

■ 論 文 ■

# 영상검지기 교정주기 설정방안

## Video Image Detector Calibration Period Decision

**이 청 원**

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

**백 남 철**

(한국건설기술연구원 첨단도로시스템연구센터 선임연구원)

**송 영 화**

(서울시립대학교 교통공학과 석사과정)

**장 진 환**

(한국건설기술연구원 첨단도로시스템연구센터 연구원)

### 목 차

- I. 서론
- II. 기존문헌 고찰
- III. 교정주기 산정 방법론
  - 1. 임계치(Tolerance)개념 활용방안
  - 2. 비용최소화(Disuility Minimization) 방안
- IV. 현장자료 수집방안
  - 1. 기준장비 구성
  - 2. 현장조사 절차
  - 3. 평가지표
- V. 수집자료 분석 및 교정주기 산정
  - 1. 조사자료 개요
  - 2. 설치방향별 정확도 분석
  - 3. 차로이격수별 정확도 분석
  - 4. 교통류 특성별 정확도 분석
  - 5. 교정주기 산정
- VI. 적정 교정주기(안) 제시
- VII. 결론
- 참고문헌

Key Words : 영상검지기, 교정주기, 유지관리, MAPE, ITS.

### 요 약

각종 환경적, 기술적 요인으로 인하여 영상검지기는 사용연한에 따라 정확도는 감소하기 마련인데 변화정도에 대해서 체계적으로 연구된 바가 없다. 영상검지기의 정확도를 적정수준으로 유지하기 위해서는 교정작업이 필수적이지만 예산적, 제도적 문제로 인해 엄밀한 교정이 실시되지 못해 양질의 교통관리에 제약으로 작용하고 있다. 본 연구는 실제 현장에서 쓰이고 있는 영상검지기들을 대상으로 정확도 검사방안을 개발하였고, 현장 조사를 통해 수집된 자료를 기반으로 최적 교정주기 설정방안을 개발하였다. 이는 정보의 질을 중시하는 ITS센터의 유지관리업무와 연계하여 정책적으로도 활용될 수 있을 것이다.

The accuracy of a video image detector(VID) is gradually reduced due to the various environmental and mechanical factors. But there has been no systematic research about this VID accuracy decreasing. To maintain a proper level of VID accuracy for the advanced traffic management, a regular VID calibration process needs to be introduced. Because of its cost, however, the calibration cannot be performed frequently. Therefore, the method to decide the optimal calibration interval should be studied in details. This study presents two different calibration interval decision methods. Using the invented data collection equipment, some data in the field were collected and analyzed, which were used for the adaptability checking. Although the data were limited, the result is pretty promising. More data needs to be investigated later and this study will help to maintain the data quality of the ITS center.

### I. 서론

매년 지속적으로 설치되고 있는 영상검지기는 각종 환경요인으로 인하여 정확도의 변화가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 변화정도에 대해서는 체계적으로 연구된 바가 없다. 따라서, 준공이후에는 고비용이 드는 엄밀한 교정은 실시되고 있지 못해 양질의 교통관리에 제약으로 작용하고 있다.

본 연구는 영상검지기의 사용연한에 따른 속도 정확도의 변화를 실제 현장에 쓰이고 있는 검지기를 대상으로 정확도 검사방안을 개발하였고 실제 조사를 수행하였으며 이 자료를 기반으로 한 최적 교정주기 설정방안을 개발 및 산정결과를 제시하였다. 이는 정보의 질을 중시하는 ITS센터의 유지관리업무와 연계하여 정책적으로도 활용될 수 있을 것이다.

### II. 기존문헌 고찰

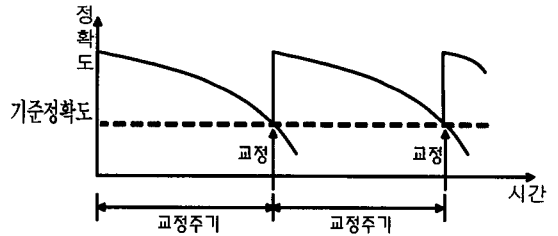
영상검지기의 교정주기 산정과 관련된 연구는 많지 않다. 타분야의 교정주기를 살펴보면 Schanne(2001)는 인공위성의 각 부품별로 교정주기는 36시간에서 21일로 다양하게 제시하였으며 Vijayaraghavan(2000)는 비행기의 각 부품별로 교정주기를 주간, 월간, 연간으로 구분하였다.

국내의 대표적인 교정인정기구인 산업자원부 기술표준원의 한국교정시험인정기구 역시 다양한 장비에 대해 교정주기나 교정항목, 교정방법 등에 대해 제시하고 있다. 그러나, 국·내외 모두 공통적으로 교정주기 산정의 근거는 명확하지 않은 실정으로 장비의 운영 목적과 환경 및 사용빈도 등을 감안하여 과학적이고 합리적인 기준을 자체적으로 설정하여 사용하는 것을 권장하고 있다.

