



미국 상무부
미국 통신 정보 관리청
워싱턴, D.C. 20230

Marlene H. Dortch

간사

연방 통신 위원회

445 12th Street, S.W.

워싱턴, DC 20554

관련 사항: 5.850-5.925 GHz 대역의 사용 문제, ET 문서 번호 19-138

Ms. Dortch 귀하:

요청에 따라서, 미국 통신 정보 관리청 (NTIA)은 상기 참조 절차의 기록에 포함하기 위해 미국 교통부 (DOT)의 동봉 자료¹를 제출합니다.

NTIA는 귀 위원회가 이 절차를 진행하면서 DOT가 제기한 견해와 문제를 고려하실 것을 정중하게 요청합니다.

질문이 있으시면 언제든지 (202) 482-2215 또는 ccoopt@ntia.gov로 연락주시기 바랍니다

감사합니다

Charles Cooper
스펙트럼 관리 부 행정관

동봉

¹ 미국 교통부의 법률 고문 Steven G. Bradbury가 NTIA의 부 행정관 Douglas Kinkoph에게 보낸 편지 (2020년 3월 9일); 미국 교통부의 법률 고문 Steven G. Bradbury가 FCC의 회장 Hon. Ajit Pai에게 보낸 편지 (2020년 3월 9일) (“보충 기술 의견” 포함); 미국 교통부 장관 Elaine L. Chao가 FCC의 회장 Hon. Ajit Pai에게 보낸 편지 (2019년 11월 20일) (부록이 있는 각서 포함).

미국 교통부
교통부 장관실

법률 고문

1200 New Jersey Avenue, S.E.
Washington, D.C. 20590

2020년 3월 9일

Douglas Kinkoph

부 행정관
통신 및 정보 적용 사무소
미국 통신 정보 관리청 (NTIA)
1401 Constitution Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20230

관련 사항: 5.850-5.925 GHz 대역의 사용

ET 문서 번호 19-138, FCC 19-129, FRS 16447, 85 Fed. Reg. 6841 (2020년 2월 6일)

Kinkoph 부 행정관 귀하:

교통부 (US DOT)는 5.9GHz 무선 스펙트럼 대역과 관련하여 연방 통신 위원회 (FCC)에서 발행한 제안 규칙 제정 통지를 신중하게 고려했습니다. 이 스펙트럼 대역은 생명을 구하는 차량 사물 통신 (V2X) 교통 기술을 촉진하는 데 핵심적인 역할을 하므로, US DOT와 국가에 매우 중요합니다.

US DOT는 이 제안과 관련하여 FCC로 보내는 동봉 의견과 보충 자료를 준비했습니다. 우리는 NTIA가 이들 의견을 고려하여, 이를 FCC와 공유하고, FCC의 공개 문서에 보존할 것을 정중하게 요청합니다. 이들 자료는 2019년 11월 FCC의 제안 초안에 대한 US DOT의 의견을 설명합니다. 우리는 이 중요한 문제에 대해 FCC, NTIA 및 기타 이해 관계자와 계속 협력 할 수 있기를 기대합니다.

감사합니다
Steven G. Bradbury

동봉

참조: Derek Khlopin, 수석 고문, 차관보실, NTIA

미국 교통부
교통부 장관실

법률 고문

1200 New Jersey Avenue, S.E.
Washington, D.C. 20590

2020년 3월 9

Hon. Ajit Pai
위원장, 연방 통신 위원회
445 12th Street, S.W.
Washington, D.C. 20554

관련 사항: 5.850-5.925 GHz 대역의 사용
ET 문서 번호 19-138, FCC 19-129, FRS 16447
85 Fed. Reg. 6841 (2020년 2월 6일)

Pai 위원장 귀하:

교통부 (Department 또는 US DOT)는 5.9GHz 무선 스펙트럼 대역과 관련하여 연방 통신 위원회 (FCC 또는 위원회)에서 발행한 제안 규칙 제정 통지 (NPRM 또는 제안)를 검토하고 신중하게 고려했습니다. 귀 위원회가 알고 있듯이, 5.850-5.925 GHz의 75 MHz 스펙트럼 ("5.9 GHz 대역")은 본 교통부와 국가의 중요한 관심사입니다. 이 대역은 생명을 구하는 교통 기술을 촉진하는 데 핵심적인 역할을 합니다. 차량 간 통신 (V2V) 및 차량 인프라 통신 (V2I)을 포함한 차량 사물 통신 (V2X)과 관련 안전 및 이동성 애플리케이션은 단지 이론적인 것에 그치지 않고, 이미 우리 교통망의 중요한 부분이 되었습니다.

이런 혁신은 자동차 사고로 인한 사망, 부상 및 기타 사회적 비용을 줄이는 데 핵심적 역할을 할 것으로 예상되며, 이는 본 교통부의 최우선 순위로 남아 있습니다. 가장 최근의 연간 충돌 통계 (2018년부터)에 따르면, 미국에서는 매년 6백만 건 이상의 경찰 보고 차량 충돌 사고가 발생하여, 36,560 명이 목숨을 잃고 270만 명 이상이 부상을 입었으며, 이들 충돌의 4,807,058 건에서 재산 피해가 발생했습니다.¹ 이러한 충돌에 따른 국가의 연간 경제적 피해는 직접 비용이 약 3,000 억 달러이고, 인명 손실, 부상 및 기타 삶의 질 요인을 고려하면, 8,000 억 달러 이상에 달합니다.² 교통부는 V2X 통신이 이러한 충돌, 특히 레이더와 같은 차량 기반 기술에게 여전히 버거운 상황에 관련된 충돌을 줄이는 데 중요한 역할을 할 수 있다고 계속 믿고 있습니다.

