한국철도학회논문집 제15권 제1호 ▌pp.80-87 (2012년 2월)
JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY FOR RAILWAY VOL.15, NO.1 ▌pp.80-87 (February 2012)

스마트카드 데이터를 활용한 도시철도 서비스 평가 (인천 1호선의 차내혼잡과 정시성을 중심으로)

Evaluation of Metro Services based on Transit Smart Card Data (A Case Study of Incheon Line 1)

엄진기[1†] · 최명훈[1] · 김대성[1] · 이 준[1] · 송지영[2]
Jin Ki Eom · Myoung Hun Choi · Dae Sung Kim · Jun Lee · Ji Young Song

Abstract This study analyzed the quality of a commuter rail service of Incheon line 1 with respect to two service measures such as occupancy (crowdedness) and punctuality based on transit smart card data collected in 2009. In order to analyze the metro services by individual fleet, we aggregated the personal level card data into the fleet operated in each planned schedule. The results show a low level of service for both crowdedness and punctuality during peak hours at the line segment from 'Gyeyang' to 'International business district'. Further, a close relationship between vehicle occupancy and punctuality is found, which illustrates high passenger demand causes successive metro delay.

Keywords : Smart Card Data, Metro Service

초 록 본 연구에서는 인천 1호선 구간을 대상으로 2009년 집계된 스마트카드 데이터를 활용해 승객좌석점유(혼잡도)와 정시성 지표를 사용하여 도시철도 서비스를 평가하였다. 차량단위의 대중교통 서비스 평가를 위해 개별 이용객의 스마트카드 데이터를 스케줄에 의해 운행되는 차량단위로 집합화하였다. 분석결과 인천 1호선 하행선(계양→국제업무지구)의 오전 첨두 시간대(7시-9시)의 차내 혼잡과 차량의 정시도착 측면에서 낮은 서비스 수준을 보이는 것으로 분석되었다. 차내 혼잡도와 정시성 간에는 밀접한 연관성이 있으며 이는 이전 역에서의 높은 승객수요가 지속적인 열차의 연착을 발생시키는 것으로 분석되었다.

주요어 : 스마트카드 자료, 도시철도 서비스

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

2010년 현재 우리나라의 자동차 등록대수는 1,765만 대이며 전국적으로 1인당 0.35대의 차량 보유율을 보이고 있다[1]. 한정된 토지에 새로운 도로 인프라 사업을 구축할 수 없는 실정이고, 이를 해결하기 위해서는 대중교통 중심으로의 교통체계 개편이 조속히 이루어져야 한다. 대중교통 체계로의 전환을 위해서는 현재 제공되고 있는 대중교통 서비스 수준이 우선 파악되어야 하며 이를 기반으로 질 높은 서비스를 이용객에게 제공한다면 대중교통으로의 점진적인 수단 전환을 유도할 수 있을 것으로 판단된다. 전통적인 대중교통 서비스 분석은 이용자 설문 및 현장 조사를 통해 수행됨에 따라 한정된 표본자료와 시점에 대한 분석에 국한 될 수 밖에 없었으나 현재 수도권 대중교통 이용자의 90% 이상이 교통카드를 이용하고 있음에 따라 일일 대중교통 이용실적에 대한 자료가 확보되고 있어 대중교통 서비스 개선을 위한 다양한 분석 및 정보제공에 활용할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 도시철도 이용객의 대중교통카드 승하차 태그시간 자료를 활용하여 실제 도시철도를 이용하는 승객의 관점에서 서비스를 평가하고자 한다. 도시철도의 경우 승차권 폐지와 함께 요금 지불방식이 카드로 대체됨에 따라 전체 승객의 이용실태를 파악할 수 있는 장점이 있다. 대중교통 서비스 평가를 위한 평가지표로는 차량 내부의 혼잡도를 파악할 수 있는 차내혼잡(crowdedness) 지표와 차량이 정해진 시간표대로 운행하는지를 분석할 수 있는 정시도착(punctuality) 지표를 선정하였다. 현재 이러한 지표를 분석하기 위한 방법으로는 도시철도에 운용하고 있는 열차종합제어장치(TCMS) 자료와 시간표(다이아)를 비교 분석할 수 있으며, 혼잡도와 관련해서는 차량 중량계 자료와 편성 수송량자료를 기반으로 평균적인 구간별 차량 혼잡도를 분석할 수 있다. 그러나 이러한 TCMS자료는 운영자가 내부적으로 관리하여 자료의 협조가 대외적으로 어려운 것이 현실이며 운영서비스에 관한 정보를 제시하는데 한계를 갖고 있다. 본 연구에서의 대중교통 서비스 평가 목적은 교통카드를 적극적으로 활용하여 서비스 지표를 산출하는데 의의가 있으며 나아가 교통카드