### III. 교정주기 산정 방법론

#### 1. 임계치(Tolerance)개념 활용방안

유지관리가 이루어지지 않는 대부분의 장비는 시간에 따라 성능이 점진적으로 감소할 것이 필연적일 것이다. 따라서, 동일한 장비에 대해 장기간 성능수준을 조사하고 자료를 축적한다면 시간에 따른 장비의 정확도를 기록할 수 있을 것이고 그 추세를 파악하여 추후 정



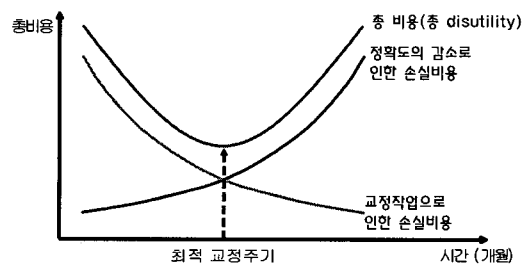
〈그림 1〉 임계치 활용방안에 따른 교정주기 산정 개념도

확도 변화 예측시 활용할 수 있을 것이다. 이와 같은 개념을 활용하면 〈그림 1〉과 같이 ITS장비의 시간-정확도 관계를 장기간 기록한 후 정확도가 일정수준 이하로 떨어지는 시기를 파악하여 적정교정주기를 산정할 수 있게 된다.

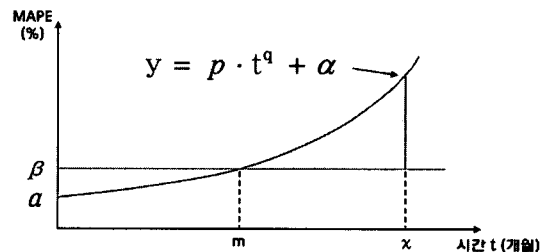
#### 2. 비용최소화(Disutility Minimization) 방안

영상검지기의 정확도 유지를 위하여 교정작업을 실시하는데, 그 주기가 적정주기보다 길게 산정되면, 원하는 정확도를 유지할 수 없을 것이고 그 주기가 적정주기보다 짧게 산정되면, 빈번한 교정작업으로 인한 비용증가와 작업으로 인해 필연적으로 발생하는 운영시간의 중단으로 인해 손실이 발생할 것이다.

따라서 적정 교정주기는 〈그림 2〉와 같이 정확도 감소로 인해 발생하는 손실과 교정작업으로 인해 발생하



〈그림 2〉 비용최소화 방안에 따른 최적교정주기 산출 모형



〈그림 3〉 정확도 감소로 인한 disutility의 변화

는 손실의 총합이 최소가 되는 점을 적정 교정주기로 산정할 수 있다.

만약 시간에 따른 정확도 감소함수가 거듭제곱함수를 따르고 준공 당시의 최초 오차를  $\alpha$ , 운영을 위한 최소요구 정확도를  $\beta$ 라 한다면 <그림 3>과 같이 표현된다. 이 때 시간  $t$ 에 대한 정확도 감소함수는  $y = p \cdot t^q + \alpha$ 라 표현할 수 있다. 또한 정확도 감소곡선이  $\beta$ 보다 위에 있게 되는 순간 정확도 감소로 인해 손실이 발생하게 되며 이 때, 정확도 감소곡선의 아랫부분과 최소요구 정확도의 윗부분의 빗금친 영역이 정확도 감소로 인한 손실, 즉 disutility가 되며 disutility를 비용으로 환산해주는 factor  $\gamma$ 를 곱해주면 정확도 감소로 인한 손실비용을 구할 수 있게 된다.

- $\alpha$  : 준공 당시 장비의(최초) MAPE
- $\beta$  : 준공 기준 또는 최소요구 MAPE
- $t$  : 시간(개월)
- $x$  : 교정주기( $0 \leq x \leq T$ )
- $m$  :  $y = f(m) = \beta$ 를 만족하는 값
- $C$  : 1회 점·교정 비용
- $\gamma$  : disutility를 비용으로 환산하는 factor
- $p, q$  : 특정 장비의 정확도 감소를 표현하는 상수
- $T$  : 검지기 교체주기
- $\frac{T}{x}$  : 점·교정 횟수

정확도 감소로 인한 손실비용

$$= \gamma \cdot T \int_m^x (pt^q + \alpha - \beta) dt \quad (1)$$

교정작업으로 인한 손실비용

$$= \frac{T}{x} \cdot C \quad (2)$$

총 손실비용 ( $T_c$ )

$$= \gamma \cdot T \int_m^x (pt^q + \alpha - \beta) dt + \frac{T}{x} \cdot C \quad (3)$$

$\frac{dT_c}{dx} = 0$  일때의  $x$ 가 최적점검주기이므로

최적점검주기  $x$ 는 다음과 같이 표현된다.