¹ <https://cdan.nhtsa.gov/query>에 있는 미국 도로 교통 안전 관리청 (NHTSA)의 질의 도구에서 생성한 통계.

² 비용을 결정하는 데 사용하는 방법론은, Blincoe, L.J., Miller, T.R., Zaloshnja, E., & Lawrence, B.A. (2015년 5월)를 참조한다. 자동차 충돌 사고의 경제 사회적 영향, 2010년. (개정) (보고서 번호 DOT HS 812 013). 워싱턴 DC: 미국 도로 교통 안전 관리청, at:

또한, 교통 업계의 추정에 따라 연간 1,660 억 달러 이상의 비용이 발생하는 혼잡을 줄이는 데 도움이 될 수 있는 수많은 V2I 애플리케이션이 존재하며,³ 주 정부의 기존 인프라를 유지하는 데 도움이 됩니다.

V2X 통신은 또한 차량 자동화의 발전에 중요한 역할을 할 것입니다. 자동 운전 시스템(ADS)을 갖춘 차량은 안전 및 이동성에 상당한 이점을 가질 것으로 예상됩니다. 그리고 V2X 기술은 ADS 차량의 배치를 위한 요건은 아니지만, V2X 통신을 활용하여 안전을 강화하고 시스템 성능을 개선할 수 있다는 것은 널리 알려져 있습니다. 특히, 군집 주행과 같은 신흥 “협력 자동 운전 시스템”에는 상당한 잠재력이 있으며, 이 시스템은 5.9 GHz 대역의 기존 할당량 전체에 의존할 것으로 예상되며, 이제 막 개발이 시작됐습니다.

V2X 통신을 위해 전체 5.9 GHz 대역을 보존하는 것이 자동화에 관련되는 애플리케이션을 포함해, 혁신적인 V2X 애플리케이션의 배치에서 리더십을 유지하고 확장하는 이점을 국가에 제공하게 됩니다. 그러나, 위원회가 자체적으로 제안한 5.9GHz 대역의 재할당을 진행하면, 이러한 안전 혁신 및 개선이 상실될 수 있습니다. V2X 통신에 사용할 수 있는 스펙트럼을 75 MHz에서 30 MHz로 줄인 다음에, 두 통신 기술 사이에서 이 30 MHz를 더 나누면, 한 번에 보낼 수 있는 메시지의 양과 유형이 심각하게 제한되어 V2X의 유용성이 감소할 것입니다. 이러한 제한은 또한, 예상 스펙트럼 요구 사항을 고려할 때, 협력 자동 운전 시스템의 향후 개발을 저해할 것입니다. 제안 재 할당에 대한 교통부의 예비 시험(2019년 11월 위원회와 공유하고, 아래의 의견에서 논의한)은 제안 재 할당으로 인해, 5.9GHz 대역의 상부 30 MHz에서 작동하는 V2X 장치에 대해, 나머지 하부 45MHz에서 작동하는 와이파이 장치가 유해한 간섭을 일으킬 수 있음을 보여줍니다. 이 잠재적인 간섭은 와이파이 장치가 V2X에 할당된 스펙트럼 바로 위에서 작동하도록 허용된 경우 더욱 복잡하게 됩니다. 이 간섭이 발생하면, V2X 애플리케이션에 대한 나머지 스펙트럼의 실제 값과 유효성은 크게 떨어지며, 특히 생명 안전 애플리케이션의 경우 치명적입니다.

잠재적인 안전 이점을 감안하여, 교통부는 V2X의 지속적인 개발을 촉진하고 완전한 안전 잠재력이 실현되도록 노력하고 있습니다. 이를 위해서는, 특히 수많은 공공 및 민간 이해 관계자가 이 목적을 위한 FCC의 5.9 GHz 대역 할당에 의존하여 투자한 것을 감안할 때, 산업 및 분야의 전반에 걸쳐 이해 관계의 신중한 균형과 협동 노력이 필요합니다. 교통부는 이 절차에서 제기된 문제(법률, 정책 및 기술의 측면에서 복잡한)에 대한 위원회의 지속적인 관심에 감사드립니다. 하지만, 아래에서 설명하는 이유 때문에, US DOT는 위원회의 제안이 V2X 스펙트럼 이점, 기술 성숙도, V2X 애플리케이션의 혁신과 성장, 그리고 인접 채널 와이파이 작동의 유해 간섭 가능성 등을 포함해, 제안에 관련된 모든 관련 요소를 설명하지 못한다는 견해를 갖고 있습니다.

<https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Appal/Public/ViewPublication/812013>. 보고서 자체는 다소 오래 되었지만, 관련 통계는 사용 가능한 통계의 가장 최근 연도인 2018년에도 매우 유사합니다.

³INRIX와 협력하여 텍사스 A&M 교통 연구소가 작성한 도시 이동성 보고서의 통계: <https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/mobility-report-2019.pdf>, 페이지 2 및 10.

또한, 위원회는 NPRM이 발행되기 전에 US DOT가 이 NPRM에 대해 제기한 우려를 다루지 않았습니다.

US DOT는 자신이 지속적으로 유지해 온 견해를 뒷받침하는 추가 정보를 다음과 같이 제공합니다: 즉, 5.9 GHz 대역의 전체 75 MHz는 안전 및 기타 교통 목적을 위해 유지되어야 합니다; 그리고, FCC는 제안을 재검토하고, 5.9GHz 대역의 모든 재 작업에 대해 더 광범위한 이해 관계자를 참여시켜야 합니다; 그리고 무면허 사용을 포함하는 이 대역의 모든 재 할당은 V2X 애플리케이션이 유해한 간섭을 받지 않음을 입증하고, 이들 애플리케이션이 핵심 기능을 유지할 것임을 보여주는 확고한 과학에 근거해야 합니다. 교통부는 이러한 목표를 달성하고, 안정적이고 지속적인 규제 체제를 구축하기 위해 FCC 및 기타 당사자와 계속 협력할 준비가 되어 있습니다.

