
Global Report

이동중 충전방식 트롤리버스 시스템을 위한 인프라시설

1. 도입
2. 이동중 충전방식의 인프라시설
: 트롤리버스와의 인터페이스
3. 이동중 충전방식 인프라시설의 설계
4. 철도 인프라시설과의 공동사용
5. 공유하는 다목적의 충전 인프라시설
6. 사례연구
7. 결론

1. 도입

이동중 충전방식(IMC, In Motion Charging)의 축전지-전기 트롤리버스 시스템은 엄청난 경제적, 환경적 잠재성을 가진 매우 효과적인 기술이다. 즉, 고용량의 승객수송, 무한의 이동거리, 방해받지 않는 24+7 운행, 무가선 방식 서비스의 탄력성 그리고 에너지-효율적인 무배출가스 이동이 그것이다. 이동중 충전방식(IMC)은 특히 강력한 냉방이나 난방이 필요한 환경 즉, 아주 빈번하게 운행하거나 고가에서 영업 운행속도가 높은 전기 간선급행버스(e-BRT, electric bus rapid transit) 노선에서 운행하는 장대차량과 같이 고속의 고용량 운행에 적합한 시스템이다. 단순하고 투자비용이 적은 인프라시설을 가진 단거리를 운행하는 대형차량의 경우, 이동중 충전방식(IMC)은 총소유비용(TCO, Total Cost of Ownership), 신뢰성 및 에너지효율성 측면에서 바람직한 솔루션이다.

본 보고서는 이동 중 충전방식(IMC)을 장착한 축전지 트롤리버스 즉, ‘개량된 트롤리버스 2.0’(reinvented trolleybus 2.0)의 도입에 대해 다루고 있으며, 필요한 인프라시설과 그 도전에 대해 특별히 초점을 맞추고 있다. 또한, 본 보고서는 2019년에 발간된 ‘혁신적인 이동중 충전방식(IMC) 트롤리버스’(In Motion Charging Innovative Trolleybus)의 후속편이다.

2. 이동중 충전방식(IMC)의 인프라시설 : 트롤리버스와의 인터페이스

이동중 충전방식(IMC)은 이미 많은 부분이 표준화되어 있는 검증된 트롤리버스 시스템이며, 세계적으로 거의 3백 개 도시에서 운영 중이다. 세계적으로 표준화가 되어있기 때문에, 어떠한 버스제작회사가 만든 트롤리버스도 세계적으로 어느 도시에서든지 운행이 가능하다. 버스와 인프라시설 간에 존재하는 특별한 이동중 충전방식(IMC) 인터페이스는 주로 다음과 같이 구성된다.

- ① 이동 중 충전방식(IMC) 차상 충전장치 ② 2개의 폴을 가진 이동중 충전방식(IMC) 집전시스템
- ③ 재연결 퍼널(reconnection funnel) ④ 한 쌍의 현수 전차선 ⑤ 전원공급 시스템

2-1. 차상 충전장치(IMC onboard chargers)

이동중 충전방식(IMC)의 차상 충전장치는 차량과의 통신을 위한 충전 프로토콜이 불필요하며 전원공급을 위한 기본적인 철도 변전소만 필요할 뿐이다. 차량의 축전지 관리시스템과의 통신을 위한 특정 프로토콜이 필요한 현재의 다른 지상충전 축전지 버스용 표준과 비교해 볼 때, 이동 중 충전방식(IMC) 기술은 표준화되어 있고 탄력적이며 튼튼하다.

이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스는 프로토콜이 전혀 불필요한 동일한 세계 표준에 따라 충전이 진행된다. 즉, 충전 관리는 차량이 담당하며, 차상 충전장치는 축전지의 필요에 따라 가선에서 전력을 수전한다. 일부 이동중 충전방식(IMC) 트롤리버스는 동일한 가선에서 운행하면서 동시에 그리고 독립적으로 충전이 가능하다. 기술적 속박(technological lock-in) 위험이 없기 때문에 입찰 프로세스 진행이 훨씬 용이하다.

이동 중 충전방식(IMC)에 사용되는 기본적인 철도 변전소는 40년 이상의 수명과 높은 신뢰성을 가진 이미 증명된 기술로서, 총소유비용(TCO) 계산에 긍정적인 영향을 미치고 지속가능한 투자를 보장한다.

