분포이다.[8] 또한 시스템의 신뢰성 요구사항의 설정 및 검증 단계에서는 지수분포 이외의 분포를 가정하면 요구조건의 설정 및 검증이 매우 어렵기 때문에 복잡하고 대규모 시스템의 신뢰성 요구사항의 설정을 위한 고장모형으로는 지수분포가 널리 사용된다.[6]

본 연구에서는 위와 같은 상황에서 주어진 정시성 요구조건 값을 만족하기 위해 전체 철도시스템에 대한 MKBSF 목표값을 설정하고 차량시스템, 신호/통신 시스템, 전력시스템, 궤도시스템에 대해 MKBSF 목표값을 할당한다. 본 논문에서 사용되는 기호는 다음과 같다.

< 기 호 >

- PR : 정시성 요구조건 값
- P_s : 하나의 서비스 운행기간 동안 일차적 원인에 의한 열차의 서비스 지연 사건이 발생하지 않을 확률
- N_s : 연간서비스공급회수
- D_s : 1회 서비스의 운행거리
- P_a : 이차적 원인에 의한 서비스 지연 비율
- T_o : 철도서비스 운영연수
- P_m : 연간 패널티 부과 확률
- β : 일차적 원인에 의한 서비스 지연 중 철도시스템 고장으로 인한 지연 비율
- $\theta(i)$: 철도시스템의 고장에 의한 서비스 지연 중 하위 시스템 i 의 원인에 의한 서비스 지연 비율 ($i=1$: 차량, 2: 신호/통신, 3: 전력공급, 4: 궤도)
- Y_1 : 일차, 이차적 원인에 의한 열차의 연간 정시 미 도착 회수
- Y_2 : 일차적 원인에 의한 열차의 연간 정시 미 도착 회수
- Y_{T_o} : 철도서비스 운영기간 동안 패널티 부과 회수
- $MKBSD$: 일차적 원인에 의한 서비스 지연 사건들의 평균 간격 (단위: km)
- $MKBSF_{sys}$: 철도시스템의 고장 및 결함에 의한 서비스 고장들의 평균 간격 (단위: km)
- $MKBSF(i)$: 하위 시스템(i)의 평균 서비스 고장 간격 (단위 Km) ($i=1$: 차량, 2: 신호/통신, 3: 전력공급, 4: 궤도)

2.2 신뢰도 목표값 산정 절차 및 모형

철도시스템의 $MKBSF_{sys}$ 목표값에 따라 철도시스템의 운영연수(T_O) 동안 패널티 부과 회수(Y_{TO})는 달라진다. 따라서 신뢰도 목표값 산정 절차는 패널티 부과 회수의 기대값을 계산하고 그 기대값을 적정한 값 이하로 만드는 $MKBSF_{sys}$ 를 철도시스템의 $MKBSF_{sys}$ 목표값으로 설정한다. 설정된 $MKBSF_{sys}$ 목표값은 $\theta(i)$ 비율에 의거하여 각 하위시스템으로 $MKBSF(i)$ 목표값으로 할당한다.

따라서 총 철도시스템의 운영연수(T_O) 동안 패널티 부과 회수(Y_{TO})의 기대값을 계산하여야 한다. 가정(5)에 의해 Y_{TO} 는 모수가 T_O, P_m 인 이항분포를 따르므로 그 기대값은

$$E\{Y_{TO}\} = T_O \cdot P_m \quad (1)$$

이 된다.

정시성 요구조건 값(PR)은 '정시에 도착한 열차 회수/일 정표에 예정된 열차 서비스 회수'의 형태로 주어졌기 때문에 일차, 이차적 원인에 의한 열차의 연간 정시 미도착 회수(Y_1)가 $(1-PR) \times N_S$ 보다 클 경우에는 패널티를 부과하여야 한다.

본 연구에서는 이차적 원인 즉 이미 발생된 지연의 결과에 의한 지연은 일차적 원인에 의한 지연의 일정비율만큼 지연되며 그 비율은 알려져 있다고 가정한다.