배경

20년 전, 위원회는 V2X 통신의 가치와 장래성을 인식하고, 이를 위해 5.9 GHz 대역을 현명하게 할당했습니다. 이렇게 함으로써, FCC는 당시 존재했던 애플리케이션에 스펙트럼을 사용할 수 있게 했을 뿐만 아니라, 접근법도 미래 지향적이었습니다. FCC는 차량 안전 생태계의 큰 변화에 대한 비전을 공유하고, 이 생태계가 진화해야 한다는 것을 인식했습니다. 위원회는 따라서 모든 이해 관계자가 이 기술의 성공적인 개발 및 구현을 향한 경로를 따르게 했고, 기술 규칙 및 기타 필요한 표준을 적절하게 조정했지만, 교통 안전을 촉진하기 위한 중요한 비전을 유지했습니다.⁴ FCC는 V2X 기술의 투자에 필요한 규제 체제를 제공했습니다.

이 비전에 따라, 2019년 11월 20일, 교통부는 위원회의 NPRM 초안에 대한 자신의 견해를 공유했습니다. 교통부는 이 제안이 교통 안전에 사용할 수 있는 스펙트럼을 크게 축소하고, V2X 생명 안전 애플리케이션의 기술 역량을 입증하는 중요 안전 시험 결과가 완성된 2014년 이후에 개발 중인 V2X 생태계를 크게 교란할 것이라는 우려를 나타냈습니다. 따라서, US DOT는 FCC에게 NPRM의 진행 자체를 부탁하고, FCC가 DOT 및 기타 이해 관계자와 다시 협력하여 교통 안전과 스펙트럼 효율의 증진에 있어서 적절한 균형을 이를 수 있는 수정 제안의 개발을 요청했습니다. 그럼에도 불구하고 위원회는 규칙 제정을 진행하기로 결정했으며, 이에 교통부는 NPRM을 수정하고, 이러한 시도를 지원하는 데 이용할 수 있는 정부 및 산업 자원을 FCC가 최대한 활용할 수 있도록 다양한 제안을 제시했습니다.

⁴ 5.850-5.925 GHz 대역을 지능형 교통 서비스의 전용 단거리 통신용 모바일 서비스에 할당하는 위원회 규칙의 파트 2 및 90 수정 문제에 관한 보고서 및 명령 참조, ET 문서 번호 98-85, (1999년 10월 22일 발표) (위원회의 5.9 GHz 대역 할당이 “미국 의회와 [US DOT]의 목표를 더욱 발전시켜 국가 교통 인프라의 효율성을 개선하고 [지능형 교통 시스템] 산업의 성장과 발전을 촉진할 것”임을 언급함); Mem. Op. 및 명령, 5.850-5.925 GHz 대역에서 전용 단거리 통신 서비스에 관한 위원회의 규칙 수정 문제, WT 문서 번호 01-90, ET 문서 번호 98-95, (2006년 7월 26일 발표) (생명의 안전을 증진하고 이동 대중의 재산을 보호하며, 국가 지상 교통 인프라의 효율을 개선하기 위해, ITS 무선 서비스에서 [전용 단거리 통신] 시스템의 광범위한 배치를 구현하려는 위원회의 목표를 더욱 발전” 시키도록 5.9GHz 대역의 서비스 규칙을 수정함)

그렇지만, 검토 결과, FCC가 발표한 NPRM은 본질적으로 변경되지 않았으며, 위원회가 US DOT의 의견이나 제안의 광범위한 영향을 고려하지 않은 것으로 보이기 때문에, 교통부의 우려는 동일하게 유지됩니다. 무면허 와이파이 및 기타 용도에 5.9GHz 대역을 재 할당하려는 과정에서, FCC는 V2X의 안전과 기타 이점을 위태롭게 하고 있습니다.⁵ 실제로, FCC는 자신의 제안과 더불어 V2X 서비스의 신규, 확장 또는 간접 사용에 대한 (심지어 배치 준비가 완료되고, 대역의 사용에 대한 FCC의 오랜 규정을 완전히 준수하는 인프라의 개선에 대해서도) 신청을 일체 동결했기 때문에, 이러한 우려는 훨씬 더 심각합니다.⁶

따라서, 교통부는 여기에 동봉한 이전 의견과 추가 보충 의견을 다시 제출하며, 위원회가 이 정보를 검토하고, 교통에 대한 공공 혜택의 크기를 고려하며, NPRM의 추진 노력을 일단 중지할 것을 요청합니다. 앞으로, US DOT는 제안에 대해 제기된 우려 사항에 관해 FCC가 교통부 및 이해 관계자와 더 긴밀한 대화를 시작하고, 5.9 GHz 대역의 사용 제안을 개선하기 위한 파트너십의 구축을 요청합니다. US DOT의 견해는 위원회가 교통 안전 및 기타 지능형 교통 시스템 (ITS)의 목적을 위해 5.9 GHz 대역의 전체 75 MHz를 보존해야 한다는 것입니다. 또한, US DOT는 사용 가능 V2X 기술에 대한 추가 정보 수집의 중요성에 주목합니다. NPRM은 두 기술 (전용 단거리 통신 (DSRC) 및 장기 진화 셀룰러 V2X (LTE-CV2X)) 사이에서 스펙트럼의 할당을 발전시키는데, 이것은 과학적인 근거가 없으며, 공유 “협력” 기술을 중심으로 뭉치려는 업계의 노력에 돌이킬 수 없는 피해를 줄 수 있습니다. 공개 의견이 접수되면, 이 할당 계획을 다시 검토하고 완전히 재 작성하는 대신에, FCC는 더 광범위한 지원을 얻을 수 있는 제안에 대해 이해 관계자와 함께 초기 작업을 더 깊이 수행할 수 있습니다.