2-2. 집전시스템(CURRENT COLLECTOR SYSTEM)

이동중 충전방식(IMC) 트롤리버스용 집전시스템은 세계적으로 증명된 하나의 표준을 따른다. U자 형태의 상부부분은 전차선이 설치된 대로 이동하며 차량이 이동중일 때 집전용 폴을 가이드 한다.

2-3. 재연결 퍼널(RECONNECTION FUNNELS)과 전차선



▶ Un-wiring and re-wiring with connection funnel on Shanghai's route 71 BRT, taking less than 5 seconds



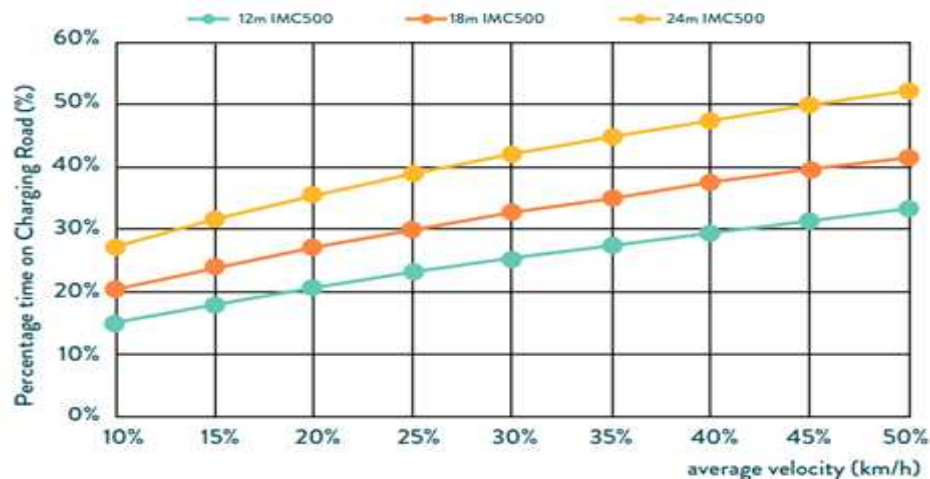
Vehicle current collector head with copper overhead wire.



▶ Transparent funnels in Villeneuve, Switzerland, are less visually intrusive

이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스는 전차선이 없는 구간을 통과한 이후에는 전차선에 재연결된다. 재연결 작업은 승객들이 버스 정류장에서 승차하는 동안 자동으로 진행되며 3초~15초 정도 걸린다.

그런데, 이동중 충전방식(IMC)에 필요한 현수 전차선의 규모가 운영기관에게는 중요한 문제이다. 아래 그래프는 영업 속도에 따라 현수 전차선을 이용하는 차량의 길이와 급전시간 비율 간의 관계를 보여준다.



<현수 전차선에서의 영업 속도와 급전시간 비율간의 관계>

필요한 전차선 규모는 주로 송전전력(power transfer, 여기서는 500kW), 차량길이 그리고 속도에 달려 있다. 예를 들어, 평균 상업속도가 18km/h인 24m 길이의 2량 연접 트롤리버스의 경우, 현수 전차선을 사용하는 충전하는 시간은 총 주행시간 중의 약 35%에 불과하다. 한 예로, 500kW 송전전력을 통해 상구배를 운행할 경우, 축전지 충전은 200kW까지 가능하며 동시에 2개의 전동기(2x120kW)에 충분한 전력을 공급하면서 난방이나 냉방과 같은 보조전원에 전력을 공급할 수 있다. 만약 현수 전차선 아래에서 차량 운행시 차량속도가 낮을 경우, 충전시간은 더 길어지기 때문에 노선에 필요한 현수 전차선 길이는 더 줄일 수 있다.

독일 솔링겐(Solingen)에 운행 중인 연접 [IMC500] 트롤리버스는 전체 주행시간 중 33% 정도만 현수 전차선이 필요하므로 결과적으로 전체 노선길이의 23%만 현수 전차선이 설치되어 있다.

