

DMT(Dual Mode Trailer) 시스템 개발을 위한 기술성 분석

이진우† · 이영진* · 조현철** · 한동섭*** · 한근조**** · 이권순*****

†, **, ***** 동아대학교 전기공학과, * 한국폴리텍항공대학 항공전기과, ***, **** 동아대학교 기계공학과

A Technical Analysis for Development of Dual Mode Trailer System

Jin-Woo Lee† · Young-Jin Lee* · Hyun-Cheol Cho** · Dong-Seop Han***

· Geun-Jo Han**** · Kwan-Soon Lee*****

†, **, ***** Department of Electrical Engineering, Dong-A University, Busan, 604-714, Korea

* Department of Electrical, Measurement, and Control, Korea Aviation Polytechnic college, Sachun 664-180, Korea

, *Department. of Mechanical Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

요 약 : 현재 기존 철송 시스템에 있어서 문제점인 출발지와 목적지 사이 발생하는 복잡한 작업 프로세스(job process)를 간소화하여 철송 운임비감소와 물류운송의 체계 개선 및 활성화에 기여할 수 있는 시스템으로 DMT(Dual Mode Trailer) 시스템을 들 수 있다. 이에 본 기술의 국내적용 및 개발을 위해 기술동향 조사 및 국내 적용시 고려사항, 국내 적용 적합 모델 도출 등 그 기술성을 분석하였다.

핵심용어 : DMT(Dual Mode Trailer) 수송시스템, 철도수송, 수평이적재, 트레일러 수송, 컨테이너 물류, Door to Door, Just in Time

Abstract : Dual Mode Trailer (DMT) systems are significantly considered as future transportation technique particularly to eliminate complicated job process in the railroad based transportation and reduce relevant logistic cost in economic viewpoint. This paper presents survey of Dual Mode Trailer (DMT) systems in terms of technical applicability in domestic industry, technical trends, etc. We provide several DMT systems addressed until now and propose suitable framework of them to our nation.

Key words : Dual mode trailer transportation system, Rail-road physical distribution, Horizontal loading and unloading, Trailer transportation, Container logistics, Door to door, Just in time

1. 서 론

세계적으로 화물은 대형화 및 고속화와 더불어 글로벌화 되어가고 있으며, 이에 물류 선진화를 위해서는 운송 시스템의 개선이 시급한 과제라 할 수 있다(국, 2007; 최, 2005; Lee et al., 2004). 이를 위하여 기존의 운송 시스템을 보다 효율적으로 활용하는 방안과 새로운 방식의 시스템 개발로 나뉠 수 있으나, 이 두 가지를 모두 만족시키며, 개발 부담과 투자대비 생산 효율성이 높은 시스템을 개발하는 것이 급선이다. 물류흐름에서 가장 많은 병목현상을 유발하고 있는 부분은 육상운송에서도 도로 운송이며, 이렇게 낭비되는 시간과 중간과정에서 발생하는 비용을 줄일 수 있는 Nonstop 형식의 복합운송의 필요성이 대두되고 있다. 먼저, 기존 철도 시스템의 현황 및 문제점을 살펴보면, 기존 철송 이용시 가장 크게 대두되는 문제점은 육상에서의 가장 큰 장점인 door to door 서비스가 어렵다는 것이며, 이것은 화

주들이 철송 이용을 꺼리는 가장 큰 이유이다(한, 2000). 그리고 향후 전기기관차로 대체됨에 따라 기관차 상부로 공중가선(Catenary)이 설치됨에 따라 크레인 진입 및 작업이 불가능하게 될 것이며(김, 2003), 기존의 수직 양하역 작업이 불가능해진다는 것이다. 따라서, 수평 양하역 방식 전환이 요구된다.

또한, 철송의 경우, 그림 1과 같이 출발지에서 목적지까지 이루어지는 운송절차가 상당히 복잡한데, 출발지의 셔틀비, 출발지 및 도착지까지에서 발생하는 장치장 적재와 철송직전 대기 및 배열 준비작업을 위한 크레인 또는 스택커 작업이 필요하며, 기타 유통비 등 부수적인 물류비 및 불필요한 시간 소요가 발생한다. 향후 물동량 증가시, 기존 철도 운송방식을 그대로 사용할 경우 CY 야적장 등 시설 및 부지의 확충과 크레인 등과 같은 장비의 추가가 요구되고, 이는 많은 경제적 재원과 향후 계속적 인력을 요구하므로 현실적으로 기존 방법을 고수하는 것은 해결책이 되지 못한다(이, 2001).