NPRM이 발표되기 전부터, 이해 관계자는 교통부의 관계자에게 유사한 우려를 제기하기 시작했으며, 우리는 당사자가 공개 논평 기간에 걸쳐 이러한 문제를 계속 제기할 것으로 예상합니다. 예를 들면, 2020년 1월 22일, 하원 교통 및 인프라 위원회의 위원들은 귀 위원회에 US DOT의 초기 의견에 대한 자신들의 동의 의사를 서면으로 전달하고, “V2X 기술의 안전 이점에 대한 지지가 넓고 깊음”을 인정했습니다.⁷ 이 하원 위원회의 위원들은 또한 V2X의 구명 잠재력; 차량 및 인프라에 V2X 기술의 광범위한 배치; 그리고 귀 위원회의 제안으로 인한 규제의 불확실성을 인정했습니다. 또한, 이 하원 위원회의 위원들은 이 제안이 첨단 교통 기술 배치 프로그램을 확립한 2015 미국 지상 교통 결정 법, P.L. 114-94에 반영된 의회의 목적을 훼손할 것이라고 지적했습니다.

⁵ 이 제안은 또한 이 기술을 성공적으로 혁신하고 적용한 이해 관계자의 투자를 고립시킬 것입니다.

⁶ 공고, 무선 통신국 및 공공 안전 국토 안보국은 특정 5850-5925 MHz (5.9 GHz 대역) 스펙트럼에 대한 Part 90 신청의 수락 및 처리에 관련된 서류 정리의 임시 제출 동결을 발표함, DA 19-1298, ET 문서 번호 19-138 (2019년 12월 10일 발표). 예고와 의견 없이 즉시 효력을 발휘한 귀 위원회의 이 동결은 5.9GHz 대역의 사용에 대한 잠재적인 “신청의 쇄도”를 저지하려는 것이었습니다. *Id.* at 1-2.

⁷ Hon. P.A. DeFazio, 의장; Hon. S. Graves, 간부 회원, 등; 그리고 미국 하원 교통 및 인프라 위원회가 Hon. A. Pai, 의장, 등에게 보내는 편지 (2020년 1월 22일).

결과적으로, 이들은 귀 위원회가 제안을 재검토하고, 안전 기반 5.9 GHz 체제를 재확인할 것을 요청했습니다.

수많은 다른 공공 이해 관계자도 위원회에 우려를 표명하고, 이 변화가 교통 안전, 공공 안전 및 시스템 효율을 증진하려는 주 및 지방의 노력을 저해할 것이라고 주장했습니다. 예를 들면, 미국 도로 교통 안전 협회 (AASHTO)는 미국 지능형 교통 협회 (ITS America)와 제휴하여 귀 위원회가 V2X 목적을 위해 5.9GHz 대역을 보존해야 하고, 이 제안이 안전뿐만 아니라 납세자 기반 투자 및 전국 공공 안전 이해 관계자의 이니셔티브를 위태롭게 한다고 주장했습니다.⁸ 이러한 견해를 뒷받침하기 위해, AASHTO와 ITS America는 전체 50 개 주, 컬럼비아 특별구 및 푸에르토리코의 교통 당국이 서명한 편지를 위원회에 제공했는데, 이러한 일방적인 지지 표명은 흔치 않은 사례였습니다. 다른 주 및 지방 당국도 유사한 의견을 귀 위원회에 제출했으며, V2X 기술의 성공적인 구현을 위한 자신들의 투자, 그리고 위원회의 제안이 이러한 노력을 어떻게 손상시킬 것인지에 대해 설명했습니다.⁹

자동차 산업 및 기타 산업 그룹도 제안에 대한 우려를 표명하고, V2X 개발을 촉진하기 위한 규제 확실성의 중요성을 설명했습니다. 예를 들어서, 글로벌 자동차 제작업체 협회 (현재의 자동차 혁신 연합)는 FCC의 제안이 5.9GHz 대역의 구명 잠재력을 과소 평가하며, FCC가 원래 할당한 전체 75MHz에 걸쳐 대역의 모든 기준 채널에 대한 지속적인 필요와 진행 중인 개발을 설명하지 않는다고 주장했습니다.¹⁰ 다른 업계 그룹도 유사한 우려를 제기하고, FCC의 제안 재검토를 요청했습니다.¹¹

US DOT의 추가 의견 및 우려

귀 위원회의 문제 조사를 지원하기 위해, 교통부는 위원회의 NPRM 초안에 대한 우리의 이전 응답에서 제기된 사항을 보완하고 설명하는 추가 의견을 제공합니다. 특히, US DOT는 다음에 관한 추가 데이터와 분석을 위원회에 제공하려고 합니다:

⁸ AASHTO의 C. Braceras와 J. Tymon이 Hon. A. Pai에게 보내는 편지 (2019년 8월 19일); ITS America의 고문인 R.B. Kelly가 Sec. M.H. Dortch에게 보내는 일방적 발표의 통지 (2020년 2월 18일).