3. 이동중 충전방식(IMC) 인프라시설의 설계

도시에서 이동중 충전방식(IMC) 인프라시설을 설계할 경우에는, 수요에 대해 전체적으로 경제적, 생태학적 분석이 필요하다. 이것에는 일시적인 서비스의 변경과 미래의 네트워크 연장 계획과 관련된 전체

적인 운영상의 건전성도 포함된다.

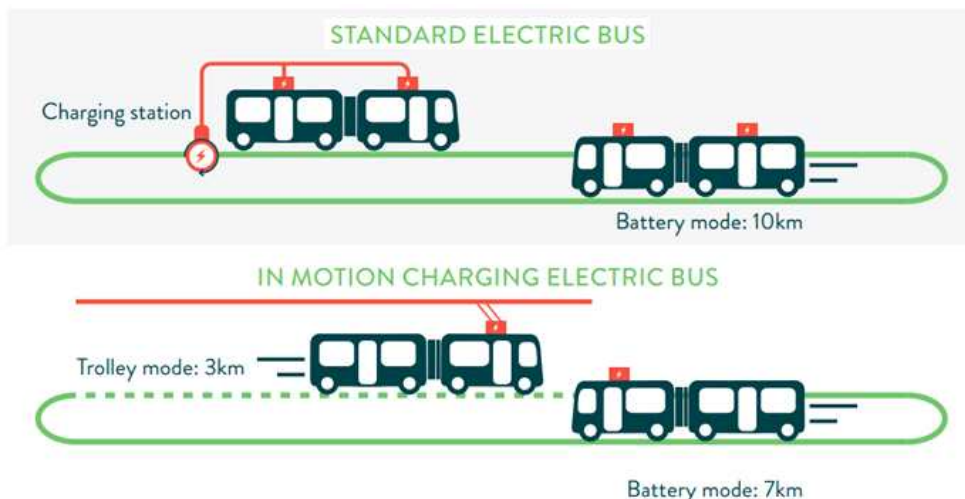
전철기, 분기기 그리고 회차선(turning loops)과 같은 값비싼 시스템의 적용을 피하는 것만으로도 현수 전차선 인프라시설의 평균 km당 건설비용을 절반으로 낮출 수 있다. 비슷하게, 현수 전차선의 전체 길이를 줄이고 단순화시키는 것만으로도 기존의 트롤리버스 시스템과 비교하여 이동 중 충전방식(IMC) 인프라시설 설치비용과 유지관리 비용을 줄일 수 있다. 또한, 디지털 클라우드에 기반을 둔 기술을 적용하게 되면, 시스템에 대한 에너지관리 모니터링이 가능하고 전력 그리드의 안정화에 적극적으로 도움이 된다.

3-1. 정지중 충전방식과 이동중 충전방식 : 충전전력과 축전지 크기 측면에서의 비교

전략적인 관점에서 축전지 운행버스 노선을 도입하는 것은, 축전지의 크기와 무게를 최소화함으로써 고전력 기회충전(opportunity charging) 방식과 비교하여 약 10% 이상의 승객용량을 추가로 확보할 수 있다. 축전지 크기를 줄이는 것은 아래 두 가지 이유이다.

- ① 전차선을 도입하게 되면, 축전지가 방전되는 장소(현 지점에서 10km에서 7km 정도)까지의 이동거리를 단축시킬 수 있기 때문에 이동거리를 확보하기 위해 필요한 기술적 조건을 완화시킬 수 있다.
- ② 충전시간을 확보할 가능성이 낮아지면 충전전력이 증가되어야하므로, 결과적으로 축전지 크기는 커져야 한다.

정지 중 충전방식은 비생산적인 대기시간을 유발하며 이 충전시간은 가능한 줄여야 한다. 이동 중 충전방식(IMC)의 경우, 전차선이 충전시간을 제공하는 동안 생산적으로 승객 수송이 가능하다. 아래 그림을 보면, 속도 15km/h라고 가정한다면, 3km 길이의 전차선 구간에서 12분간 동안 충전상태를 유지한다. 그 시간과 200kW 충전전력이면 충분한 에너지가 충전된다.