†교신저자 : 한국철도기술연구원 교통체계분석연구단
E-mail : jkom00@krri.re.kr
[1]한국철도기술연구원 교통체계분석연구단
[2]과학기술연합대학원대학교 교통물류시스템전공

자료를 기반으로 대중교통 승객에게 서비스 정보를 제공하기 위한 기초 연구에 목적이 있다.

분석의 대상은 2009년 인천 1호선 구간으로 선정 하였으며 집계된 스마트카드 데이터를 활용하여 도시철도 서비스 수준을 평가하도록 한다. 두 지표에 의한 대중교통 서비스 평가를 위해서는 집계된 개별 승객의 스마트카드 데이터를 차량단위로 집합화(aggregation)하는 과정이 필요하며 도시철도 특성상 카드 태그 시간에는 보행시간과 차량 대기시간, 차내 통행시간이 모두 포함되어 있기 때문에 개별 승객 데이터로부터 차량을 추적하는 데이터 추출 방법론을 제시하도록 한다.

1.2 분석범위

도시철도 서비스 평가지표 중 차내 혼잡은 실제 승객의 승하차 태그 자료를 토대로 재차인원을 산출하여 분석하게 되는데 도시철도간 환승 시에는 환승 태그를 하지 않기 때문에 스마트카드 데이터만으로는 경로 추적이 어렵고 정확하지 않은 경로 추적에 의해 산출된 차내 혼잡 결과는 신뢰성에 문제가 있기 때문에 본 연구에서는 환승역이 부평(BP)역 하나만 존재하는 인천 1호선을 분석대상으로 선정하였다.

인천메트로가 운영 중인 인천 1호선은 2009년 캠퍼스타운(CT)~국제업무지구(NC) 구간 개통으로 총 29개 역사와 1개의 환승역사로 구성되어 있다. 분석시간으로는 오전 첨두시간인 7~9시 사이에 운행하는 하행 1041 ~ 1049호 차량(14대)과 상행 1028 ~ 1054호 차량(14대)로 설정하였다.

2. 스마트카드 데이터

2.1 분석자료

일반적으로 도시철도 승객은 Fig. 1과 같이 출발 역에서 승차 태그를 하고 열차를 기다린 뒤 차량을 탑승하여 목적지에서 하차 및 태그를 하는 절차를 거친다. 따라서 대중교통카드 리더기는 카드이용자의 이용자 구분, 출발시간, 도착시간, 이용수단, 요금, 정류장 번호 등을 자동으로 기록하게 된다.

Table 1은 대중교통카드로부터 확보되는 자료로서 전체 18개의 항목으로 구성되어 있으며 일반적으로 'PCARD_NUM'(카드번호)와 'PCARD_USER_CLASS_CD'(카드사용자구분), 'RIDE_DTIME'(탑승시간), RIDE_STA_ID'(출발역ID), ALIGHT_D느NUM'(승차인원), 'RIDE_COST'(요금) 등 8개 항목을 사용한다.