† 교신저자 : 이진우(정회원), tojwlee@hanmail.net 011-565-3385

* 정회원, airlee011@hanmail.net 051) 200-6950

** 정회원, hyunccho@gmail.com 051) 200-6950

*** 정회원, dshan@dau.ac.kr 051) 200-6989

**** 정회원, gjhan@dau.ac.kr 051) 200 7650

***** 정회원, kslee@dau.ac.kr 051) 200-7739

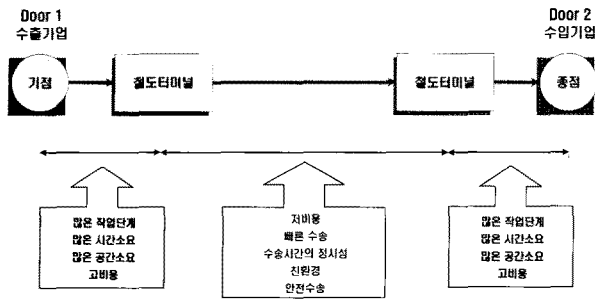


Fig. 1 The process of conventional rail-road transportation system

그 외에도 향후 컨테이너 물동량 증가에 따라 화물차량 증가가 약 3배 이상이 된다고 가정하면, 현재 화물차 분담이 약 7.8%인 점을 감안하여 화물차에 의한 연간 혼잡비용은 1조 8천억원에서 5조 4천억원으로 늘어날 것으로 예상되고, 물동량 처리를 위한 차량증가는 사고율 증가와 환경문제 등도 야기시키며, 고속도로 확충이나 추가 도로 건설은 우리나라 국토에 건상 많은 제약이 따르는 것도 문제이다. 현 국내 철송장에 대하여는 현재 CY 수용능력이 3,101천TEU이고 향후 추가 CY를 3-4곳을 확보 중에 있기는 하지만 실제 증가 예상물동량의 대부분이 부산항·광양항과 수도권(의왕)에 집중되어 있으며, 의왕 CY의 수송능력(1,409 천TEU)만 보더라도 현재의 시설이나 수송시스템만으로는 수용 불가능한 상태이다. 또한, 국내의 운송 업계 및 화주들은 door to door 및 JIT (just in time) 서비스가 용이한 육송방식을 선호하고 있어 철도가 공로 운송 부담을 덜 수 있는 방안 마련이 시급하다. 2011년 KTX 완공에 따른 경부선 유희배차 시간은 화물전용선로 확충에 많은 도움이 될 것으로 예상되는데 이를 활용할 방안과 나아가 부산항의 동북아 허브화 및 남북철도 개통에 대비하여서도 철도 물류활성화에 대한 필요성이 대두되고 있는 현실이다(국, 2007; 한, 2001).

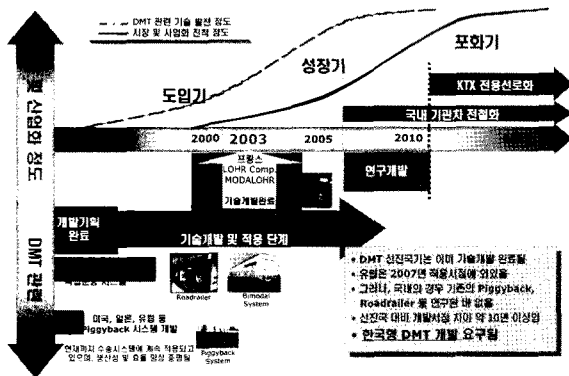


Fig. 2 The DMT technical trends and our position

국외의 경우, 그림 2와 같이 물류 선진국가들은 이미 DMT에 대한 많은 연구가 활발히 진행되고 있으며(교, 2004), 특히 유럽의 경우 2007년에 적용하여 상업화가 실현되고 있다(M, LOHR社 홈페이지). 그러나 국내의 경우, Piggyback,

Roadrailer 등 기존 대두되었던 시스템조차 연구된 바 없어 선진국 대비 개발시점 차이는 약 10년 이상이라 여겨진다. 따라서, 국내 물류 체계의 개선의 효과와 더불어 DMT 시스템 개발 기술을 빠른 시일 내에 확보하여 국내 실정에 맞도록 개발하는 것이 시급하다고 할 수 있겠다.

이에 본 연구에서는 물류 선진국에서 적용 및 개발되고 있는 DMT 시스템에 대하여 그 기술성을 조사 및 분석하여 국내 적용시 적합한 모델제시의 활용에 기여하고자 한다.

2. DMT (Dual Mode Trailer) 시스템

본 연구에서 고려된 DMT 시스템 후보는 그림 3과 같이 크게 기존 방식에서 출발하여 첫째 Piggyback, 둘째 Bimodal, 셋째 화차 회전형, 마지막으로 평행 이적재형으로 분류하였다. 그중 화차 회전형에는 Modalohr, Cargo Speed, Flexiwaggon으로 다시 분류되고, 평행 이적재형에는 Cargo Beamer와 Cargo Domino로 세부적으로 분류하여 기술적 검토를 수행하였다.

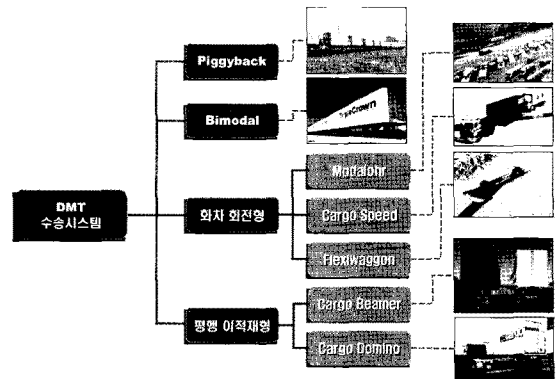


Fig. 3 Considered DMT system candidates

먼저 국내 적용을 위해서는 건축 및 차량한계를 만족해야 하는 것이 중요하다. 건축한계는 지상에 있는 건조물 및 시설물과 접촉하지 않도록 설정된 차량 바깥의 한계치수로서 국내 한계는 직선구간의 한계 높이는 5,150mm, 한계폭은 4,200mm이며, 실제 한계 높이는 철도차량의 형상을 고려할 때, 4,700mm를 넘을 수 없다.