<정지 중 충전방식 버스와 이동 중 충전방식 버스의 축전지 사용시간 비교>

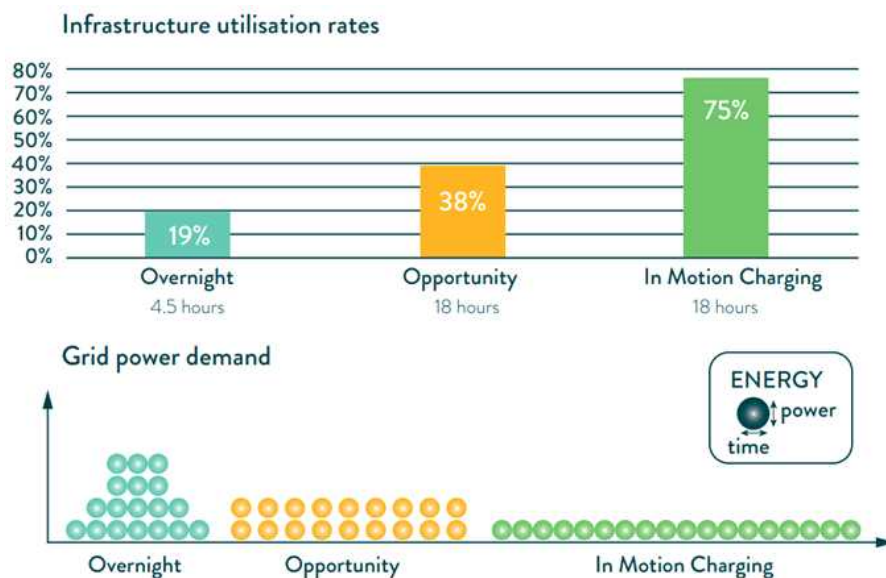
정지 중 충전방식에서는, 아이들링 정지시간이 최소화되어야 한다. 충전시간을 절반으로 줄여 6분까지 만들기 위해서는, 결과적으로 동일한 40kWh 전력량의 충전을 위해 충전전력을 두 배로 만들어야 하므로 동일한 축전지 수명시간을 유지하면서 축전지 크기를 두 배로 만들어야 한다. 축전지는 전력을 충전하는 것에 국한되므로, 충전전력을 두 배로 만들기 위해서는 축전지 크기를 두 배로 만들어야 되는 것이다. 더욱이, 이동거리가 짧은 소형의 축전지라면 더 신속하게 충전됨을 의미한다.

전차선 구간에서 운행 중일 때 최고의 효율성이 유지되는데, 그것은 에너지가 인프라시설에서 차량의 전동기로 직접 제공됨을 의미한다. 즉, 축전지를 바이패스시키고 충전으로 인한 에너지 손실을 없애는 것이다. [IMC500] 차량의 경우, 전차선이 없는 구간에서 운행할 경우 구동에너지의 단 70%만 필요할 뿐이다. 전차선이 있는 구간에서 운행되는 30% 시간동안 냉방시스템은 최대한 작동되어 전차선이 없는 구간에서 차량이 완벽하게 작동되도록 함으로써, 나중에 구동전력으로 사용되기 위해 축전지에 저장된

에너지를 절감하게 된다.

요약하면, 이동 중 충전방식(IMC)은 버퍼 축전지로부터의 에너지가 덜 필요하고 더 긴 충전시간을 가질 수 있다. 반대로, 정지 중 충전방식으로 운행하는 트롤리버스는 운행 전에 100% 충전이 필요하다. 승객 수송용량은 이용가능한 공간과 축전의 한계에 달려있기 때문에, 경량의 소형 축전지는 더 많은 승객을 수용할 수 있음을 의미한다.

전체 그리드 전력수요가 이동 중 충전방식(IMC)보다 4배나 많은 심야 충전방식과도 비교가 가능하다. 아래 그래프는 상이한 이용률과 전력수요를 보여준다. 이동중 충전방식(IMC)은 전력 그리드에서 이용할 수 있는 최고의 이용률과 전력수요를 제공한다.



<충전방식에 따른 인프라시설 이용률>

급전 변전소(feeder substations) 건설의 경우, 설치비용은 전력 그리드와의 거리에 달려있다. 밀집한 도시지역 내에서 기회충전을 위한 장소로 연결되는 지하 전력선을 설치하기 위해서는 상당한 비용이 필요하다. 이동 중 충전방식(IMC)을 이용하면 급전 변전소의 위치는 탄력적으로 선택할 수 있는데, 그것은 현수 전차선을 따라 어느 지점에서든 설치가 가능하며 전력 그리드 간에 최적의 거리에 설치가 가능하기 때문이다. 달리 말하면, 지하 전력선 설치비용은 최소화되고 현수 전차선으로 전력을 이용할 수 있다.