따라서 $Y_1 = Y_2(1+P_a)$ 이므로 연간 패널티 부과 확률 (P_m)은 다음과 같이 계산된다

$$P_m = Pr\{Y_1 > N_S \cdot (1-PR)\} = Pr\left\{Y_2 > \frac{N_S \cdot (1-PR)}{1+P_a}\right\} \quad (2)$$

이 때

$Y_2 \sim B(N_S, 1 - P_s)$ 이므로

$$P_m = \sum_{x=0}^{\left\lceil \frac{N_S \cdot (1-PR)}{1+P_a} \right\rceil} \binom{N_S}{x} (1-P_s)^x P_s^{N_S-x} \quad (3)$$

[x]는 x를 넘지 않는 가장 큰 정수

이 된다.

하나의 서비스 운행기간 동안 일차적 원인에 의한 열차의 서비스 지연 사건이 발생하지 않을 확률(P_s)에 대한 목표값에 대해 가정 (5)에 의해 지수분포의 신뢰도 함수를 적용하면

$$P_s = \exp\left(-\frac{D_s}{MKBSD}\right) \quad (4)$$

이 된다.

이 때 식(4)의 $D_s/MKBSD$ 는 하나의 서비스 운행기간 동안 일차적 원인에 의한 열차의 서비스 지연 사건의 평균 발생 개수를 의미한다. 식(4)를 역 변환하면 식(5)와 같이 $MKBSD$ 가 계산된다.

$$MKBSD = -\frac{D_s}{\ln(P_s)} \quad (5)$$

또한 본 연구에서는 최초의 서비스 지연을 일으키는 일차적 원인 중 철도시스템의 고장 또는 결함에 의한 지연 비

율(β)은 알려져 있다고 가정한다

이 때 가정(5) 의하여

$$MKBSF_{sys} = \frac{MKBSD}{\beta} \quad (6)$$

이 된다.

위와 같은 절차에 따라 철도시스템의 $MKBSF_{sys}$ 에 따른 철도시스템의 운영연수 동안의 패널티 부과 회수의 기대값이 계산된다. 따라서 철도시스템의 $MKBSF_{sys}$ 후보값들 중 수락 가능한 패널티 부과 회수를 만드는 $MKBSF_{sys}$ 를 철도시스템의 서비스 신뢰도 목표로 설정할 수 있다. 이 때 수락 가능한 패널티 부과 회수는 패널티의 정도 및 시스템의 획득비용 등에 따라 달라지며 주관적인 의사결정 방법이 적용될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이에 대해서는 다루지 않는다.

철도시스템의 $MKBSF_{sys}$ 목표값이 설정되면 하위 시스템의 $MKBSF(i)$ 목표값을 할당한다. 본 연구에서는 서비스고장을 일으키는 철도시스템의 고장 중 각 하위시스템 즉 차량시스템, 신호/통신 시스템, 전력시스템, 궤도시스템에 의한 서비스 고장 비율은 일정하고 알려져 있다고 가정한다.

따라서

$$MKBSF(i) = \frac{MKBSF_{sys}}{\theta(i)}, \sum_{i=1}^4 \theta(i) = 1 \quad (7)$$

이 된다.

위에서 설명한 철도시스템 서비스 신뢰도 목표 설정 방법을 단계적 절차로 정리하면 다음과 같다.

단계 1) 정시도착 확률 목표값을 산정한다.

- 1.1) 정시도착 확률 목표에 대한 후보값을 설정한다. 이 후보값들은 정시성 요구조건보다 큰 값이어야 한다.
- 1.2) 정시도착 확률 목표 후보값별로 벌금부과 확률 및 벌금부과 회수의 기대값을 식(1), (2)에 따라 계산한다.
- 1.3) 1.1)에서 설정한 후보값들에 대해 벌금 부과 확률이 적정한 정시도착 확률 후보값을 정시도착 확률 목표값으로 선정한다.

단계 2) 철도시스템 서비스 신뢰도 목표값을 산정한다.

- 2.1) 선정된 정시도착 확률 목표값에 대한 모든 원인에 대한 평균 서비스 고장 간격을 식(5)에 따라 계산한다.
- 2.2) 전체 정시 미도착 사건에 대해 기술적 (시스템) 원인에 의한 정시 미도착 비율을 과거 운행 경험에 의해 결정한다.
- 2.3) 기술적 (시스템) 원인 평균 서비스 고장 간격을 식 (6)에 의해 계산한다.