국내 차량한계는 차량을 제작하여 안전하게 운행하기 위해 일정한 한계를 정하여 차량의 어떠한 부분도 이 한계를 침범하지 못하도록 규제한 차량단면상의 좌우상하 한계를 말하는데, 그 제한치수는 차량의 좌우동요, 상하동요 등을 고려해 건축한계와의 간격을 200~300mm 정도 유지해야 하므로 한계 높이는 4,500mm, 한계폭은 3,400mm로 정해진다. 이때 컨테이너수송차량의 한계높이는 4,371mm로 컨테이너의 폭이 2,438mm를 감안한 것이다. 평탄, 직선궤도상의 정지상태에서 차량 중심선과 궤도 중심선이 일치한 치수이다.

국내 차량의 중량한계는 1~4등급의 선로구간의 중별로 구분되는데 2량을 연결하여 1m당 7톤의 등분포 하중을 견인할 수 있고, 축중이 정지시 25톤 이하여야 한다. 차륜경은 국유철

도 규칙 제66조 1항에 의거하여 768mm 이상으로 제한되고 있다. 이상의 주요한 국내 한계를 만족하여야 도입 또는 개발 적용이 가능하다(한, 2001).

2.1 기존 철송 시스템

기존 철송 시스템은 RMGC 또는 리치스테커를 사용하여 컨테이너의 양하역 작업을 수행하며, 철송장 내 따로 야적장이 요구되므로 사진 하역 및 적재 작업이 필요하다. 사용되는 평판화차에 컨테이너를 적재하여 운행하며, 당연히 국내 차량 및 건축한계를 만족한다.

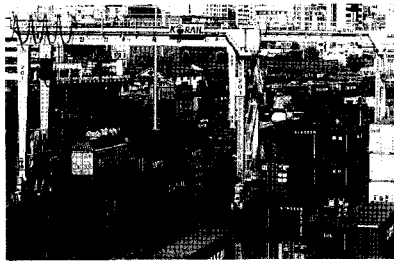
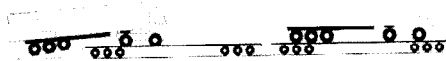


Fig. 4 The conventional intermodal system

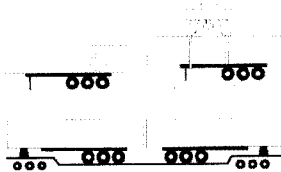
2.2 피기백(Piggyback) 시스템

트럭 또는 컨테이너를 화차에 양·하역하여 수송하는 시스템으로서 TOFC(Trailer On Flat Car)방식으로도 불린다. 적재방식에 따라 그림 5와 같이 수평식과 수직식으로 나뉘며, 수평식은 일반 평판화차를 수직식은 저상화차를 따로 개발하여야 사용이 가능하다. 수평식은 하역장비가 따로 필요 없으나, 수직식은 전용 크레인이 요구되어 기존 철송 시스템에 비해 Door to Door의 장점 외에는 오히려 단점이 많다.

미국의 경우 Santa Fe 철도가 개발한 TOFC화차 「10-PACK fuel foiler」가 시조이며, 일본의 경우에도 1986년 일본국철에서 적용된 바가 있다. 유럽은 차량한계가 작은 프랑스 및 독일 등 유럽의 철도는 통상 트레일러를 적재하는 것 같이, 특수한 화차를 개발하여 Piggyback을 실용화해왔다. 최근의 화차는 포켓상면을 100mm 더 낮추어 높이 3.9m의 트레일러의 적재를 가능하게 하고 있고, 이 켈거루방식은 프랑스, 독일, 이탈리아, 오스트리아 등의 국제간 수송에 이용되고 있다.



(a) Horizontal loading method of Piggyback system



(b) Vertical loading method of Piggyback system

Fig. 5 The Piggyback system

국내 적용을 위하여 한계를 표 1과 2에 나타난 바와 같이 살펴보면, 수평적재방식의 경우 컨테이너의 크기와 관계없이 국내 차량한계의 한계높이를 초과하여 적용할 수 없으며, 수직방식의 경우는 프랑스와 같은 저상화차 개발시 국내 차량한계를 만족할 수 있으나, 전용 크레인이 필요하며 기존 철송 방식과 차이가 없어지는 단점을 안고 있다.

Table 1 The specification for the horizontal loading method

평판화차 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
1,065	1,225	2,438	4,728	4,371	4.114	7.0
	1,410	2,591	5,066		4.912	

Table 2 The specification for the vertical loading method

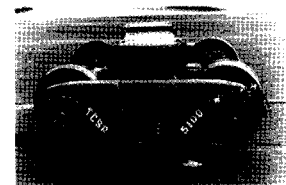
평판화차 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
338	1,225	2,438	4,001	4,371	4.034	7.0
	1,410	2,591	4,339		4.832	

2.3 바이모달(Bimodal) 시스템

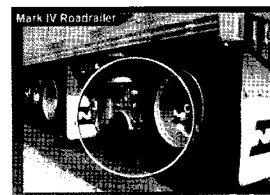
미국에서 개발되었으며, 철도/도로겸용 차량운송(Bimodal System: Roadrailer)으로 트레일러 새시를 철도에서는 화차로 사용할 수 있는 시스템이다. 새시와 새시를 보기(Bogie)로 연결하는 방식이다. 그림 6은 Bimodal 시스템을 나타내는데 (a)는 전용 보기를 연결한 모습이며, (b)는 전용 보기, (c)는 트레일러 새시에 철도용 바퀴를 유압장치를 이용해 올리고 내릴 수 있도록 장착한 로드레일러(Roadrailer)를 나타낸다.