3-2. 노선 및 네트워크 선형 분석

수요예측과 목표로 하는 도입 계획에 더불어, 네트워크 선형도 핵심적인 문제이다. 상대적으로 가벼운 차량무게와 연속운행 가능성 때문에, 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스는 아래의 환경을 가진 네트워크에 특히 적절한 솔루션이다.

- ① 높은 수요 와/또는 빈번한 운행이 필요한 곳 예를 들어, 몇 개의 노선이 중첩되는 중용량 또는 고용량의 운행구역에서는 인프라시설을 최대로 이용할 수 있다.
- ② 예를 들어, 2량의 연접 버스와 같이 대형 차량이 운행되는 간선급행버스(BRT) 노선의 경우, 운영비용이 적게 들고 설치시간이 많이 걸리지 않는다.
- ③ 일 운행거리가 긴 지역 : 노선운행 과정에서 정지하는 동안 충전이 불필요하고 냉난방 중일 경우에도 종점역에서 진행되는 비생산적인 충전시간이 불필요하다.
- ④ 구릉지역 운행 : 에너지를 외부에서 공급한다는 것은 축전지가 덜 필요하며, 더욱 경제적이고 생태학적으로 경량의 차량이 운행 가능함을 의미한다.
- ⑤ 또는 상기 사항들을 결합할 경우

이동 중 충전방식(IMC)을 설치한다는 것은 여러 노선이 공통으로 사용하는 전차선이 존재할 경우에는 특히 흥미로울 수 있는데, 그것은 이용률이 높아지고 해당지역에 현수 전차선 설치에 투자하는 것이 상대적으로 신속한 투자대비 효과(returns on investments)를 보장하기 때문이다.

상대적으로 낮은 유지관리비용과 결합되어, 이동 중 충전방식(IMC) 차량이 보유한 상당히 긴 수명주기는 더 낮은 총소유비용(TCO)을 만들어 낸다. 많은 경우에, 총소유비용(TCO)은 현수 전차선에 대한 선 투자를 상쇄할 뿐 아니라 그것으로부터 수익을 발생시키기도 한다.

3-3. 가버넌스(관리체계)

많은 나라에서, 트롤리버스는 전통적으로 철도로 분류되어 운영관리 양허제도와 운영 허가제도로 운영되고 있다. 이동 중 충전방식(IMC)으로 변경되면, 트롤리버스는 상당한 기간을 현수 전차선 없이 운행이 가능하므로 다른 버스시스템과 비슷하다. 그러므로 축전지 전기버스(e-buses)를 위한 자금지원 메커니즘을 이동 중 충전방식(IMC) 버스에 적용할 수 있다.

3-4. 도시 디자인과 통합

이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스는 복잡한 현수 전차선 체인이 필요하지 않고 시각적으로 거슬리지 않으며 심미적인 시각적 요소로 도시환경에 잘 통합되거나 숨겨지는 단순한 이중 전차선(double wiring)이 필요할 뿐이다.

그런데, 대중교통 인프라시설의 외향은 항상 도시 디자인에 심리적인 기능을 가지고 있으며 신뢰성 있고 지속가능한 도시 연결에의 이용가능성을 보여주는 것이다. 주어진 상황에서 더 우수한 기회를 찾기 위해, 세계대중교통연합(UITP)은 도시 디자이너 그리고 우수한 건축가들과 적극적인 협력을 진행하기를 권고한다.

뉴타운 계획과 교외화(suburbanisation)는 노선의 탄력적 적용을 통해 쉽게 진행이 가능하다. 또한, 간선 노선의 효율적 이용과 지역 커뮤니티에 완벽하게 유연한 서비스를 제공하기 때문에, 이동 중 충전방식(IMC)은 이상적인 솔루션이다. 낮은 투자비용과 신속한 설치기간 때문에, 세계대중교통연합(UITP)은 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스가 일반적으로 도시의 지속가능한 도시 모빌리티 계획(SUMPs, Sustainable Urban Mobility Plans) 초기 단계에 포함되기를 제안한다.