Table 1 Transit smart card data

Column_name	Description	Column_name	Description
PCARD_NUM	card number	RIDE_DTIME	ride time
RUN_DEPART_DTIME	departure time	RIDE_STA_ID	ride station
TRANS_ID	transaction id	ALIGHT_DTIME	alight time
TRANSP_METHOD_CD	mode code	ALIGHT_STA_ID	alright station
TRAF_FREQ	transfer frequency	PASGR_NUM	number of passenger
BUS_ROUTE_ID	route id	RIDE_AMT	ride cost
TRANSP_BIZR_ID	company id	ALIGHT_AMT	alight cost
VEHC_ID	vehicle id	USE_DIST	distance
PCARD_USER_CLASS_CD	user type	STAND_DT	standard time

Table 2 Number of valid data after filtering

	Data	1st filter	2nd filter	3rd filter	4th filter	Valid data
Number of data (%)	211,822 (100%)	1,679 (0.79%)	922 (0.44%)	758 (0.36%)	21 (0.01%)	208,442 (98.40%)

본 연구에서 이용한 스마트카드 자료는 2009년 10월 26일(화요일) 인천 1호선을 이용한 이용객에 대한 전일 자료로서 카드자료의 오류와 더불어 비정상적 패턴을 보이는 이용객의 자료를 분석에서 제외하기 위해 데이터 검수를 수행하였다.

인천 1호선 역사에서 승차 또는 하차 태그를 한 데이터는 총 211,822건이다. 도시철도의 경우 스마트카드가 다인승 적용이 되지 않기 때문에 1건당 1통행을 의미하며, Table 2와

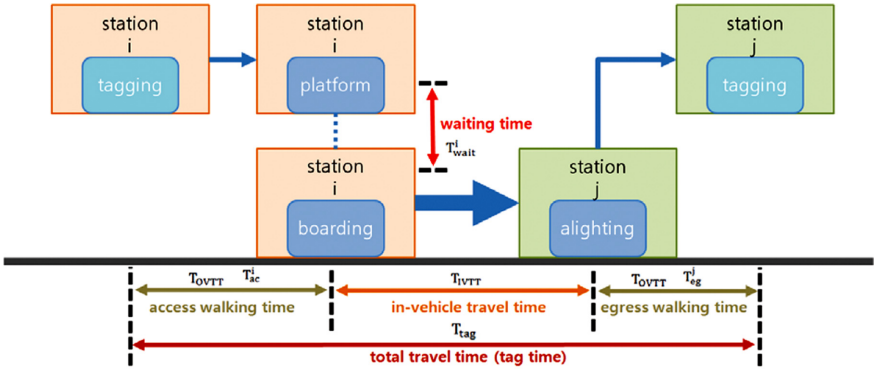

Fig. 1 Tagging process of metro passenger

같이 도착역에서 태그를 하지 않은 1,679통행(0.79%)을 1차 검수에서 제외하였다.

다음으로 동일한 역에서 승차와 하차 태그가 모두 이루어진 922통행(0.44%)을 2차로 제외하였으며, 부평역에서 인천 1호선이 국철 1호선을 이용한 758통행(0.36%)을 3차로 제외하였다. 마지막으로 총 태그 시간이 차내 통행시간보다 짧거나 승차와 하차 태그시간이 뒤바뀌는 등 논리적 오류를 보이는 21통행(0.01%)을 4차로 제외하여 최종적으로 208,442통행의 유효데이터(98.4%)를 추출하여 사용하였다.

3. 분석방법론

3.1 대중교통카드 및 지표관련 연구

스마트카드를 활용한 연구로는‘수도권 도시철도 수입금 정산 분석모형’(신성일 외, 2005)[2]과 ‘대중교통 카드 자료를 이용한 지역 간 대중교통 서비스 평가 방안’(신성일 외, 2008)[3]이 있다. 전자는 일반화 비용 기반 K경로탐색 알고리즘 개발 연구이며, 후자는 환승계수를 추정하여 일반화 비용을 활용한 유사경로 추적에 관한 연구이다.