(a) Connected chassis by Bimodal bogies



(b) Bimodal bogie



(c) Roadrailer

Fig. 6 Bimodal system

미국에서 1988년 2월에 Union Pacific 철도회사에서 달라스~시카고간 1500km를 26시간 서비스(평균시속58km), 주 5일

운전의 실용운전으로 개시한 바가 있으며, 미국 Conrail사가 Buffalo시와 New York시 사이를 운행한 결과에 의하면 운행비용이 단거리구간에서는 15%가 절감되었고, 2,000마일 구간에서는 19~21%나 절감된 것으로 나타났다. 표 3과 같이 컨테이너의 크기와 관계없이 국내 차량한계 중 높이한계를 만족한다. 철도 및 전용 터미널에서 대형 하역기계가 필요 없고, 트럭의 연료 및 Piggyback 시스템과는 달리 화차대차가 없어 비용절감의 효과가 있다. 중량, 가격, 수송비용면에서는 Piggyback보다 나은 것으로 분석되며, Bimodal 전용 트레일러는 열차로 편성될 경우, 트레일러 간 견고한 견인력이 필수적이므로 보다 견고하게 제작되어야 하는 문제점이 있다. 또한, 전용 트레일러 대당 가격이 고가이며, Mode (Road/Rail) 변경시 시간이 타 종류에 비해 더 걸리는 단점이 있다.

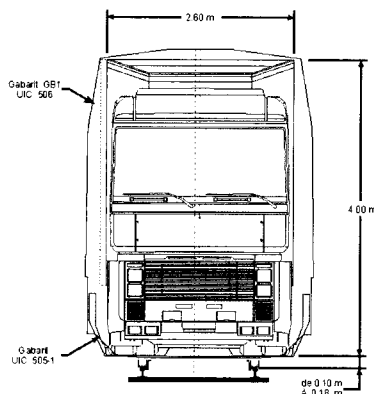
Table 3 The specification for the Bimodal system

리프트 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
max. 200	1,225	2,438	3,863	4,371	3.354	7.0
	1,410	2,591	4,201		4.152	

2.3 화차 회전형 시스템

1) 모달로(Modalohr) 시스템

프랑스 Lohr사에서 개발하여 2007년 상업화 운영되고 있는 시스템으로써 화차 중심을 축으로 버킷(bucket)이 철도에 설치된 유압모터로 회전하여 트럭이 진입 그리고 컨테이너가 포함된 트레일러 새시를 이적재할 수 있는 구조이다(M, LOHR社 홈페이지). 그림 7은 트럭 또는 컨테이너를 탑재한 경우 Modalohr의 정면도를 나타낸다.



(a) The front view of Modalohr with truck or container chassis



(b) The side view of a wagon unit of Modalohr

Fig. 7 Modalohr system

수리 및 유지보수가 용이하고, 신속하고 안전한 이동이 가능하며 운행 시 발생하는 사고 및 화물의 손상을 최소화할 수 있다. 기존 화차 두 대가 한 세트이며, 보기는 세 개를 기본으로 하는 구조이다. Modalohr 시스템은 그림 8과 같이 터미널에서 동시에 병렬로 트럭들이 진입출이 가능하여 이적재 시간을 대폭 줄일 수 있는 장점이 있다. 표 4와 같이 국내 한계를 보면 컨테이너의 크기와 관계없이 국내 차량한계를 만족한다.

이는 국내에서 사용되는 트레일러 새시의 폭은 큰 차이가 없으므로 적재에 문제가 없으며, 길이는 20ft용에서 45ft용까지 다양하지만 새시의 킹핀(King pin)을 걸속하는 방식을 사용하므로 문제가 되지 않는다. 그리고 킹핀을 걸속하는 장치가 +40mm까지 높이방향으로 가변 시킬 수 있으므로 트레일러 새시의 높이와 관계없이 고정 가능한 구조이다. 따라서, 현재의 제원으로 국내 적용이 가능하다.

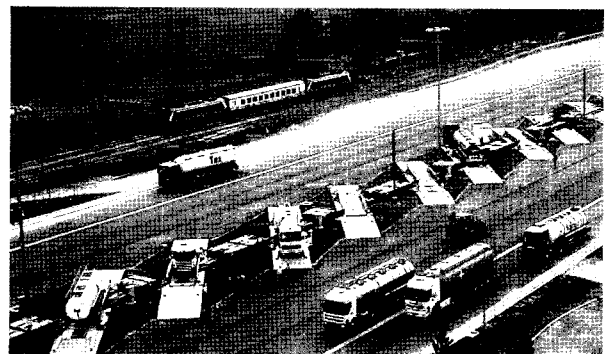


Fig. 8 The terminal of Modalohr system

Table 4 The specification for the Modalohr system

회전화차 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
226	1,225	2,438	3,889	4,371	3.314	7.0
	1,410	2,591	4,227		3.918	