4. 철도 인프라시설과의 공동이용

기존에 도시철도나 경전철/트램 시스템을 보유한 도시들은 이동중 충전방식(IMC) 시스템으로 해당 도시의 이-모빌리티(e-mobility) 네트워크를 쉽게 보완할 수 있는데, 그 이유는 시스템 모두가 직류 600V 나 750V 전력공급 방식을 사용하기 때문이다. EN50122-1과 같은 유럽 표준은 트램과 트롤리버스 모두를 위한 전력공급 인프라시설의 공동사용을 허용하며, 이는 이미 증명된 기술이다. 도시철도나 트램의 기존 변전소는 이동 중 충전방식(IMC) 현수 전차선에 전력을 공급하는데 사용될 수 있으며, 그것은 주요 부품을 거의 동일하게 사용하고 있기 때문이다.

일반적으로, 철도 변전소는 짧은 시간 동안에 정규전력의 300%가 되는 피크전력을 공급하도록 설계되어 있다. 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스는 이용 가능한 시점에 전력을 끌어서 사용하기만 하며, 부분적으로 차상에 설치된 축전지로부터 전력을 이용할 수 있다. 전력시스템의 파괴는 지능형 차상 전력 관리 시스템에 의해 방지된다. 즉, 실시간으로 가선의 전압을 검지하고 그에 따라 주의 깊게 충전시스템을 적용시킨다. 트램 시스템에서 전차선을 지지하는 기존의 마스트(폴대나 타워)가 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스 시스템의 현수 전차선을 설치하는데 이용될 수도 있다.

경전철 시스템과 결합된 이동중 충전방식(IMC) 트롤리버스 시스템은 하나의 제어센터에서 전력관리 등을 포함한 관리가 가능하다. 경전철 인프라시설에 익숙한 훈련된 직원들이 거의 추가적인 교육훈련 없이 고정된 이동 중 충전방식(IMC) 전차선 시설물의 운영과 유지관리가 가능할 것이다.

상기에 기술된 기술적인 시너지에 추가로, 운영적 측면의 장점도 존재한다. 보통, 도시철도나 경전철 시스템은 도시교통의 근간을 이루고 있다. 이동 중 충전방식(IMC) 시스템은 이러한 근간이 되는 노선을 따라 설치된 기존의 변전소를 이용하여, 이상적으로는 이탈리아 밀란과 같이 기존의 철도시스템을 보완하는 새로운 전력 순환선을 창조할 수 있다.

5. 공유하는 다목적의 충전 인프라시설

도시지역의 전기 수요가 실질적으로 이-모빌리티(e-mobility)의 사용증가로 인해 증가하기 때문에, 지역적 차원에서 전력 그리드를 보완하기 위한 새로운 충전 솔루션이 나타나야 한다. 이동 중 충전방식(IMC) 네트워크는 직류 고속충전 허브의 역할을 담당할 가능성이 있으며, 그것은 도시에서 많은 공간을 사용하지 않고 전기자동차 사용을 독려할 수 있을 것이다.

새로운 이동 중 충전방식(IMC) 네트워크를 계획할 때, 배출가스를 생산하지 않는 모빌리티 시스템으로의 이전을 최대한 독려하도록 이러한 물리적인 교통 인프라시설이 검토되어야 한다. 그리하여, 다목적 사용, 정지형 에너지 저장장치와 재생에너지 소스와 통합되어야 한다.

예를 들어, 네덜란드 아른헴(Arnhem)의 경우, 기존의 트롤리버스 네트워크용 전력공급 시스템은 직류 트롤리 전력 그리드로부터 직접 전력을 끌어오는 혁신적인 충전장치를 통해 해당지역의 전기구동 차량을 충전하는데 사용된다.

6. 사례연구

예를 들어 북미지역의 경우, 수요가 급증하는 운영 상황에서 대규모 전기버스 차량 공급이 이루어졌다. 캐나다 밴쿠버는 2010년 동계올림픽을 위해 262대의 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스를 도입하여 운행 중이다. 샌프란시스코는 2017년부터 278대를 도입했고, 시애틀도 리튬-이온 축전지를 장착한 174대의 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스를 도입했다.