대중교통 서비스 평가에 관한 연구로는 미국의 대중교통 용량과 서비스 평가에 대한 지침인 TCQSM(Transit Capacity and Quality of Service Manual) 중 ‘TCRP(Transit Cooperative Research Program) report 100’에 제시된 대중교통 서비스 평가 지표가 있다[4]. ‘철도서비스 평가를 위한 항목 및 지표의 선정방안’ (김연규, 2003)[5]에서는 배차간격, 평균운행속도, 정시성, 운행취소율 등을 적용하였으며, 惇뗣돔? 洲½ 평가체계 구축방안 연구(2단계)’ (이장호 외, 2005)[5]에서는 혼잡도 지표가 추가 되었다. ‘철도의 서비스수준의 정의와 시스템 계획에 미치는 영향 분석’ (서선덕, 2008)에서는 서비스 수준에 따른 수요예측을 하였으며, ‘고속철도 서비스 품질에 관한 연구’ (이형석, 2006)에서는 고속철도의 정성적인 서비스 지표에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 기존 문헌에서 공통적으로 포함하고 있으며 스마트카드 데이터로부터 추출이 가능한 지표로써 혼잡도(재차인원) 및 정시성의 지표를 선정하여 분석하도록 한다.

3.2 정시성 분석 방법

본 논문에서 선정한 차내혼잡과 정시성 지표 평가를 위해서는 개별 이용객 스마트카드 데이터를 차량단위로 집합화 하여야 한다. 이를 위해 차량의 운행상태와 이용자의 통행행태를 고려하는 등 두 가지 가정을 설정하였다.

(가정1) 차량은 스케줄 상의 시간표에 근거하여 정시 또는 지연 도착하는 경우만 존재

(가정2) 통행자는 도착 태그한 시간 바로 이전의 스케줄 상 차량을 이용

가정 1과 2에 의하여 식(1)과 식(2)와 같이 차량의 정시도착과 지연도착을 결정하는 조건식을 정의 하였다.

If $(T_i < T_i^X \mid T_i^X < T_j \le T_j^{X+1})$ then use the vehicle x (on time) (1)

If $(T_i^X \le T_i < T_i^{X+1} \mid T_j^X < T_j \le T_j^{X+1})$ then use the vehicle x (delayed) (2)

T_i : i 역에서 승차 태그 시간
T_i^X : i 역에서 시간표 상의 x 차량 도착시간
T_i^{X+1} : i 역에서 시간표 상의 x 다음 차량(x+1) 도착시간
T_j : j 역에서 하차 태그 시간
T_j^X : j 역에서 시간표 상의 x 차량 도착시간
T_j^{X+1} : j 역에서 시간표 상의 x 다음 차량(x+1) 도착시간

조건식을 적용하여 개별 이용자 통행실적을 열차 이용자료로 전환하기 위해서는 스마트카드 데이터에 저장된 통행시간을 구분하여 살펴볼 필요가 있다. 즉, 승객의 출발 및 하차 태그시간에는 차내 통행시간과 차외 통행시간의 합(식1)으로 구성되며 차외 통행시간은 다시 보행시간(access 또는 egress)과 차량 대기시간으로 구분할 수 있다. 그러나 교통카드자료로부터 정확한 보행시간을 계산할 수 없는 한계가 있으므로 평균적인 보행시간을 산출하여 사용하도록 한다.

$$T_{tag} = T_{IVTT} + T_{OVTT}$$

$$T_{OVTT} = T_{ac}^{i} + T_{wait}^{i} + T_{eg}^{j}$$

T_{tag} : 총 통행시간
T_{IVTT} : 차내 통행시간
T_{OVTT} : 차외 통행시간
T_{ac}^{i} : i역에서 승차 태그 후 플랫폼까지 보행시간
T_{wait}^{i} : i역 플랫폼에서 차량 승차 전까지 대기시간
T_{eg}^{j} : j역하차 후 태그 전까지 보행시간

Table 3은 인천 도시철도 1호선의 약 20만 통행자료(Table1 참조)를 기반으로 개별 이용객의 총 차외통행시간, 평균대기시간 및 평균 보행시간을 산출한 결과이다. 이용객

Table 3 Walking time for access or egress

	Out of vehicle time(sec)			Average waiting time (sec)	Average access (or egress) time (sec)
	Min	Max	Avg		
Southbound	31	1,353	562	221	170
Northbound	39	1,368	562	219	172