2) 플렉시웨건(Flexiwaggon) 시스템

Modalohr와 유사히 화차의 일부분이 회전하여 트럭 자체를 이적재하는 방식이다. 화차는 앞부분의 대차와 가이드를 따라 분리되며, 뒷부분의 대차를 축으로 버킷이 회전하도록 되어 있다. 트럭 전체가 탑재되는 방식이다. 회전된 버킷에서 도로방향으로 가이드가 나와 화차를 지지하여 트럭이 진입출한다(F, AB社 홈페이지). 본 시스템은 개발 중인 미검증 시스템이며, 전용 터미널이 없어도 되는 것을 장점으로 부각시키고 있지만 기존 터미널만큼의 부지가 요구되며, 전용 터미널 건설 대비 화차가 너무 복잡하여 구조적으로 불안정한 단점이 있다. 이로 인해 유지보수 비용이 많이 들것으로 사료된다. 따라서, 개발할 경우에 기간적으로나 비용적 측면에서 Modalohr에 비해 장점이 보이지 않는다.

Modalohr는 이적재가 바로 순차적으로 한 번에 이루어지지만 Flexiwaggon의 경우는 하나의 트럭이 완전히 빠져 나온 뒤 다른 트럭 진입이 가능한 단점이 있다. 스웨덴 Flexi-waggon

AB에서 개발 중이며, 현재 상용화되지는 않은 상태이다.

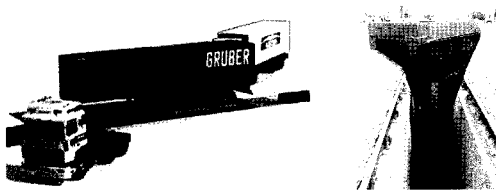


Fig. 9 Flexiwaggon system

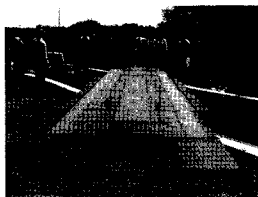
3) 카고스피드(Cargo Speed) 시스템

Modalohr와 유사하나 Cargo Speed의 요소는 화차와 내부 프레임인 Wellfloor, 그리고 회전을 위한 Pop-Up 장치로 구분되며, 화차 회전을 선로 내부 깊숙이 설치된 거대한 유압식 Pop-Up 장치를 이용하며, 대차와 화차 외부 프레임은 고정되어 있으나 그림 10(a)는 그 이적재 장면을 나타내는데 터미널 측에서 그림 10(b)와 같은 Pop-Up 장치로 Wellfloor라 불리는 화차의 버킷이 그림 10(c)와 같이 분리 또는 결합되고 회전하여 트럭을 탑재하는 방식이다(Cargospeed社 홈페이지).

화차의 구조가 다소 Modalohr에 비해 단순하나, 화차와 Wellfloor 간 고정되지 않으며, 트레일러 또한 Wellfloor에 고정되지 않아 안전성면에서 Modalohr에 비해 약하다고 사료된다. 선로 내부에 유압식으로 구동되는 거대한 Pop-Up 장치가 요구된다. 아직 검증되지 않은 시스템으로 화차 개발에는 무리가 없으나, Pop-Up 장치 개발과 터미널 공사시 Pop-Up 장치를 위해 깊은 공사가 요구되고, 더불어 선로를 양쪽 트럭 구간보다 낮게 건설해야 되는 등 전체적으로 개발, 유지보수 및 운용측면에서는 Modalohr와 유사하지만, 터미널 건설비용이 많이 드는 것이 단점이겠다.



(a) Loading or unloading of Cargo Speed (b) Pop-Up



(c) Wellfloor

Fig. 10 Cargo speed system

2.4 평행 이적재형 시스템

1) 카고비머(Cargo Beamer) 시스템

Cargo Beamer 시스템의 특징은 터미널 도로에 수평으로 이

동할 수 있는 버킷과 구동장치가 각각 따로 설치되어 있고, 버킷에 트레일러가 진입하여 이적제한 후, 버킷은 수평으로 이동하여 선로까지 이동하는 방식이다. 동작순서는 그림 11과 같으며, 반출의 경우 반대의 순서로 구동된다(C, AG社 홈페이지).

트럭을 위한 도로에서 선로까지 별도의 수평 이동 장치가 요구되며, 선로 부분에서도 버킷을 이동시키기 위해 별도의 이동 장치 설치되어 상승 및 하강 운동을 이용해 중심부까지 버킷을 위치시켜 이적재가 동시에 이루어 질 수 있는 장점이 있다.

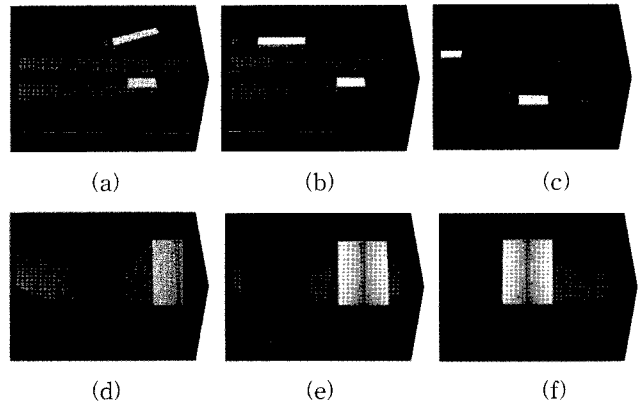


Fig. 11 Loading/unloading process of Cargo Beamer system

현재까지 검증되지 않은 시스템이지만 Cargo Beamer AG에서 2004년 개념 설계 완료하여 현재까지 개발 중이며, 2009년 상용화를 목표로 진행되고 있다. 수평이동식으로 병렬 적재가 가능하지만, 버킷과 화차와의 결합 구조로 인해 구조가 복잡하며 수평 이동 장치 설치 등으로 상당한 터미널 공사비가 요구된다. 이적재를 1회 동시에 수행하기 위해서는 트럭이 양쪽 도로편에 화차길이에 맞춰 순차적으로 진입하는 수밖에 없다. 그렇지 않으면 역순으로 또는 이적재를 따로 하여야 하므로 병렬작업이지만 2회 이상의 작업이 필요하다.