⁹ 참조, 예: DriveOhio의 임시 전무 이사인 P. Smith가 Sec. M.H. Dortch에게 보낸 편지, 1번 (2020년 1월 17일) ("DriveOhio는 DSRC 및 [LTE] C-V2X를 활용하는 민간 부문 혁신업체와 협력하여 이 스펙트럼을 이용하는 기술 솔루션을 배치했습니다. 이동 대중의 생명을 구하기 위해 전체 75MHz의 할당을 유지하는 것이 중요합니다."); Col. Dep't of Transp.의 전무 이사인 S. Lew가 FCC로 보낸 편지, 2번 (2020년 1월 3일) (콜로라도에는 200개에 가까운 V2X 장치가 배치되어 있고, 가까운 장래에 3배가 될 것으로 예상됨을 언급하고, "교통 안전에 대한 방송 매체의 전용이 불확실할 것으로 보여서 우려된다"고 주장합니다); City of Columbus, Ohio의 최고 혁신 담당관인 M. Stevens가 Sec. M.H. Dortch에게 보낸 편지, 2번 (2020년 1월 16일) ("교통 안전 및 기타 지능형 교통 목적을 포함해, Ohio 시의 지정 목적을 위해 5.9 GHz 대역의 전체 75 MHz를 유지해야 합니다.").

¹⁰ Global Automakers의 법률 고문인 S. Delacour가 Sec. M.H. Dortch에게 보낸 일방적 발표의 통지, 2번 (2019년 11월 27일) ("NPRM이 [V2X] 서비스 그리고 해당 서비스와 자동차 안전 사이의 관계에 관한 기록에서 중요한 증거를 무시한다고 주장합니다").

¹¹ 참조, 예: Am. Trucking Ass'ns의 사장 겸 회장인 C. Spear가 Hon. A. Pai 등에게 보낸 편지, 2번 (2020년 2월 5일) (NPRM에 대한 미국 트럭 운송 협회의 반대를 나타내고, "차량 통신용으로 5.9 GHz 대역을 유지하는 개념을 시험하기 위해 선의로 수행한 작업을 이 제안이 외면한다"고 주장합니다.).

- V2X 기술이 해결하려고 하는 자동차 안전 관련 과제, 그리고 이들 과제의 구명 잠재력;
- 스펙트럼 할당을 통해 올바르게 작동하는 V2X 생태계의 요소와 요건;
- 자동화 차량의 지속적인 개발과 배치에서 V2X의 보완적 역할;
- 전국의 다양한 관할 구역에서 V2X의 성공적인 배치;
- NPRM이 채택되면 쉽게 될 이점, 그리고 FCC가 제안하는 전환에서 이해 관계자와 일반 대중이 부담하게 될 실질적 비용;
- 중요한 생명 안전 애플리케이션에 영향을 미칠 수 있는 제안 대역 변경에 대한 추가적 세부 과학 시험의 필요성; 그리고
- 제안이 V2X 애플리케이션에 유해한 간섭을 가져올 것임을 입증하는 US DOT의 시험 및 분석 결과.



중대 갈림길에 처한 이익과 스펙트럼 가치를 감안하면, 모든 결정에 대한 추가 기술 및 경제 분석이 중요합니다.¹² 하나의 예로서, 위원회는 제안이 추가 간섭 시험의 필요성을 고려한다고 언급했지만,¹³ 이 견해는 대역 외 간섭이 인명 및 재산에 미치는 잠재적 피해와 영향을 간과한 것입니다. 엄격한 과학적 조사를 통해서만, 위원회는 문제를 다루고, 이 문제가 제안에 어떤 영향을 미치는지 결정할 수 있습니다. US DOT의 분석에서 나타내는 바와 같이, 무면허 장치의 이러한 간섭이 V2X 애플리케이션에 위협이 된다면, 이 제안은 결과적으로 위원회가 의도한 것보다 더 작은 스펙트럼을 V2X에 제공할 것임을 의미합니다. 이것은 여기에 표명된 우려를 확대할 뿐입니다.



교통부는 이에 관련된 복잡한 문제를 평가하는 데 도움이 되는 전문 지식과 자료를 제공하기 위해, FCC 그리고 기타 모든 공공 및 민간 이해 관계자와의 협력에 전념하고 있습니다. US DOT는 대중의 의견을 반영한 더 확고한 제안을 알리기 위해, 교통부의 V2X 기술 안전 성능 시험 (DSRC 및 LTE-CV2X) 결과의 공유와 사용의 기회, 무면허 장치와의 스펙트럼 공유, 그리고 대역에서 다른 공동 1 차 사용자와의 공존을 환영할 것입니다. 이러한 과정을 통해서 또한 자동차 및 통신 업계의 이해 관계자가 대화에 참여하고, 시장 주도 혁신이 규제 체제의 형성에 도움을 줄 수 있습니다.

잘 확립된 것으로서 이러한 접근법을 용이하게 하는 하나의 방법은 협상 규칙 제정을 통하는 것입니다. 근본적인 문제에 대해 깊은 의견 차이가 있는 이와 같은 상황에서는, 이 방법이 연방 기관에게 모든 이해 관계자를 한 곳에 모이게 하는 데에 체계적이지만 유연한 과정을 제공합니다. 의견 차이는 서면 공개 의견 제시 기간보다는 적극적인 대화를 통해 더 잘 해결할 수 있습니다. 자원을 공유하고 솔루션을 확인하기 위해, FCC는 US DOT 안전 전문가와 협력하여 통신 및 자동차 산업; 주 및 지방 당국; 교통 안전 옹호자; 기타 관련 공익 단체; 그리고 관심이 있는 연방 기관과 같이 작업할 수 있습니다. 이 과정의 일부로서, FCC와 US DOT는 DSRC, 셀룰러 및/또는 기타 형식을 포함해, 적절한 "협동" 기술이나 기술의 혼합에 대한 V2X 이해 관계자 간의 합의를 촉진하기 위해 노력할 수 있습니다.