Table 4 Example of logical decisions on punctuality

Schedule			
vehicle ID	204	206	208
(A) station departure time	14:10	14:20	14:30
(B) station arrival time	14:15	14:25	14:35

Data of tag				
passenger	1	2	3	4
(A) station boarding tag time	14:18	14:08	14:22	14:22
(B) station alighting tag time	14:27	14:29	14:29	14:26

Vehicle available	206	204, 206	206	×
Not available	-	204	-	4th filter
Vehicle use	**206**	**206**	**206 delayed**	×

의 평균적인 차외통행시간은 562초로 분석되었으며, 가장 적게 소요된 차외시간은 약 30-40초 정도이며 최장 소요시간은 1368초(약 23분)로 분석되었다. 이중 평균 대기시간(배차간격/2)은 약 220초로 나타났으며 전체 차외 통행시간에서 평균대기시간을 뺀 결과인 평균보행시간, 즉 게이트에서 플랫폼(access) 또는 플랫폼에서 게이트(egress)로 접근하는 시간으로 약 170초가 소요되는 것으로 분석되었다.

Table 4는 앞에서 제시한 조건부 수식에 대한 이해를 돕기 위해 임의의 'A역→B역' 구간에 대해 스마트카드 데이터와 열차 운행시각표와의 비교를 통해 차량을 추적하는 예시를 보여주고 있다. 승객 1~4는 열차탑승을 위해 발생할 수 있는 네 가지 상황에 대한 분류이다.

'passenger1': 식 (3)에 해당하며 206번 차량을 이용한 결과 도출.

'passenger2': 식 (3)에 해당하며 204번 차량과 206번 차량 이용 가능, (가정2)에 의해 최종적으로 206번 차량을 이용한 결과 도출.

'passenger3': 식 (4)에 해당하며 206번 차량을 이용한 결과 도출. 206번 차량은 지연 도착.

'passenger4': 총 시간은 4분이지만 차량 시간표에 의해 A역→B역'의 차내 통행시간은 5분임. 이미 데이터 4차 filtering에 의해 제외되는 이용객.

결론적으로 승객1, 승객2, 승객3의 경우 모두 206번 차량을 이용하였으며, 승객3에 의해 206번 차량은 'A역→B역'구간을 지연도착(연착)한것으로 분석된다.

4. 서비스분석 결과

4.1 차내혼잡도 분석

차내 혼잡도에 대한 서비스수준 평가 기준은 '서울시교통정비중기계획'을 참고하여 인천 1호선의 중량(中量)전철 8량에 대한 기준표를 Table 5와 같이 구성하였으며 구간별 재차인원에 대한 차내혼잡도 평가에 이용하였다. Table 6은 인천 1호선의 7~9시 운행하는 하행(계양->국제업무지구) 차량의 기종점간 출발시간과 도착시간이다. Table 7은 차내혼잡을 분석한 결과를 나타낸다. 분석결과 계양(GY)→작전(JJ) 구간은 1인 1좌석을 점유할 수 있는 상태로 나타났으며 작전(JJ)→원인재(WI) 구간에서는 1인당 좌석에 앉을 확률이 작고 차내 혼잡도 역시 서비스 수준 C에 해당하는 용량 상태로 나타났다. 환승역인 부평(BP)역 인근 부평구청(BG)→부평(BP) 구간은 혼잡도가 100%에 도달하는 것으로 분석되었고 원인재(WI)역을 지나면서부터 종착역인 국제업무지구(NC)까지는 이용객 수가 적게 나타났다. 차량별로는 1049번, 1053번, 1057번 차량의 혼잡구간이 다른 차량보다 더 많은 것으로 분석되었다.