2) 카고도미노(Cargo Domino) 시스템

스왑 바디(Swap Body)형식의 카세트(Cassette) 장치가 요구되며, 이를 수평으로 이동시킬 수 있는 장치가 부가적으로 트레일러 새시에 설치되어야 가능하다. 그림 12는 이 Cargo Domino 시스템을 나타내는데 트럭은 화차 측면에 정차하게 되어 롤러형식의 컨베이어 장치 및 스왑바디형식의 장치를 이용하여 평행 이적재를 수행한다. 차량이 직접 탑재하지 않기 때문에 터널 및 운송한계에는 저촉되지 않는다. Cargo Beamer와 마찬가지로 동시에 트럭이 진입하지 못하면 중간 중간 트럭이 주차할 공간이 협소해져 2회 이상의 이적재 절차가 요구되는 단점이 있다. 스위스 SBB Cargo사에서 개발되었으며, 2002년부터 운영되고 있다(C, SBB社 홈페이지). 기존 터미널 방식을 병행할 수 있는 장점이 있으나, 화차와 트레일러 새시 높이와 일치 시켜야 하는 문제점으로 따로 터미널 공사가 요구될 수 있다.



Fig. 12 Cargo Domino system

3. 시스템별 비교 분석

분류된 DMT 각 시스템에 대하여 국내 적용시 고려할 수 있는 항목을 표 5와 같이 구성하여 비교분석하였다. 부담하중, 현 화차 활용가부, 기존 트레일러새시 활용가부, 실제 적용례, 기차 전체 작업완료 시간, 1일 최대 배차 회수, Door to Door 여부, 하역방식, 수직/수평 및 시퀀스적/병렬적 이적재 방식의 구분, 임의 또는 개별 트레일러 하역 가능 여부, 공로 및 Ro-Ro 연계성, 확장성 및 미래지향성, 생산성, 하역시간, 실적용시 기술난이도, 운영비, 시설투자비, 유지보수비, 물류비 등의 항목을 비교하였다.

부담하중의 경우 모든 후보 방식이 만족하였으나, Piggyback 방식 중 수평하역방식의 경우 국내 터널 높이를 초과하여 적용이 불가능하다. 현 화차활용 가부에 대하여는 기존을 제외하고 Bimodal과 Cargo Domino의 경우 개조가 필요하며, 그 외에는 모두 새로운 화차를 개발하여 적용하여야 하며, 현 트레일러 새시 활용 가부에 대하여는 Bimodal의 경우 Bogie 장착을 위해 개조하여야 하며, Cargo Domino 역시 스왑바디 형식의 새시 추가와 컨베이어를 위한 추가 장치가 요구된다. 기존 방식을 제외하고 Piggyback, Bimodal, Modalohr 외에는 상업화된 바 없는데 Modalohr가 가장 최근 상업화 운영되고 있어 주목할 만하다.

작업시간은 준비시간 및 양하역시간을 포함하고 전체 공정을 분석하였다(국, 2007). 동시에 양하역이 가능하며 자동화의 이점으로 화차회전식의 Modalohr와 Cargo Speed가 가장 빠른 것으로 분석되었으며, 평행 이적재 방식의 경우 주차 및 동선의 문제로 전체 화차에 이적재를 동시에 할 수 없는 것으로 검토되었다. 기존 및 Bimodal은 Parallel 방식이 되지 않는 단점이 있고, 이는 장대화시 큰 단점으로 작용하는 것으로 분석되었다. 임의의 개별 트레일러 또는 화차만 작업이 가능한 것은 기존방식과 Piggyback 수직하역, 그리고 Flexiwaggon을 제외한 화차 회전식에서만 가능함. 평행 이적재식의 경우 주차문제로 인해 이를 가능하게 하기 위해서는 전후 양쪽의 트레일러가 없을 경우에만 가능한 단점이 있다. 기존 방식 외에는 모두가 Door to Door, 공로 연계성을 만족하며, 그 중 Piggyback 수직하역방식 및 Bimodal을 제외하고는 연안운송과의 연계와 Ro-Ro 연계가 수월하다고 볼 수 있다. 차량개발 가능성 및 실현성에서는 국내 기술력으로 모두 가능할 것으로 예상되지만, 아직 상업적으로 적용되지 않은 시스템의 경우 그 불확실성으로 인해 단언할 수 없지만, 확장성 및 미래지향성의 경우 시스템의