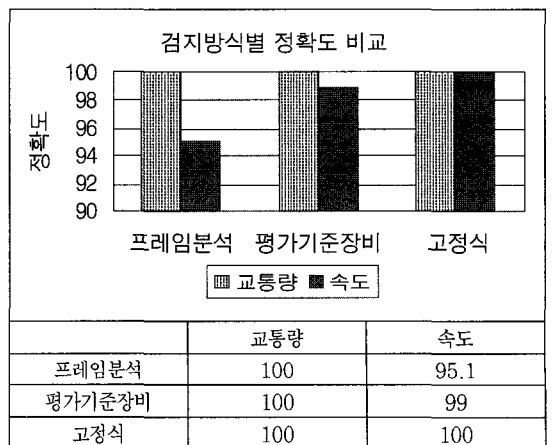
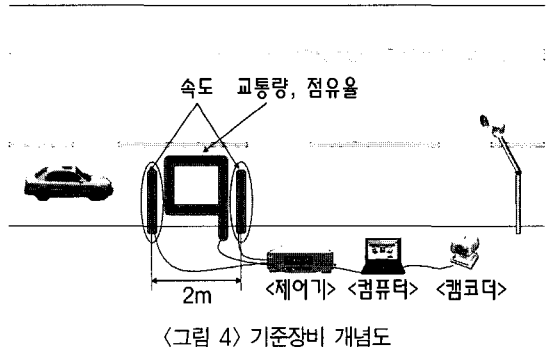
$$x = \sqrt{\frac{C}{\gamma(pt^q + \alpha - \beta)}} \quad (4)$$

## IV. 현장자료 수집방안

### 1. 기준장비 구성

현재 운영중인 영상검지기의 성능수준을 파악하기 위한 평가기준장비는 한국건설기술연구원이 개발한 장비로 하나의 Loop와 Loop전·후에 하나씩 총 두개의 Tape Switch로 구성되어 있다.

조사에 앞서 평가기준장비를 검증하기 위해 곤지암 무인센터의 고정식 검지기와, 프레임 분석, 이동식 평가기준장비의 검지방식별 정확도 비교를 살펴보면 곤지암 무인센터, 프레임분석, 이동식 평가기준장비 모두 교통량의 경우 100%의 정확도를 나타내고 속도의 경우 고정식 장비의 정확도를 100%로 하였을 경우 평가기준장비가 프레임분석보다 높은 정확도를 나타내는 것으로 파악되었다.



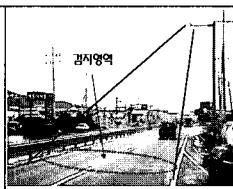
이동식 평가기준장비는 정확도 수준이 매우 높을 뿐만 아니라 설치 및 자료 수집이 간단하여 그 활용성이 매우 높다고 판단되며 본 연구의 진행하기 위한 조사 기준장비로 적합한 것으로 볼 수 있다.

### 2. 현장조사 절차

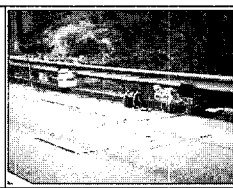
성능수준을 파악하기 위한 조사는 <그림 6>과 같은 순서로 진행되며 조사 수행시 항상 안전에 유의하여야 한다. 특히 곡선부나 경사가 있는 구간과 같이 시거가 충분히 확보되지 않는 경우에는 안전장비를 충분히 설치하여 조사 수행에 있어 안전을 확보할 수 있도록 하여야 한다.

조사 중에는 기준장비가 교통자료를 정확하게 수집

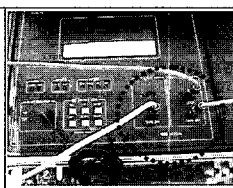
#### ① 조사지점 설정

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가급적 직선부나 길어깨의 여유가 있는 지점 선정</li> <li>· 영상검지기의 검지영역에 이동식 기준 장비를 설치함</li> </ul>	
---	--

#### ② 검지기 설치

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 안전을 위한 차로 통제후 Loop가 정상작형을 유지할 수 있도록 설치함</li> <li>· Loop양옆으로 Tape Switch를 2m 간격으로 설치함</li> </ul>	
--	---

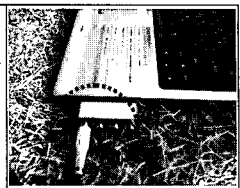
#### ③ 검지와 제어기 연결

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2개의 Tape Switch중 진입은 Ch A에, 진출은 Ch B에 연결함</li> <li>· 각 램프에 초록색의 불이 들어오면 연결이 완료됨</li> </ul>	
---	---

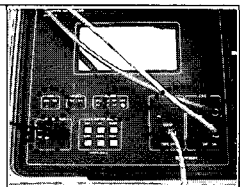
#### ④ 제어기와 노트북 연결

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블을 제어기의 Monitor Port와 노트북의 USB Port에 연결함</li> <li>· 램프에 초록색 불이 들어오면 연결이 완료됨</li> </ul>	
---	---

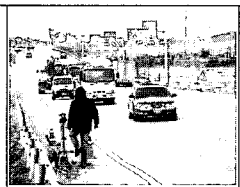
#### ⑤ 캠코더 설치 및 셋팅

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사후분석을 위해 노트북의 확장 슬롯과 캠코더 측면의 연결단자에 케이블을 연결함</li> <li>· 캠코더를 검지영역에 맞추어 전방 10m정도 지점에 설치함</li> </ul>	
--	---