Table 5 LOS of metro crowdedness

(unit : fleet)

	Passenger(p/car)	Occupancy(p/seat)	Crowdedness (%)
A	48	1.0	39
B	82	1.7	66
C	124	2.6	100
D	186	3.9	150
E	248	5.2	200
F	310	6.5	250

참고 : 서울시 교통정비중기계획, 2001

Table 8은 인천 1호선의 7~9시 운행하는 상행(국제업무지구->계양) 차량의 기종점간 출발시간과 도착시간 스케줄을

Table 6 Metro schedule of morning peak (am.7~9) (northbound)

		1028	1030	1032	1034	1036	1038	1040	1042	1044	1046	1048	1050	1052	1054
Departure	GY	7:04	7:10	7:16	7:21	7:25	7:30	7:34	7:39	7:43	7:48	7:52	7:57	8:01	8:06
Arrival	NC	7:58	8:04	8:10	8:15	8:19	8:24	8:28	8:33	8:37	8:36	8:46	8:45	8:55	8:54

주 : 음영처리는 박촌(BC)역 출발

Table 7 LOS of occupancy (northbound)

Fleet ID		1041	1043	1045	1047	1049	1051	1053	1055	1057	1059	1061	1063	1065	1067
GY	GH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
GH	BC	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
BC	IH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
IH	GS	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
GS	GI	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
GI	JJ	A	A	A	A	B	A	B	A	B	A	B	A	A	A
JJ	GS	B	B	B	B	C	B	B	B	C	B	C	B	B	B
GS	BG	B	B	C	C	C	B	C	C	C	B	C	B	B	B
BG	BS	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B
BS	BP	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B
BP	DS	B	B	B	B	B	B	C	B	C	B	B	B	B	A
DS	BI	B	B	B	B	B	B	C	B	C	B	B	B	B	A
BI	GI	B	B	B	B	B	B	C	B	C	B	B	B	B	A
GI	IS	B	B	B	C	C	B	C	B	C	C	C	B	B	B
IS	YS	B	C	C	C	C	B	C	B	C	C	C	B	B	B
YS	IT	B	C	B	C	C	B	C	B	C	B	B	B	B	A
IT	MH	B	B	B	C	C	B	C	B	C	B	B	B	B	A
MH	SH	B	B	B	C	C	B	C	B	C	B	B	B	B	A
SH	SY	B	B	B	C	C	B	C	B	C	B	B	B	B	A
SY	WI	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	A	A	A
WI	DC	A	B	B	B	B	A	B	A	B	B	B	A	A	A
DC	DM	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DM	CT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CT	CP	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CP	KN	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
KN	IU	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
IU	CP	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CP	NC	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Table 8 Metro schedule of morning peak (am.7~9) (southbound)

Fleet ID		1028	1030	1032	1034	1036	1038	1040	1042	1044	1046	1048	1050	1052	1054
Departure	NC	7:04	7:10	7:16	7:21	7:25	7:30	7:34	7:39	7:43	7:48	7:52	7:57	8:01	8:06
Arrival	GY	7:58	8:04	8:10	8:15	8:19	8:24	8:28	8:33	8:37	8:36	8:46	8:45	8:55	8:54

주 : 음영처리는 박촌(BC)역 도착

나타내며 Table 9는 차내혼잡을 분석한 결과로서 하행과는 달리 전반적으로 모든 구간에서 1인 1좌석을 점유할 수 있는 상태로 분석되었다. 이는 오전 첨두 시간에 하행의 수요가 많은 반면 상행의 수요가 적은 특성이 반영된 것으로 분석되었다. 전체적으로 차내혼잡의 경우 상행과 하행 모두 환승역인 부평(BP)역 인근 구간에서 승객이 집중되는 것으로 파악되었으며 시발역 또는 종착역으로 갈수록 이용객의 수요가 낮은 것으로 분석되었다.

4.2 정시성 분석

Table 10은 차량의 정시도착과 지연도착을 분석한 결과이다. 분석결과 하행 차량은 평균 56% 정도의 정시 도착율을 보임에 따라 승객 혼잡에 따른 정시성 서비스가 비교적 낮은 것으로 분석되었다. 특히 이전 역에서의 연착은 다음 역에서도 연착을 일으키는 현상을 보임에 따라 인천 1호선의 인천시청(IS)역을 지나면서부터 연착이 지속적으로 파급되는 것으로 분석되었다.