Table 5 Comparisons for each DMT system candidates

항목	방식	기존 방식	Piggyback		Bi-modal	화차 회전식			평행 이적재식	
			수평 하역 방식	수직 하역 방식		Modalohr	Cargo Speed	Flexi-waggon	Cargo Bearer	Cargo Domino
부담 하중	표준화하중 (LS-18)이하	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	기관차축중 (25t)이하	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	화차축중 (22t)이하	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	화차평균중량 (7t/m)이하	○	○	○	○	○	○	○	○	○
차량한계 저축여부	○	×	(766m)	△	○	○	○	○	○	○
현 화차 활용가부	○	○	×	△	×	×	×	×	×	△
기존 트레일러새시 활용가부	○	○	○	△	○	○	○	○	○	×
실제 적용례	○	○	○	○	○	×	×	×	×	○
기차 전체 작업완료 시간 (25량기준)	long	long	long	very long	Very short (자동화시 아주 짧음)		Short (동시 이적재 불가능)	short (동시 이적재시 트럭 2회 차선 변경)		
작업 시간	작업 준비시간	2시간	×	2시간	15분	15분	15분	20분		
	양하역 시간	1시간 30분	×	2시간	2시간 10분	30분 (자동화시 20분 이하 가능)	50분	45분		
	합계	3시간 30분	×	4시간	2시간 30분	45분	1시간 5분	1시간 5분		
1일 최대 배차 회수 (터미널 1천로 기준)	6회		6회	8회	26회	22회	22회			
Door to door	×	○	○	○	○	○	○	○		
하역 방식	수직/수평	수직	수평	수직	수평	수평			수평	
	S (sequential) / P (parallel)	P	S	P	S	P			P	
임의 또는 개별 트레일러 하역 가능 여부	○	×	○	×	○			△ (트럭과 트럭 사이로 진입하기 어려움)		
공로 연계성	×	○	○	○	○			○		
Ro-Ro 연계성	×	○	△	△	○			○		
차량개발 가능여부	-	○	○	○	○	△	△	△	○	
실현 가능성	-	×	○	○	○	△	△	△	○	
확장성 및 미래지향성	낮음	낮음	낮음	보통	높음	높음	보통	높음	보통	
생산성	낮음	낮음	낮음	낮음	높음	높음	약간 높음	약간 높음	약간 높음	
하역시간	높음	높음	높음	높음	빠름	빠름	약간 빠름	보통	보통	
실적용시 기술난이도	-	낮음	보통	보통	보통	보통	약간 높음	높음	보통	
운영비	높음	높음	높음	높음	보통	보통	보통	보통	보통	
시설투자비	적음	보통	보통	보통	보통	높음	높음	높음	높음	
유지보수비	낮음	낮음	낮음	보통	보통	보통	보통	보통	높음	
물류(유통)비	높음	보통	보통	적음	보통	보통	보통	보통	낮음	

복잡성이 낮고 생산성이 좋으며 신뢰성과 타시스템과의 연계성이 중요시 되므로, Modalohr와 Cargo Speed, Cargo Beamer가 높다. 그 중 실적용된 이점을 제외하면 Modalohr와 Cargo Speed의 경우가 가장 높다고 사료된다.

생산성과 하역시간에 대하여는 화차회전식이 Parallel 방식, 간편한 절차, 이적재 동시 가능한 방식의 이점 등으로 가장 좋은 것으로 검토되었다. 기술 난이도는 화차 설계시 난이도는 대부분이 크게 차이가 없으나 Flexiwaggon이 그 복잡성에 의해 가장 높을 것으로 사료되며, 터미널 건설의 경우 Cargo Speed와 Cargo Beamer의 경우 핵심기술의 난이도가 비교적 높게 분석된다.

운영비측면에서는 기존방식과 Piggyback, Bimodal의 경우 자동화의 어려움으로 운영비가 비교적 많이 드는 것으로 분석되며, 시설투자비의 경우 Cargo Speed, Flexiwaggon, Cargo Beamer, Cargo Domino가 비교적 타 시스템에 비해 높은 것으로 나타났으며, 유지보수비는 Cargo Domino의 경우 기존 새시와 부가적 장치들이 트레일러 수만큼 고려되어야 하므로 가장 높은 것으로 보인다. 유통비의 경우 중량저하의 장점으로 인해 Bimodal과 Cargo Domino가 이점이 있다고 분석되었다.

4. 결 론

기존 철송 이용시 가장 대두되는 문제점은 육송에서의 가장 큰 장점인 door to door 서비스가 어렵다는 것이며, 이것은 화주들이 철송 이용을 꺼리는 가장 큰 이유이다. 또한, 향후 진기기관차로 대체됨에 따라 기관차 상부로 공중가선(Catenary)이 설치됨에 따라 크레인 진입 및 작업이 불가능하게 될 것이며, 기존의 수직 양하역 작업이 불가능해진다. 따라서, 수평 양하역 방식 전환이 요구된다. 현재 철송의 경우 출발지에서 목적지까지 이루어지는 운송절차가 상당히 복잡하고, 출발지의 셔틀비, 출발지 및 도착지까지에서 발생하는 장치장 적재와 철송직전 대기 및 배열 준비작업을 위한 크레인 또는 스테커 작업이 필요하다. 기타 유통비 등 부수적인 물류비 및 불필요한 시간 소요가 발생하는 것을 줄이기 위해 DMT 시스템은 그 대안으로 주목되고 있다.