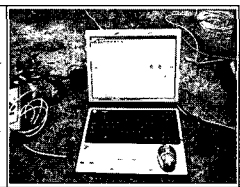
#### ⑥ 연결상태 확인

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 자료수집에 앞서 케이블이 적절하게 연결되었는지 확인함</li> <li>· 연결에 이상이 없을 경우, 램프에 초록색 불이 들어옴</li> </ul>	
--	---

#### ⑦ 자료수집

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수집프로그램 실행후 캠코더의 영상이 인식되는지 확인함</li> <li>· 검수시작 버튼을 클릭함과 동시에 자료수집이 시작됨</li> </ul>	
--	---

#### ⑧ 수집(프로그램) 종료 및 기준장비 철거

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 분석을 위한 충분한 자료가 수집된 경우 검수종료 버튼을 클릭하여 수집을 중단함</li> <li>· 수집자료 확인 후 프로그램을 종료함</li> </ul>	
--	---

<그림 6> 자료수집 절차

하고 있는지를 실시간으로 확인해야 하는데 부득이하게 교량이나 지방도로와 같이 길어깨폭이 좁은 지점에서 조사를 실시할 경우, 주행차선에서 최대한 멀리 떨어져 장비를 설치하고 노트북을 주행차선을 마주보고 설치하여 차량의 주행상태와 자료수집이 정확하게 이루어지고 있는지를 동시에 확인하는 것이 바람직하다.

### 3. 평가지표

본 연구에서는 평이하고 활용성이 높은 평균절대오차백분율(MAPE)을 평가지표로 선정하였으며 수집주는 활용성을 보다 강조하여 5분을 설정하였다. 평균절대오차백분율은 관측값이 기준값에 대해 어느 정도의 오차를 나타내는 지를 평가하는 지표로 개별 차량 또는

분석 시간 간격에 따른 오차백분율의 평균을 의미한다.

$$MAPE(\%) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I \frac{|Y_i - X_i|}{Y_i} \times 100 \quad (5)$$

여기서,  $i$  :  $i$ 번째 단위시간  
 $I$  : 얻어진 자료의 총 주기수  
 $Y_i$  :  $i$ 번째 단위시간에서의 기준자료 값  
 $X_i$  :  $i$ 번째 단위시간에서의 대상자료 값

현재 운영중인 검지기의 수준을 명확히 파악할 수 있는 적절한 평가방안을 산정하여 시간에 따른 검지기 성능수준을 지속적으로 기록한다면, 시간에 따른 성능 수준의 변화를 파악할 수 있을 것이다.

## V. 수집자료 분석 및 교정주기 산정

### 1. 조사자료 개요

시간에 따른 영상검지기의 정확도 감소 추이를 분석하기 위해 <표 1>과 같이 현장조사를 실시하였다.

분석에 앞서, 현장조사를 통해 수집된 결과를 정리하면 <표 2>와 같고, 1998년부터 2003년까지 각 연도별로 3개 장비씩 15개지점에 대한 성능수준을 조사하였으나, 자료수집중 오차가 발생하였거나, 빈번한 차선변경으로 인해 수집자료의 신뢰성이 떨어지는 경우, 센터에서 영상검지기의 자료를 획득하지 못한 경우 등을 제외하면 분석대상으로 8개지점의 자료를 활용할 수 있게 된다.

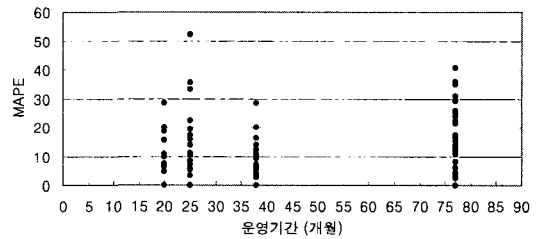
<표 1> 조사 개요

항목	내용	비고
조사기간	2005년 2월(20일간)	
조사대상장비	1998, 1999, 2001, 2002, 2003년	연도별로 3개 장비
조사인원	5인	현장 4인, 센터 1인
평가기준장비 자료	1 Loop+ 2 Tape Switch	현장 수집
평가대상장비 자료	운영중인 영상검지기	센터 수집
자료수집방안	양방향 1개차로 30분씩	정방향, 부방향
평가항목	교통량, 속도	
분석단위	5분	
평가지표	MAPE	