Table 9 LOS of occupancy (southbound)

Fleet ID		1028	1030	1032	1034	1036	1038	1040	1042	1044	1046	1048	1050	1052	1054
GY	GH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
GH	BC	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
BC	IH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
IH	GS	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
GS	GI	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
GI	JJ	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
JJ	GS	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
GS	BG	B	B	A	B	A	B	B	B	A	A	B	B	B	A
BG	BS	B	B	B	B	A	B	B	B	A	A	B	B	B	A
BS	BP	B	B	B	B	A	B	B	B	A	A	B	B	B	B
BP	DS	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	A	B	A
DS	BI	B	B	B	B	B	B	B	A	B	A	A	A	B	A
BI	GI	B	B	B	B	B	B	B	A	B	A	A	A	B	A
GI	IS	B	B	B	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A
IS	YS	B	B	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
YS	IT	B	B	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
IT	MH	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
MH	SH	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SH	SY	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SY	WI	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
WI	DC	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DC	DM	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DM	CT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CT	CP	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CP	KN	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
KN	IU	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
IU	CP	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CP	NC	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Table 10 Result of punctuality (northbound)

	1041	1043	1045	1047	1049	1051	1053	1055	1057	1059	1061	1063	1065	1067
GY	on-time	-	on-time	-	delayed	-	on-time	-	on-time	-	on-time	-	delayed	-
GH	on-time	-	on-time	-	on-time	-	on-time	-	on-time	-	on-time	-	on-time	-
BC	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
IH	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
GS	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time
GI	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time
JJ	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
GS	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time
BG	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
BS	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time
BP	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
DS	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
BI	delayed	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
GI	on-time	delayed	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	delayed	on-time

Table 10 Continued

	1041	1043	1045	1047	1049	1051	1053	1055	1057	1059	1061	1063	1065	1067
IS	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	on-time	on-time	on-time	delayed	delayed	delayed	on-time	on-time	on-time
YS	on-time	delayed	on-time	delayed	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	on-time
IT	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
MH	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	on-time	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time
SH	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	on-time
SY	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	on-time
WI	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time
DC	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time
DM	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	on-time
CT	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time
CP	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	on-time
KN	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed
IU	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time
CP	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	delayed	delayed	on-time	on-time
Delayed rate	54%	50%	57%	50%	57%	27%	64%	4%	54%	50%	50%	42%	50%	4%

Table 11 Result of punctuality (southbound)

	1028	1030	1032	1034	1036	1038	1040	1042	1044	1046	1048	1050	1052	1054
GH	delayed	on-time	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	on-time	delayed	on-time
BC	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
IH	delayed	delayed	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time
GS	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	delayed	delayed	delayed	on-time
GI	delayed	delayed	on-time	delayed	on-time	on-time	delayed	delayed	delayed	on-time	delayed	delayed	delayed	delayed
JJ	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	delayed	delayed
GS	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed
BG	on-time	on-time	on-time	delayed	delayed	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed
BS	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
BP	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time
DS	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed	delayed
BI	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
GI	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
IS	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
YS	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	delayed
IT	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed
MH	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time
SH	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
SY	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
WI	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time
DC	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed
DM	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time
CT	delayed	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	delayed	on-time
CP	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
KN	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
IU	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time
CP	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time	on-time

Table 11은 상행 차량의 정시 도착율을 분석한 결과로 평균 82% 정도의 정시 도착율을 보이고 있다. 연착의 횟수는 종착역에 가까울수록 횟수가 잦아지며 하행의 경우보다는 정시 도착의 비율이 높음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 인천 1호선을 대상으로 2009년 집계한 스마트카드 데이터를 활용하여 차내 혼잡도(재차인원)와 열차운행스케줄에 따른 정시성 등 두 가지 지표에 대해 오전 첨두시간(7~9시)을 대상으로 상행과 하행에 대해 서비스 평가를 시행하였다. 분석을 위해 개인 단위 대중교통 스마트카드의 승하차 태그시간 정보를 이용하여 보행시간을 추정하였으며, 정시성 여부를 판단하기 위해 개인 단위를 승하차 태그시간을 기준으로 차량을 추적하여 열차(Fleet)단위로 자료의 집합화 작업을 수행하였다.