¹² V2X를 배치 한 주 및 지방의 의견을 검토하면서, US DOT는 기존 면허의 손실 가치를 어떻게 해결할 것인지 위원회가 아직 명시하지 않았음을 지적하며, 이들 면허의 상당수는 제안의 채택에 따라서, 그 가치가 실질적으로 감소하거나 사실상 무력화될 것입니다.

¹³ NPRM § 46 참조 (대역 내 스펙트럼 공유를 탐색하려면, "광범위한 추가 시험"이 수반됩니다).

이러한 노력의 결과는 더 널리 수용될 개선 제안의 개발을 거쳐, 내구성 있고 포괄적인 5.9 GHz 대역용 솔루션으로 이어질 것입니다.

우리의 이전 대화에서 확인된 문제를 재검토하기 위한 공동 노력을 기다리는 동안에도, 교통부는 FCC의 제안이 실행 불가능한 상태로 남아 있어서, 이 제안이 교통 안전과 효율 문제를 개선하고 해결하는 교통부 및 기타 이해 관계자의 능력을 저해하지 않을까 우려하고 있습니다. 교통부는 적절한 진로에 대한 추가 논의를 기대합니다.

감사합니다,

Steven G. Bradbury
법률 고문

동봉

추가 기술 의견

다음 섹션에서, 교통부는 2019년 11월의 제안 초안에 대해 FCC로 보낸 편지와 초기 의견을 보완하는 추가 기술 의견을 제공했습니다. 이들 기술 의견은 다음에 관한 추가 세부 정보를 제공합니다.

- I. 교통 시스템에서 V2X 통신이 수행하는 고유한 역할;
- II. 기존 V2X 배치;
- III. 연결 및 자동 교통 시스템을 지원하기 위해 기존의 전체 75 MHz가 사용되는 방법;
- IV. FCC NPRM이 확정될 경우, 기존 배치에 발생할 재정적 혼란; 그리고
- V. 5.9 GHz 대역의 변경을 정당화하는 데 필요한 추가 기술 작업 및 시험.

V2X 기술에는 안전을 강화하는 큰 장래성이 있는데, 그 이유는 다른 차량 기술에 없는 능력을 이 기술이 보유하고 있기 때문입니다. 이 능력에는 건물이나 대형 트럭의 뒤를 포함해, 시선의 밖에 있는 접근 물체를 탐지하는 능력이 포함됩니다. 그러나, 이러한 이점은 전체 75MHz의 지속적인 가용성과 V2X 통신이 유해한 간섭 없이 안정적으로 달성을 할 수 있다는 보장에 달려 있습니다. 따라서, 이 보충 자료는 V2X가 제공하는 막대한 안전 및 기타 교통 이점으로 인해, 5.9GHz 대역에 대한 모든 결정은, 중요한 교통 이점과 영향받는 이해 관계자의 지원을 포함해서 신중하게 내려야 한다는 교통부의 중요한 메시지를 다시 강조합니다.

I. V2X 통신의 역할

처음에는, 해결에 있어서 V2X가 도움을 줄 수 있는 안전 및 혼잡 문제를 고려하는 것이 중요합니다. 다른 기술로는 불가능한 충돌 사망 및 부상을 해결하고, 교통 시스템의 효율을 높여 교통 시스템을 발전시키려면, 교통 연결성이 필요합니다.

위의 편지에서 언급한 바와 같이, 가장 최근의 연간 충돌 통계 (2018년부터)에 따르면, 미국의 경찰 보고 차량 충돌 사고는 6백만 건 이상이고, 36,560명이 목숨을 잃었으며, 1,893,704건의 충돌로 270만 명 이상이 부상했고, 4,807,058건의 충돌이 재산 피해로 이어졌습니다.¹⁴ 인명 손실, 부상 및 기타 삶의 질 요인을 고려할 때, 이러한 충돌로 인해 연간 약 3천억 달러의 직접 비용과 8천억 달러 이상의 경제적 피해가 발생했습니다. 또한 교통 업계는 정기적인 교통 혼잡 비용을 연간 1,660 억 달러 이상으로 추정하며, 이는 다음과 같은 상당한 개인 및 사업 비용으로 이어집니다:¹⁵

- 통근자당 연간 최대 54시간의 혼잡 지연 (거의 7 근무일), 이는 1,000 달러 이상의 개인 비용에 해당합니다.
- 혼잡으로 인한 최대 21갤런의 연료 낭비가 통근자당 1,080 달러의 비용으로 이어집니다; 그리고

¹⁴ NHTSA의 질의 도구에서 생성된 통계: <https://cdan.nhtsa.gov/query>.

¹⁵ INRIX와 협력하여 텍사스 A&M 교통 연구소가 작성한 통계:

<https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/mobility-report-2019.pdf>, 페이지 2 및 10.

- 트럭은 도시 지역 이동 마일의 6 %에 불과하지만, 지역 및 낭비 연료로서 측정 시 전체 혼잡 비용의 26 %를 차지하며, 이들의 연간 비용은 230 억 달러에 이릅니다. 트럭 운송 업계의 사고는 190 억 달러의 손상, 물품 손실, 및 운전자 시간 손실로 이어지며, 이 사고로 매년 약 5,000 명이 사망합니다.¹⁶

5.9 GHz 대역을 사용하는 V2X 기술은 차량 기반 센서 및 기타 기술과 다른 독특한 방식으로 충돌, 시스템 비능률 및 교통 혼잡을 크게 줄일 수 있으며, 비 가시선 충돌을 해결할 수 있는 매우 커다란 능력을 제공합니다.