<표 2> 조사자료 결과 요약

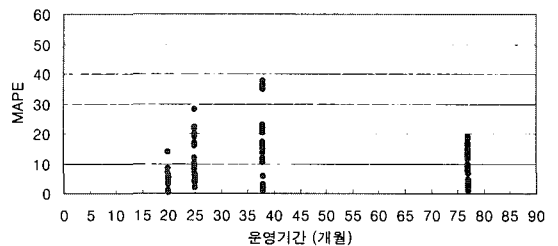
설치년월 (운영기간)	장비 ID	교통량	속도	교정 여부
1998. 8 (77개월)	VD-98001 상행	17.81	13.71	교정 1회 실시
	VD-98001 하행	10.10	3.21	
	VD-98002 상행	2.68	3.48	
	VD-98002 하행	15.77	12.60	
	VD-98003 상행	27.31	11.04	
	VD-98003 하행	4.55	17.62	
평균		13.04	10.28	
2001.11 (35개월)	VD-01001 상행	5.02	2.44	교정 미실시
	VD-01001 하행	8.55	12.97	
	VD-01002 상행	3.97	36.24	
	VD-01002 하행	13.41	19.33	
평균		7.74	17.75	
2002.12 (25개월)	VD-02001 상행	9.08	4.67	교정 미실시
	VD-02001 하행	21.99	13.86	
	VD-02002 상행	14.66	20.16	
	VD-02002 하행	5.95	6.75	
평균		12.92	11.36	
2003. 5 (20개월)	VD-03001 상행	7.11	4.49	교정 미실시
	VD-03001 하행	15.19	6.06	
평균		11.15	5.28	

교통량의 MAPE



<그림 7> 전체 조사자료의 교통량의 MAPE

속도의 MAPE



<그림 8> 전체 조사자료의 속도의 MAPE

### 2. 설치방향별 정확도 분석

영상검지기의 검지영역의 방향이 차량의 전방을 마주보고 있으면, 정방향이라 하고 차량 후미를 보게 되

〈표 3〉 분석 대상자료의 설치방향별 MAPE

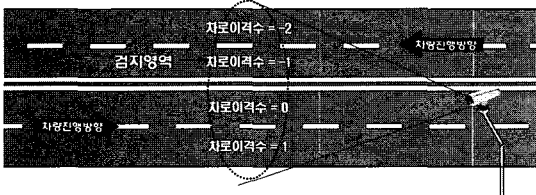
구분		1998년 (77개월)	2001년 (38개월)	2002년 (25개월)	2003년 (20개월)	평균
정 방 향	교통량	5.78	4.5	7.51	7.11	6.22
	속도	8.11	19.34	5.72	4.49	9.41
부 방 향	교통량	20.30	17.44	18.32	15.19	17.81
	속도	12.45	14.88	17.01	6.06	12.60

는 경우를 부방향이라 할때, 〈표 3〉에서 나타나듯이 부 방향으로 설치되어 있는 경우보다는 정방향으로 설치되었을 때 정확도가 더 높은 것으로 분석되었다. 이는 영상검지기의 검지영상이 정방향일 때 굴곡이 없어 보다 명확하며 차량간 gap의 관측도 정방향이 유리하기 때문으로 판단된다.

### 3. 차로이격수별 정확도 분석

일반적으로 영상검지기는 설치위치로부터 멀리 떨어질수록 정확도가 떨어지는 것으로 알려져 있는데 검지기과 검지영역간의 거리에 따른 정확도를 검증하기 위해 차로이격수라는 용어를 도입하여 분석시 활용하였다.

여기서 차로이격수는 검지기과 검지영역간의 거리를 간단한 수치로 표현하기 위해 정의된 용어이다. 영상검지기의 설치지점의 수직방향의 차로를 0으로 하고, 정방향일 경우, 1차로당 1을 더하며 부방향일 경우, 1차로당 1을 감하여 〈그림 9〉와 같이 표현할 수 있다. 즉, 영상검지기의 설치방향이 정방향일경우는 차로이격수는 양수가 되며, 부방향일 경우 음수로 표현한다.



〈그림 9〉 차로이격수의 개념도

〈표 4〉 분석 대상자료의 차로이격수별 MAPE

구분		1998년 (77개월)	2001년 (38개월)	2002년 (25개월)	2003년 (20개월)	평균
차로 이 격 수 =0	교통량	13.37	4.5	7.51	7.11	8.77
	속도	5.91	19.34	5.71	4.49	8.82
차로 이 격 수 =-2	교통량	12.71	17.44	18.32	15.2	15.21
	속도	14.64	14.88	17	6.06	12.38

조사대상구간의 경우는, 전 구간이 왕복 4차로 (4Lane 2Way)이므로 차로이격수는 -2~+1의 범위의 값을 가지며 모든 영상검지기가 노측에 설치되어 있기 때문에 위에서 정의한 차로이격수는 -2와 0으로 표현된다.

먼저 예상했듯이 교통량, 속도에 대해 차로이격수가 0인 경우가 -2인 경우에 비해 더 높은 정확도를 갖는 것으로 조사되었고, 특히 교통량의 경우 차로이격수가 0인 경우는 각 MAPE의 평균값이 8.7인데 비해 차로이격수가 -2인 경우 15.2로 나타나 약 2배가량의 차이를 보였다.

### 4. 교통류 특성별 정확도 분석

교통류 특성에 대해 살펴보면 조사대상구간은 기본적으로 단속류이지만 조사지점 전·후로 교차로가 없어 연속류의 특성을 보이는 구간과 단속류의 특성을 보이는 구간에서의 검지기의 정확도를 비교해 보았다. 교통량의 경우 연속류보다 단속류에서 약간 더 높은 정확도를 보이는데 반해 속도의 경우는 그 반대로 연속류가 단속류에 보다 높은 정확도를 나타내고 있다. 다만, 비교를 위한 샘플수가 너무 적고 동일년도에 구축한 영상검지기의 비교자료가 하나밖에 없어 교통류 특성에 따라 성능 차이를 보인다고 단정할 수는 없다.