단계 3) 철도시스템 서비스 신뢰도 목표값을 서브 시스템별로 할당한다.

- 3.1) 기술적(시스템) 원인에 의한 정시 미도착 사건에 대해 각 서브 시스템별 고장원인에 의한 정시 미도착 비율을 과거 운행 경험에 의해 결정한다.
- 3.2) 각 서브 시스템별로 평균 서비스 고장 간격을 식 (7)을 사용하여 할당한다.

3. 수치예제

본 논문에서 제시한 신뢰도 목표값 선정 방법의 이해를 돕기 위해 하나의 수치예제를 제시한다. 수치예제의 기본 상황은 $PR=0.95$, $N_S=40000$, $D_S=450\text{km}$, $P_a=0.2$, $T_O=30\text{년}$, $\beta=0.2$, $\theta(1)=0.5$, $\theta(2)=0.3$, $\theta(3)=0.1$, $\theta(4)=0.1$ 으로 가정한다.

이 때 가정(3)에 따라 총 서비스 지연 회수, Y_1 이 $2000[(1-PR)\times N_S]$ 보다 큰 연도에는 패널티를 부과해야 하며 이는 $P_a=0.2$ 이므로 Y_2 가 1666보다 작거나 같아야만 패널티를 내지 않음을 의미한다. 따라서 식(2)에 따라 P_s 의 값에 따른 P_m 값을 구하고 식(1)에 따라 30년동안 패널티 부과회수의 기대값을 구해보면 Table 1과 같다.

Table 1의 결과에서 30년동안 패널티 부과회수의 기대값을 보고, 적합한 P_s 의 목표값을 선정한다. 앞 장에서 언급한 바와 같이 적절한 패널티 부과 회수의 결정은 패널티의 정도 및 시스템의 획득비용 등에 따라 달라진다. 본 예제에서는 30년간 패널티 부과 회수의 기대값이 2회 이하가 되는 P_s 값을 선정하면 0.960 이상의 값이 목표값의 대상이 된다. 이 때 P_s 값이 0.962가 되면 30년간 패널티 부과 회수의 기대값은 충분히 작은 값이므로 P_s 값이 0.960, 0.961, 0.962 세 값을 대상으로 $MKBSD$ 와 $MKBSF_{sys}$ 를 식(5)와 식(6)에 따라 구해보면 Table 2와 같다.

Table 2의 세 목표값 대안에 대하여 식(7)에 따라 하위시

Table 1 The expected number of years when the penalty is imposed

P_s	P_m	$E\{Y_{TO}\}$
0.950	1.0000	30.0000
0.951	1.0000	30.0000
0.952	1.0000	30.0000
0.953	1.0000	30.0000
0.954	1.0000	29.9996
0.955	0.9994	29.9830
0.956	0.9891	29.6743
0.957	0.9068	27.2050
0.958	0.6305	18.9145
0.959	0.2513	7.5395
0.960	0.0456	1.3666
0.961	0.0032	0.0964
0.962	0.0001	0.0024

Table 2 $MKBSD$ and $MKBSF_{sys}$ (unit: km)

P_s	$MKBSD$	$MKBSF_{sys}$
0.960	11023.47	55117.35
0.961	11311.97	56559.85
0.962	11615.65	58078.27

스템으로 목표값을 할당하면 Table 3과 같다. Table 2와 Table 3과 같이 철도시스템 및 하위시스템의 신뢰도 목표값에 따라 총 운영기간동안 패널티 부과 회수의 기대값이 계산되면 시스템의 개발 가능성 및 획득비용과 패널티 부과 정도 등을 고려하여 철도시스템과 하위시스템의 최종 신뢰도 목표값을 설정한다. Table 3에서 각 하위시스템 별 서비스 신뢰도 단위는 모두 거리(km) 단위로 주어졌다. 하지만 앞에서 기술한대로 거리 단위를 시간 단위로 변환하는 것은 기준 임무 운영 환경이 정의되면 어렵지 않게 변환할 수 있다.