차내혼잡도 지표에 따른 도시철도 서비스 평가를 위해 서울시 교통정비중기계획을 참고하여 인천 중량(中量)전철 8량에 대한 서비스 평가 기준표를 작성하였으며, 이를 토대로 차내혼잡을 평가하였다. 분석결과 인천 1호선의 경우 오전 첨두 시간에는 전반적으로 상행(국제업무지구->계양)보다는 하행(계양->국제업무지구)의 이용률이 높았으며, 좌석에 앉아 통행하기가 수월하지 않은 것으로 파악되었다. 또한 환승역인 부평(BP)역에 가까울 수록 좌석 확보가 어렵고 혼잡도 또한 심한 것으로 파악되었다. 반면 상행의 경우는 오전 출근시간임에도 1인 1좌석을 점유할 만큼 한적한 것으로 분석되었다.

차량이 정해진 시간표대로 도착하는지를 판단하는 정시도착의 경우 이용객의 승차와 하차 태그 시간과 차량의 운행시각표를 비교하여 평가하였다. 분석결과 차내의 혼잡이 심해지는 구간에서부터 연착 발생이 잦아졌으며, 이전 역의 연착이 다음 역으로 이어지는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 총 167번의 연착 중 이전 역과 다음 역의 동시 연착이 이루어진 경우는 111번으로 66% 정도로 높은 상관성을 보이는 것으로 분석되었고 하행의 경우 부평(BP)역을 기준으로 종착역에 가까워질수록 연착율이 80% 이상인 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 차내혼잡과 정시도착의 두 지표를 기반으로 현재 운영중인 인천 1호선의 서비스를 평가하였다. 그러나 향후 도시철도 서비스 평가를 위해서는 역과 구간, 노선의 공간적 세분화와 더불어 차량 및 시간대별로 세분화된 지표로서 평가가 이루어져야 할 것이다.

대중교통 서비스 평가가 항시적으로 이루어지고 있지 않은 현 시점에서 대중교통 스마트카드자료는 다양한 대중교통서비스를 평가하고 이를 운영자 및 이용자 입장에서 적극 활용할 수 있는 좋은 기회를 제공하고 있다. 따라서 단순한 노선 및 요금정보에서 탈피하여 대중교통 운영 서비스에 대한 고급정보를 이용자에게 제공함으로써 대중교통 이용활성화에 기여할 것으로 판단된다. 본 논문에서는 인천 1호선에 대한 사전 연구이므로 향후 분석대상을 확대할 필요가 있으며 서비스 평가를 위한 다양한 지표개발 및 분석 방법에 대한 연구가 지속적으로 수행될 필요가 있다.

후 기

알림: 본 논문은 2010년 춘계 한국철도학회 학술발표회(2010.10.29)에서 발표된 내용을 수정, 보완하여 작성된 것입니다

참고문헌

[1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2010) STATISTICAL YEARBOOK.

[2] S.I. Shin (2005) Revenue Allocation Model for the Integrated Urban Rail System in the Seoul Metropolitan, *Journal of Korean Society of Transportation*, 23(5), p. 158.

[3] S.I. Shin (2008) An Evaluation of Mass Transit Service Among Regions Using Public Transportation Card Data, *Journal of Korean Society of Transportation*, 5(1), pp. 111-114.

[4] Transit Capacity and Quality of Service Manual (2003), TCRP Report 100 (2nd).

[5] Y.G. Kim (2003) The Development of Performance Measures in Railway Services, *Journal of the Korean Society for Railway*, pp. 222-231.

[6] Suh D. Sunduck (2008) Defining Level of Service for Railroad System and Analysis of it's Effects on System Planning, *Journal of the Korean Society for Railway*, pp. 1581-1598.

[7] H.S. Lee (2006) A Study on the Service Quality of Korea Train Express, *Journal of Korean Society for Railway*, 9(1), pp. 81-88.

접수일(2011년 10월 10일), 수정일(2012년 1월 16일),
게재확정일(2012년 1월 20일)