〈표 5〉 분석 대상자료의 교통류 특성별 MAPE

구분		1998년 (77개월)	2001년 (38개월)	2002년 (25개월)	2003년 (20개월)	평균
연 속 류	교통량	13.96	-	-	-	13.96
	속도	8.46	-	-	-	8.46
단 속 류	교통량	12.58	7.74	12.92	11.15	11.10
	속도	11.18	17.75	11.36	5.28	11.39

### 5. 교정주기 산정

#### 1) 임계치(Tolerance)개념 적용

추세파악을 위해 적용가능한 자료를 〈표 6〉과 같이 자료를 분류한 결과, 교통류 특성이나 도로기하구조에 따른 자료의 수는 충분하지 못하여 활용에 한계가 나타났다. 설치방향과 차로이격수는 모든 검지기가 노측에 설치되어 있고 기본적으로 정방향으로 설치되어 있으므로 설치방향과 차로이격수의 조사결과값은 동일하다.

〈표 6〉 정확도 감소 추이 분석을 위한 자료 분류

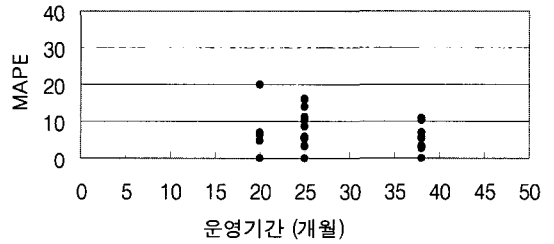
구분	지점수	자료수	내용
교통류 특성	단속류	5	구분 의미없음
	연속류	0	
도로 평면선형	직선부	4	구분 의미없음
	곡선부	1	
도로 종단선형	평지부	4	구분 의미없음
	경사부	1	
설치방향	정방향	5	구분가능
	부방향	5	
차로이격수	0	5	구분가능
	2	5	

〈표 7〉 Tolerance 개념 적용 자료

구축년도 (운영기간)	장비ID	수집시간	교통량의 MAPE	속도의 MAPE
2001 (38개월)	VD-01001	14:55	0	3.14
		15:00	0	1.90
		15:05	3.33	0.96
		15:10	10.34	5.77
		15:15	5.71	1.88
	15:20	10.71	1.00	
	VD-01002	12:50	5.41	36.26
		12:55	2.78	36.77
		13:00	2.7	36.62
		13:05	6.98	34.77
13:10		2.94	37.68	
13:15	3.03	35.36		
2002 (25개월)	VD-02001	12:00	3.45	6.79
		12:05	13.79	4.01
		12:10	0	3.58
		12:15	11.11	5.14
		12:20	10.34	2.00
	12:25	15.79	6.48	
	VD-02002	16:45	0	10.02
		16:50	0	6.42
		16:55	5.26	6.25
		17:00	5.88	5.34
17:05		16	8.18	
17:10	8.57	4.31		
2003 (20개월)	VD-03001	13:05	0	0.39
		13:10	20	6.88
		13:15	4.65	3.19
		13:20	4.65	5.91
		13:25	6.38	5.01
		13:30	6.98	5.54

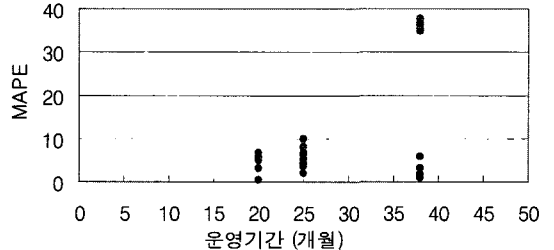
설치방향이나 차로이격수에 따른 조사자료는 동일하므로 분석시 차로이격수를 활용하고자 한다. 일반적으로 영상검지기는 정방향으로 설치·운영되고 자료수집이 혼잡이 없는 양호한 상태에서 이루어졌기 때문에 차

교통량의 MAPE



〈그림 10〉 정확도 감소 추이 분석을 위한 교통량의 MAPE 분포

속도의 MAPE



〈그림 11〉 정확도 감소 추이 분석을 위한 속도의 MAPE 분포

로이격수가 0일때를 기준으로 분석을 실시하였다. 다만, 양호한 조건에서 이루어지는 본 분석은 다소 보수적인 결과를 나타낼 것이다.

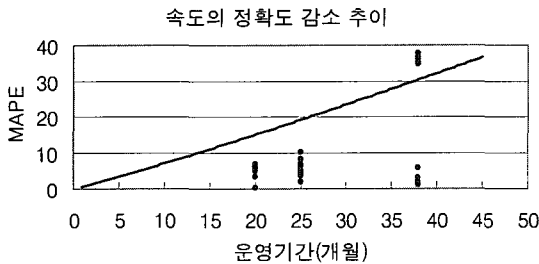
교통량의 MAPE분포를 살펴보면 시간이 증가함에도 불구하고 MAPE는 감소하고 있다. 이는 현재자료의 시간변수만으로 장비의 정확도 변화를 파악하기에는 다소 부족함이 있다 할 수 있으며, 이에 따라 데이터 수 증가를 통한 추가 연구의 진행이 필요할 것으로 판단된다. 다만, 일반적으로 설치 후 방치되는 장비의 오차율은 시간에 따라 증가한다고 할 수 있을 것으로, 교통량의 MAPE의 경우 이러한 가정에 벗어나는 분포를 보이고 있어, 본 연구에서 교통량의 MAPE에 대해서 추세분석을 실시하는 것은 바람직하지 않다.