샌프란시스코 교통국(SFMTA, San Francisco Municipal Transportation Agency)은 트롤리버스와 디젤 버스를 포함하여 운영 중인 차량 전체에 대해 평균고장거리(MDBF, mean distance between failures)를 측정하고 그 결과를 발행한다. 새롭게 도입된 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스 평균고장거리(MDBF)는 기대치를 상회하며, 이동 중 충전방식(IMC) 버스는 급경사와 수요가 많은 중심지역을 운행함에도 불구하고 디젤버스보다 일반적으로 성능이 우수하다. 우수한 신뢰성과 더불어, 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스의 운영 성능은 기존의 bus와 비교가 될 만하다. 또한, 충전 문제가 없기 때문에, 278대의 버스 전체에 대한 유지관리가 10명 미만의 인원으로 충분이 가능하다.

이탈리아는 서유럽에서 트롤리버스 시스템을 운영하는 도시들을 가장 많이 보유하고 있으며 그 수량도 증가하고 있다. 예를 들어, 리미니(Rimini)에는 새로운 전기-간선급행버스(e-BRT) 노선이 도입되었다. 페스카라(Pescara)는 2022년 하반기에 운영 시작을 위해 최근에 이동 중 충전방식(IMC) 버스를 주문했다. 제노바는 24m 길이의 양방향 연접 차량을 사용하기 위해 새로운 고용량의 이동중 충전방식(IMC) 시스템 도입 계획을 수립했으며 이것은 린츠(Linz)와 비교될 정도이다.

독일 베를린은 이동 중 충전방식(IMC) 시스템 타당성을 광범위하게 분석하여 시스템 도입을 결정했다. 체코의 프라하(Prague)도 공항까지 운행 중인 도시철도를 대체하는 새로운 고성능 이동 중 충전방식(IMC) 노선을 계획하고 있으며, 슬로바키아 브라티슬라바(Bratislava)는 2량 연접 트롤리버스를 도입할 예정이다.

또한, 최근 중국 상하이와 베이징에서는 이동 중 충전방식(IMC) 트롤리버스 운영 컨셉트로 설계된 새로운 간선급행버스 시스템이 건설, 도입되었다. 2017년, 터키 말라티아(Malatya)는 저렴하고 경전철 대신에 빨리 건설되는 시스템 대안으로 24m 길이의 트램버스를 도입했다.

6-1. 이동중 충전방식(IMC)의 장점

- 냉난방 성능과 최대의 승객운송 용량을 보장하며 무한정으로 이동하는 전기버스 개념
- 충전을 위한 정지가 불필요한 24+7 운영
- 이미 증명된 확실한 기술, 높은 이용가능성, 신뢰성 있는 이-모빌리티(e-mobility)
- 도입이 빠르며 변환도 빠름
- 세계적으로 이미 구축된 인프라시설 인터페이스 표준을 통해, 경쟁력있는 입찰 가능
- 에너지 소비가 적고 더 우수한 지속가능성을 보장하는 내구성있는 경량 차량
- 축전지로부터 또는 축전지 쪽으로 진행되는 에너지 변환과정에서 필연적으로 발생하는 이중의 손실 없이 현수 전차선으로부터 직접 차량에 전력을 공급하는 진실로 지속가능하고 경제적인 전력공급 개념
- 엄혹한 운영환경에서도 매우 효과적임
- 기존의 bus와 비슷한 안락한 bus 운영
- 변전소는 철도에서의 사용과 결합이 가능하며 차량 충전장치 없이 전기버스에 대한 기회충전이 가능함
- 냉난방을 위한 디젤 전원의 차량 불필요

6-2. 왜 가선방식인가?