그러나, NPRM이 제안한 스펙트럼 재 할당은 V2X 통신에 많은 제약을 가져오고, 이 통신의 성공적인 작동 능력을 방해합니다. 이러한 제약은 차량간 (V2V) 안전 애플리케이션, 차량 대 인프라 (V2I) 시스템 효율 애플리케이션, 차량 대 보행자 (V2P) 또는 기타 취약한 도로 사용자 관련 애플리케이션, 그리고 신흥 협력 자동 운전 (CAD) 시스템을 포함해, V2X 통신의 유용성을 사실상 줄이거나 제거합니다. 그러므로, 본 문제에 대한 위원회의 고려와 관련하여 추가 현황을 제공하기 위해, 이 섹션에서는 V2X 통신의 작동 방법을 논의하고, 안전 및 이동성의 향상에 있어서 이 V2X 통신의 지속적인 중요성을 설명합니다.

a. V2X 교통 통신의 작동 방식

V2X 통신은 도로에서 형성되는 위협 및 위험에 대해 강력하고 혁신적인 360 도 센서를 제공합니다. V2X 통신은 5.9 GHz 대역을 사용하여 차량의 장치, 도로 내부 인프라 및 휴대용 장치 간에 기본 안전 메시지 (BSM) 및 기타 애플리케이션 데이터를 빈번히 (100 밀리초마다) 방송합니다. 이들 통신은 오늘날의 셀룰러 또는 일반 와이파이 통신이 수행하는 방식으로서, 출발지와 목적지 사이에 "다중 점대점 흡"이 필요하지 않은 "일대다" (또는 방송) 개념을 기반으로 합니다. 또한, V2X 통신에서는 "네트워크 연결" 지연이 발생하지 않습니다. V2X 통신의 출발지와 수신자가 직접 연결되기 때문에, 각 당사자 간에 신뢰 (및 보안)를 설정하는 방법을 이용할 수 있는 한 (예: 신뢰할 수 있는 보안 자격 증명이 데이터 교환의 일부임), 개인 정보를 보호할 수 있습니다.

약 300m 이내의 단거리 방송 및 P2P 교환의 데이터를 사용하여 다른 여행자 (차량, 자전거 운전자, 보행자, 휠체어, 오토바이, 버스, 트럭, 등)가 하는 일을 "감지"합니다. V2X 애플리케이션은 그림 1과 같이 주변 여행자의 움직임이 임박한 충돌 상황을 설정하기 시작하는 시점을 확인하는 능력을 제공합니다.

¹⁶ 텍사스의 상업용 트럭 군집 주행 시연 – 레벨 2 자동화 텍사스 A&M 교통 연구소, TTI: 0-6836, 페이지 1: <https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/0-6836-1.pdf>.

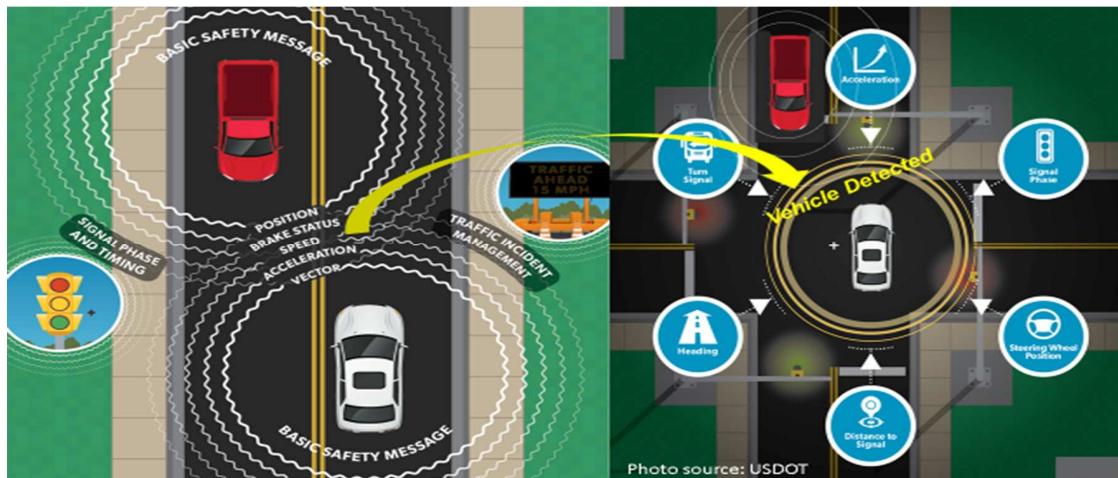


그림 1: V2V의 생명 안전, 충돌 방지 기능의 이미지

V2X 교환국은 네트워크에 연결되지 않습니다. 전송 장치는 수신 장치와 통신하기 위한 셀 타워 또는 와이파이 인프라와의 링크 생성에 관련된 지연을 방지할 수 있으며, 이것이 매우 빠른 ("낮은 대기 시간"이라고 함) 통신을 지원합니다. 이것은 통신 인프라가 덜 설치된 시골 지역에서 특히 효과적인 기능입니다. 기존 V2X 장치는 상호 운용이 가능하기 때문에, 장치의 모든 제조업체 및 모델이 데이터 교환을 "듣고" 이해할 수 있으며, 따라서, 가까운 거리에서 차량 또는 모바일 장치를 둘러싼 모든 데이터를 지속적으로 감시할 수 있습니다. 범위와 짧은 대기 시간의 이 조합이 사고가 발생하기 전에 조치를 취하도록 이동자에게, 근처의 차량이든 보행자이든, 경고하는 시간을 생성합니다.