속도의 MAPE는 〈그림 11〉과 같이 운영을 시작한 후 25개월까지의 영상검지기는 편차가 안정적인 분포를 보이고 있는데 반해 38개월 된 검지기는 그 편차가 상당히 심한 것을 알 수 있다. 조사자료가 충분하지 않아 단정할 수 없지만 장비의 운영기간이 길어질수록 장비간의 정확도 편차는 점점 증가하는 것으로 추정 가능할 것이다.

영상검지기의 속도자료에 대한 정확도 감소 추이는  $y=0.5562x^{1.1}$ 로 표현되며 〈그림 12〉와 같이 MAPE가 5%에 도달하기까지 약 7.4개월, 10%에는 약 14

〈표 8〉 특정 MAPE에 소요되는 시간

MAPE(%)	5	10	15	20
소요시간(개월)	7.4	13.8	20	26



〈그림 12〉 영상검지기 속도자료의 정확도 감소 추이

개월이 소요되는 것으로 나타났다.  $R^2$ 이 약 0.2로 다소 낮은 수치를 보이고 있으나, 이는 조사자료의 부족과 함께 시간 증가에 따라 heteroscedasticity의 발생에 기인한 것으로 판단되며 추후 조사자료의 수가 보강된다면, 해결될 것으로 판단되며 그에 따라 정확도 감소 추이 곡선은 변경될 수 있을 것이다.

2) 비용최소화(disutility minimization)방안 적용

본 연구에서는 〈표 9〉와 같이 일반국도의 AADT를 활용하여 1달동안의 교통량을 파악한 뒤, 차량의 탑승자와 승용차의 통행시간가치를 계산하여  $\gamma$ 값을 추정하였고 영상검지기 1대의 1회당 교정 비용은 50만원부터 200만원로 가정하여 주기산정에 활용한다. 이는 검지오차로 예기치 못하게 통행시간이 증가 혹은 감소하여 타용도로 쓰지 못함으로써 손실되는 기회비용을 화폐가치화하는 개념이다.

〈표 9〉  $\gamma$ 값의 추정

	내용	산출근거
①	일반국도의 AADT = 11,204대/일	2004년 통계연보
②	1달동안의 총 교통량 = $11,204 \times 30 \times 6 \div 24 = 84,030$ 대/월	혼잡발생이 하루에 6시간
③	승용차의 평균통행시간가치 = 9,697원/대·시	공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침 2004
④	1대의 검지기의 정확도가 1% 떨어졌을 때의 전체 차량의 통행시간 변동분 = 29.18시간	평균 20km/h속도로 700m를 주행 할때, 속도 1%의 오차
⑤	정보를 적극적으로 활용하는 비율 = 30%	
	환산 factor, $\gamma = 85,080$ 원	②×③×④×⑤

〈표 10〉 최소요구 MAPE가 10%일때의  $\gamma$ 와 C값에 따른 주기 설정의 예 (단위 : 개월)

$\gamma$ 의 증가분 C값의 증가분	$\gamma$ 의 증가분 (%)				
	기준 $\gamma$ 의 80%	기준 $\gamma$ 의 90%	기준 $\gamma$ 의 100%	기준 $\gamma$ 의 110%	기준 $\gamma$ 의 120%
50만원	13.87	13.87	13.86	13.86	13.86
75만원	13.90	13.89	13.88	13.88	13.87
100만원	13.92	13.91	13.90	13.90	13.89
125만원	13.94	13.93	13.92	13.91	13.91
150만원	13.97	13.95	13.94	13.93	13.92
175만원	13.99	13.97	13.96	13.95	13.94
200만원	14.01	13.99	13.98	13.96	13.95

따라서, 통행시간가치를 화폐가치로 적절하게 환산하는 것은 이용자들의 도로 정보에 대한 인식과 사회적 수준, 도로의 특성 등에 의해 좌우될 것이므로 추가의 연구 진행을 통해 보다 합리적인  $\gamma$ 값을 추정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

구축당시 최초 MAPE를 0%, 운영을 위한 최소요구 MAPE를 10%이라 가정하고, 위의 과정을 통해 산정된  $\gamma$ 와 C값을 활용한 주기설정한 결과 〈표 10〉과 같이 약 14개월 정도가 적정주기로 나타났다.

Ⅵ. 적정 교정주기(안) 제시

교정주기를 산정할 때에는 일률적으로 동일한 교정주기를 설정하는 것보다는 장비의 정확도가 운영 결과에 미치는 영향, 안정성, 사용목적, 환경조건, 사용빈도 등을 감안하여 조정하는 것이 타당할 것이다.