Table 3 The results of $MKBSF_{sys}$ allocation to sub-systems (unit: km)

P_s	$MKBSF_{sys}$	$MKBSF(1)$	$MKBSF(2)$	$MKBSF(3)$	$MKBSF(4)$
0.960	55118	110235	183725	551174	551174
0.961	56560	113120	188533	565599	565599
0.962	58079	116157	193595	580783	580783

4. 결 론

우수한 철도서비스 공급을 위해서 정량화하고 측정 가능한 철도서비스 품질 인자들에 대해서는 그 목표치를 세우고 그 값을 달성하도록 관리해 나가는 것이 필요하다. 본 연구에서는 대표적인 철도서비스 품질 인자인 정시성의 목표값이 운영 요구조건으로 주어지고 이를 달성하지 못한 해당연도에는 철도운영자에게 패널티가 부과되는 상황에서 철도시스템의 신뢰도 목표값을 설정하는 문제를 다루었다.

철도서비스의 정시성에 영향을 주는 요소들 중 시스템의 고장은 서비스의 정시성을 저해하는 중요한 요소들 중 하나이다. 즉 철도시스템의 신뢰도에 따라 총 운영기간동안 패널티 부과 회수가 달라진다. 따라서 철도운영자는 이를 고려하여 철도시스템 및 하위시스템에 대해 신뢰도 목표값을 설정할 필요가 있다.

본 연구에서는 철도시스템 및 하위시스템의 서비스 고장 간 거리에 따라 연간 패널티 부과 확률 및 철도시스템의 운영연수 동안 패널티 부과 회수를 산출하는 계산식을 제안하였다. 이를 통해 철도운영자는 수락 가능한 패널티 부과 회수를 만드는 서비스 고장 간 거리를 철도시스템의 서비스 신뢰도 목표로 설정할 수 있다.

본 연구에서 다루는 문제 환경의 가장 일반적인 형태는 새로운 철도노선이 민자사업으로 건설되고 운영되는 경우이다. 하지만 대부분의 철도 운영 환경에서도 정시성은 중요한 목표이며 이를 달성하기 위해서 철도시스템의 신뢰도 확보는 필수적이다. 이와 같이 본 연구의 결과는 정시성 요구조건이 주어진 민자사업의 경우에는 성공적인 민자 철도 사업 수주 및 운영을 하는데 유용하게 적용될 것으로 기대된다. 또한 운영기관의 관점에서 철도서비스 품질에 대한 정량적인 목표를 수립하고 이를 관리하고자 할 때에도 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원의 주요사업에 의해 지원되었습니다. 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] D.V. Petkar (1980, Setting up reliability goals for system, *Reliability Engineering*, 1(1), pp 43-48.
- [2] J.P. Rooney (1983) Setting reliability goals for PROCEDD control instrumentation, *Control Engineering*, 30(2), pp. 94-96.
- [3] S. Carlier, M. Coindoz, L. Denuville, L. Garbellini, A. Altavilla (1996), Evaluation of reliability, availability, maintainability and safety requirements for manned space vehicles with extended on-orbit stay time, *Acta Astronautica*, 38(2), pp. 115-123.
- [4] P.H. Tetry, F. Deneu, L. Simonotti (1997) RAMS approach for reusable launch vehicle advanced studies, *Acta Astronautica*, 41(11), pp. 791-797.
- [5] H.G. Lee, J.H. Choi (2000) A study on the RAM Object Values, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, 3(1), pp. 220-230.
- [6] I.S Chung, K.W. Lee, J.W. Kim (2008) Study on setting the quantitative RAM goals for rolling stock, *Journal of the Korean Society for Railway*, 11(4), pp. 390-397.
- [7] UIC Code 450-2 (2009) Assessment of the performance of the network related to rail traffic operation for the purpose of quality analyses – delay coding and delay cause attribution process
- [8] Z. Vintr, R. Holub (2001) R&M requirements allocation in upgrading a system, *Reliability and Maintainability Symposium Annual Proceedings*, pp. 258-263.

접수일(2010년 9월 27일), 수정일(2010년 11월 17일),
게재확정일(2010년 12월 8일)