- 가선 방식은 축전지 크기를 감소시킴(예를 들어, 축전지 모드로 운행되는 시간을 줄임)
- 가선 방식은 축전지가 경량화 되므로 승객용량이 증가됨
- 가선 방식은 운행 중에 귀중한 충전시간을 제공하고 정지하여 충전을 시행해야 하는 비생산적인 시간 손실을 없앴
- 가선 방식은 시간이 지남에 따라 전력공급을 광폭화 시키고 전력 그리드의 피크전력 수요를 평활시킴으로써, 에너지 그리드의 안정화에 적극적으로 이바지함
- 특히, 이동 중 충전방식(IMC) 전차선은 최고의 인프라시설 이용률로 필요한 장소에 적용 가능함
- 가선 방식은 20년 정도의 수명주기를 가지고 있으며 재생이 쉽고 최초의 재료가격을 유지함으로써, 순환경제의 필수적 요소가 됨
- 변전소와 마스트(급전용 폴대)는 수명주기가 50년임
- 전력공급용 변전소는 세계적으로 유명한 기술공급회사가 공급하는 단순하고 강력한 철도용 장치에 기반을 두고 있음
- 가선 방식은 차량성능이나 이동거리에 어떠한 영향도 미치지 않으면서 엄혹한 기후환경에서도 냉난방과 같은 보조기능에 완벽하게 전력공급이 가능함

7. 결론

이동 중 충전방식(IMC)은 모든 최상의 지속가능한 모빌리티 요소를 결합하는 기술이다. 이 기술은 주로 무한한 거리이동 과정에 적용되어 24+7 서비스, 고신뢰성, 경량의 내구성 있는 차량, 높은 용량, 진실로 생태학적이고 경제적인 지속가능성 그리고 뛰어난 규모확대성을 제공한다.

글로벌 트렌드는 2량 연접 전기버스의 업그레이드나 운영 규모를 확대할 경우에 이동 중 충전방식(IMC) 시스템을 도입하는 것을 선호함을 보여준다. 이것은 상당한 수준의 시스템 안정성과 효율성을 보유한 이동 중 충전방식(IMC) 접근법과 결합된 이미 증명된 트롤리버스 기술 때문이다. 세계대중교통연합(UITP)은 어떠한 타당성조사 연구에서도 이동 중 충전방식(IMC)을 고려할 것을 권고한다.

간접급행버스와 비슷한 이동중 충전방식(IMC) 운영이 도입될 때, 기존의 bus 노선은 노선이 중복되는 지점에서 이동 중 충전방식(IMC) 인프라시설을 공유함으로써 전기 운영방식으로 변경이 가능하다. 이것은 표준적인 12m 길이의 트롤리버스도 이동중 충전방식(IMC) 적용이 가능하도록 하여, 선택된 노선에 기회충전(opportunity charging) 방식을 결합하여 상호 호환될 수 있도록 만들 수 있다. 이것은 인프라 시설 이용률을 향상시키고 전체 bus 네트워크에 대한 비용 효율적이고 복원력 있으며 튼튼한 전기화를

독려하게 될 것이다.

추가로, 차량 충전장치를 보유한 기회충전(opportunity charging) 전기버스가 이동 중 충전방식(IMC)의 변전소에서 전력을 공급받아 덜 혼잡한 서비스에 투입이 가능할 것이다. 이동 중 충전방식(IMC)과 차량 충전장치를 보유한 전기버스의 결합은 차량기지에서 충전을 하기 위한 추가적인 투자 없이도 전체 차량을 전기화 하는 효과를 발휘할 것이다.

경전철 시스템 도입을 검토 중인 도시들은 그들이 목표하는 승객용량을 달성하기 위한 요구사항이 2량의 연접 전기 트롤리버스로 소화가 가능할 것인지를 검토해야 한다. 새로운 간선급행버스 이동 중 충전방식(IMC) 시스템은 일반적으로 신규 철도시스템보다 비용이 적게 들고 신속하게 도입이 가능하며, 트롤리버스는 도로변 작업이나 사고 또는 불법 주차차량에 의해 억지로 정지할 필요도 없다.

교통량 수준이 증가하는 중요 대중교통 허브에서도 인프라시설이 건설될 수 있으며, 이상적으로는 높은 수준의 에너지 효율성을 보장하도록 연결되어야 한다. 기존의 철도 인프라시설을 사용하는 것은 추가적인 장점을 제공할 수 있으며, 공동사용을 통해 투자비용의 절감이 가능하다. 게다가, 이 시스템은 기존의 직원들이 전문적 역량을 보유하고 있기 때문에 그 도움을 받아 신속하게 시행 단계로 돌입할 수 있다.

<원문제목> INFRASTRUCTURE FOR IN MOTION CHARGING TROLLEYBUS SYSTEMS

<원문출처> <https://www.uitp.org>