ITS장비의 교정주기는 수집자료의 신뢰성을 유지하기 위해 사전에 예방적인 차원에서 성능저하를 억제하기 위해 실시하는 것으로, 산정된 교정주기가 최적주기보다 짧아지면 빈번한 교정으로 인해 비용측면에서의 손실이 발생하게 되고, 교정주기가 길어지면 정확도가 저하되어 수집자료의 신뢰성이 낮아진다.

한편, 교정주기의 설정을 위해서는 제도적인 측면과 센터 운영측면도 고려하여야 한다. 제도적측면에서는 ITS에 대한 정책과 예산확보의 용이함과 향상성을 주로 고려하여 교정주기를 설정해야 한다. 센터 운영 측면에서는 적정 운영수준 및 활용가능한 인력 및 기술자의 수준 등을 교정주기 산정에 반영해야 할 것이다.

일반적으로 영상검지기의 준공기준 정확도는 사업에 따라 90% 혹은 95%이므로 높은 수치인 95%는 교정



〈표 11〉 적정 교정주기 산정시 고려사항

구분	내용
임계치 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 운영개시후 약 14개월 후에 약 10%의 오차율을 나타냄</li> <li>· 일반적으로 검지기의 성능이 가장 양호한 조건에서의 분석결과임</li> </ul>
비용 최소화 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 최초 MAPE가 0%, 운영을 위한 최소요구 MAP가 10%이며, 1회 검·교정비용이 100만원, 비용 환산팩터 <math>\gamma</math>가 85,080원일때, 약 14개월이 적정 주기로 나타남</li> <li>· 주기는 장비의 정확도 감소 추이 곡선, 1회당 검정비용인 C값과 환산 Factor <math>\gamma</math>값에 좌우됨</li> </ul>

〈표 12〉 정확도에 따른 교정주기(안)

정확도	교정주기	비고
90%	12개월	교정주기 18개월은 예산, 제도적 측면에서 바람직하지 않음
85%	18개월	
80%	24개월	

기준으로 활용할 수 없다. 한편 정확도 기준을 준공기 기준으로 할 것인가, 다소 낮은 수치를 적용할 것인가는 매우 중요한 이슈이다. 본 연구에서는 수집자료 부족으로 자료기반의 분석결과를 제시하지는 못하였지만 이는 추가 연구진행을 통해 해결할 수 있을 것이다. 다만, 경험과 공학적 판단을 기반으로 검지기 교정 정확도기준을 준공기기준보다는 낮추어야 한다고 보며 영상검지기의 수명을 최대 10년으로 볼 경우에 매년 1%씩 줄인다면 교체직전까지 80%는 유지할 수 있으므로 〈표 12〉과 같이 교정주기를 제시하였다.

## Ⅶ. 결론

본 연구의 핵심이 되는 시간에 따른 정확도 감소 추이 분석을 위해서는 장기간의 축적된 이력자료의 확보가 필수적으로 전제되어야 하는데, 현재 ITS장비에 대한 개별 장비별 이력관리가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 각 장비의 특성이 구축년도나 제조회사 등에 영향을 받지 않고 모두 동일하다는 가정을 하여 현 시점에서 과거 1998년부터 구축된 영상검지기 중 교정이 한번도 이루어지지 않은 장비들을 연도별로 임의 추출하여 시계열적인 분석을 하였다.

조사자료를 살펴보면 정확도 오차 분포가 일정하지 않고 시간에 따라 증가하는 특성이 나타나는, 즉 오차에 heteroscedasticity가 발생하는데 자연스러운 현상이며 추후 자료수집 확대를 통해 정확도 추이 분석에 끼치는 영향을 최소화할 필요가 있다.

일회성 조사가 아니라 꾸준히 추가의 연구를 진행하여 분석을 위한 충분한 자료를 획득한다면 보다 정확한 영상검지기의 정확도 감소 추이 분석이 가능할 것이고 그에 따라, 수집자료의 신뢰도 유지를 위한 적정 교정주기, 점검주기 등을 산정하는데 활용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 함효준(2000), "수익성중심의 설비관리", 동원출판사.
2. 한국건설기술연구원(2005), "ITS장비 검·교정주기 분석DB제작".
3. Australian Government(2004), "Calibration of test equipment for maintenance purposes".
4. Barringer H, "Cost Effective Calibration Intervals Using Weibull Analysis".
5. Stephane Schanne(2001), "The on-ground Calibration Campaign of the Spectrometer aboard the INTEGRAL Satellite".
6. Vijayaraghavan P.(2000), "NDE of Flight Hardware Exported to Aircraft Manufacturers in Europe and USA".
7. <http://www.kolas.go.kr>(한국교정시험인정기구).

- ✉ 주 작 성 자 : 이정원
- ✉ 논문투고일 : 2005. 6. 18
- 논문심사일 : 2005. 7. 19 (1차)
- 2005. 7. 21 (2차)
- 심사판정일 : 2005. 7. 21
- ✉ 반문접수기한 : 2005. 12. 31