향후 물동량 증가시, 기존 철도 운송방식을 그대로 사용할 경우 CY 야적장 등 시설 및 부지의 확충과 크레인 등과 같은 장비의 추가가 요구된다. 이는 많은 경제적 자원과 향후 계속적 인력을 요구하므로 현실적으로 그 방식을 고수하기는 미래 지향적 측면에서 문제가 있다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 물류 선진국의 DMT 시스템들의 동향을 조사하였으며, 기술적 검토를 통해 국내 적용시 적합한 모델 제시활용에 기여하고자 하였다. 연구된 결과로 Piggyback 평판화차방식은 건축한계문제가 대두되는 만큼 DMT 시스템의 선정에서 제외되어야 하고, 저장화차 또한 크레인을 이용하여 트레일러 샴시를 운반해야하므로 기존 방식대비 나은 점이 없는 것으로 평가되었다. Bimodal의 경우는 초기투자비용이 적게 드는 이점은 있지만, 양하역 작업에 대한 불편함을 감수

하거나 작업시간에 따라 향후 늘어나는 물동량을 수용하기에는 부적절한 시스템으로 사료된다. 즉, 새로운 철도 운송 시스템으로 채택하려면 기존 철송장보다 시간적 또는 운영상의 이점을 가지고 있어야 하는데 Bimodal의 경우 시간적 이점이 약하다고 볼 수 있다.

이상의 세 가지 DMT 시스템에 비해 화차 회전형과 평행 이적재형이 현 철송 시스템의 문제점을 해결할 수 있으며, 다방면에서 많은 장점이 나타났다. 그리고 그 두 부류에서도 특히 화차 회전형이 평행 이적재형보다 이적재시 트럭 진입 방식이 사선 구조로 되어 있어 진입시 많은 차량이 동시에 작업할 수 있어 자동화시에는 작업시간 단축의 효과를 부가적으로 얻을 수 있다.

결론적으로 화차회전형에서 이적재시 단순 작업이 불가능한 Flexiwaggon 시스템을 제외하면 Modalohr와 Cargo Speed가 가장 국내 적용시 용이하며 그 생산성 또한 기대된다.

이에 고려되는 시스템들에 대한 터미널 부지 선정 및 경제성 분석을 면밀히 분석하여야 할 것이며, 터미널 및 차체 개발을 위한 기술을 시급히 개발하여 본 시스템을 국내 적용한다면 현재의 물류시스템이 갖는 문제점들을 현격하게 줄일 수 있으며, 물류 서비스의 질적 향상 및 국가 경제력 향상을 도모할 수 있을 것으로 기대한다. 그러나, 이러한 선행 개발되고 있는 DMT를 바로 국내화하는 것은 화주나 국내환경에 문제가 될 수도 있다. 따라서, 적용측면에서의 국내 실정에 대한 면밀한 조사와 분석이 필요하다. 선진 DMT의 기술적 아이디어의 개선과 기술개발, 그리고 국내실정과와의 절충이 있어야만 좋은 성과를 이룰 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 국토해양부 한국건설교통기술평가원의 교통체계 효율화사업(07교통체계-물류04)과 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(IITA-2006-C1090-0701-0004)의 지원으로 수행되었음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- [1] 김현웅, 문대섭(2003), “고속철도 시대의 철도 화물 수송 정책-고속 철도 복합운송을 중심으로,” 춘계 철도학회 학술대회.
- [2] 국토연구원(2001), 화물 운송체계 개선을 위한 물류산업 발전 방안 연구 보고서
- [3] 국토해양부·한국건설기술평가원, 동아대학교(2007), “(물류 04) 철도물류 활성화를 위한 DMT(Dual Mode trailer) 수송시스템 개발 기획연구”.
- [4] 교통개발연구원(2002), “남북간 철도연결에 따른 수도권 및 지역간 철도망의 정비방향(1단계) 보고서”.
- [5] 교통개발연구원(2004), “첨단 물류기술 개발에 관한 연구 보고서”

- [6] 이용상(2001), “철도물류 활성화를 위한 신물류운송시스템의 도입방안”, 철도기술연구원.
- [7] 최용석, 하태영(2005), “초대형 컨테이너선 기항에 대응하는 항만생산성 예측”, 한국항해항만학회 추계학술대회 논문집, 제29권 제2호, pp.319-325.
- [8] 한국건설연구원(2001), “동북아연결 복합물류 시스템의 기술개발에 관한 연구”.
- [9] 한국건설기술연구원(2001), “철도물류의 표준화, 자동화 체계 구축 및 운송방식의 개선”.
- [10] 한국철도기술연구원(1997), “철도 소화물 수송체계 및 제도개선 연구 보고서”.
- [11] 한국미래물류연구원(2000), “택배사업 성장화에 따른 철도 택배사업 참여 방안 연구 보고서”.
- [12] Cargospeed社 홈페이지, <http://www.cargospeed.net>
- [13] Cargobeamer AG社 홈페이지, <http://www.cargobeamer.com>
- [14] Cargodomino, SBBcargo社 홈페이지, <http://www.sbbcargo.com>
- [15] Flexiwaggon AB社 홈페이지, <http://www.flexiwaggon.se>
- [16] Lee, J. W., Suh, J. H., Lee, Y. J., and Lee, K. S.(2004), “Improvement of LMCTS Position Accuracy using DR-FNN Controller”, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent System, Vol.4, No.2, pp.223-230, September.
- [17] Modalohr, LOHR社 홈페이지, <http://www.modalohr.com>

원고접수일 : 2008년 6월 18일

심사완료일 : 2008년 10월 17일

원고채택일 : 2008년 10월 30일