V2X 장치는 전 방향입니다 (즉, 360 도의 도달 범위를 제공합니다). 무선 신호를 통해 통신하면, 두 대의 장착 차량이 서로를 "보고", 중요한 정보를 교환할 수 있습니다 (차량이 시야에 있든, 모퉁이에 있든, 건물 뒤에 있든, 심지어 옥수수 밭이 있든 관계없습니다). 이에 비해, 가시선 센서에만 의존하는 차량은 다른 차량의 방향, 속도, 이동 관련 정보 또는 작동 상태를 판단하는 것은 물론이고, 직접 보이지 않는 다른 차량의 존재를 탐지할 수 없습니다.¹⁷ V2X 통신은 주로 차량 간 300 m의 범위 내에서 작동하며, 중간 개입 운전자가 없거나 차량 조치를 취하지 않을 경우 충돌을 일으킬 수 있는 교차 경로를 쉽게 확인할 수 있습니다. 또한, V2X 신호는 기존 탑재 센서에 비해, 강우, 안개, 눈 또는 어둠과 같은 환경 조건의 영향을 거의 받지 않습니다. 따라서, V2X는 늦은 "출현 시간", 즉, 모든 자동차 충돌 사고의 22 %를 차지하는 교차로 충돌과 같이, 충돌에 관련된 차량, 보행자 또는 기타 물체가 충돌 직전에 서로 "볼" 수 있는 "획기적" 전환을 특징으로 하는 충돌 시나리오에 특히 적합합니다.

¹⁷ Harding, J., Powell, G., R., Yoon, R., Fikentscher, J., Doyle, C., Sade, D., Lukuc, M., Simons, J., & Wang, J. (2014년 8월). 차량 대 차량 통신: 애플리케이션을 위한 V2V 기술의 준비. (보고서 번호 DOT HS 812 014). Washington, DC: 미국 도로 교통 안전 관리청, 페이지 26 <https://www.safercar.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/V2V/Readiness-of-V2V-Technology-for-Application-812014.pdf>.

주요 정보 소스로서 충돌을 방지하는 것에 더하여, V2X는 환경 및 기타 요인으로 인해 물체, 차량 또는 보행자의 선명도가 악화되는 여러 다른 시나리오에서, 다른 차량 내 센서를 강화하여 충돌 예측 능력을 개선할 수 있습니다.

마지막으로, V2X 통신은 중요한 보안 및 개인 정보 보호를 제공하도록 설계되었습니다. 보안을 위해, 각 메시지는 보안 자격 증명의 사용을 통해서 신뢰할 수 있으며, 이에 따라, 수신 장치는 메시지가 믿을 수 있는 (그리고 나쁜 행동을 하거나 악의를 가지지 않은) 송신자에게서 온 것임을 즉시 인증할 수 있습니다. 지속적으로 무작위 보안 자격 증명을 사용하면, 송수신 장치를 확인하기가 어렵게 되므로, 강력한 개인 정보 보호 수단을 제공할 수 있습니다. 이러한 요소를 활용하면, 역동적이고 빠르게 움직이는 환경에서, 가시선을 벗어난 대상을 포함해, 차량, 보행자, 자전거 및 기타 이동자가 믿을 수 있는 교환국을 드나드는 임시 연결 차량 환경을 만들 수 있습니다.

b. 안전 통신을 위해 독특한 요건이 있는 V2X

V2X 애플리케이션은 기본 안전 메시지 ("BSM" 또는 "페이로드); 지리적 메시지 (즉, GPS 수정, 타이밍 메시지, 또는 디지털 교차로 지도); 데이터 업로드; 및 보안 인증서를 포함한 기본 메시지 유형으로 구성됩니다. 안전 메시지와 보안 인증서는 V2V 및 V2I 안전 애플리케이션의 기반입니다. 그 가용성으로 인하여, 이들 메시지와 인증서는 시스템 효율, 공공 안전, 및 이동성 응용도 제공합니다. 지리적 메시지는 안전 애플리케이션의 실시간 분석 정확성을 지원합니다. 데이터 업로드를 통해, 교통 운영자와 관리자는 지방 및 지역 전체 의사 지원 시스템에 통합 할 국지화 데이터를 수집 할 수 있습니다. 개인 정보를 보호하기 위해 자격 증명을 몇 번만 사용, 재사용 하므로, "갱신"을 요청하는 장치에게 인증서 교환이 새 자격 증명을 제공합니다.

안전 메시지는 표준화 형식으로 전송되며, 따라서, 유사하게 구비된 다른 모든 차량과 장치에서 이 메시지를 읽을 수 있습니다. BSM에는 차량의 GPS 위치, 예상 경로, 측면 및 수직 가속도, 그리고 요동 비율과 같은 차량 동작 관련 정보가 포함됩니다. 메시지에는 시간 스탬프가 표시되므로, 수신 차량은 메시지가 언제 전송되었는지 알 수 있습니다. 인근 차량 및 장치 애플리케이션은 여러 충돌 방지 애플리케이션을 다루기 위해 메시지의 데이터를 분석합니다.¹⁸ BSM이 다른 유형의 데이터, 예를 들어, 도로 날씨 정보 (즉, 도로의 결빙 또는 트랙터-트레일러를 넘어뜨릴 만큼 강한 풍속), 또는 작업 구역의 지리적 레이아웃/매핑 (혹은 장치를 통해 안전 조끼를 착용한 작업자의 위치까지)과 결합되면, 훨씬 더 다양한 V2I, V2P 또는 기타 V2X 공익 애플리케이션을 사용할 수 있습니다.¹⁹

¹⁸ Harding, J., Powell, G., R., Yoon, R., Fikentscher, J., Doyle, C., Sade, D., Lukuc, M., Simons, J., & Wang, J. (2014년 8월). 차량 대 차량 통신: 애플리케이션을 위한 V2V 기술의 준비. (보고서 번호 DOT HS 812 014). Washington, DC: 미국 도로 교통 안전 관리청. 페이지 74, 각주 129: <https://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/V2V/Readiness-of-V2V-Technology-for-Application-812014.pdf>. ¹⁹ 기존 공익 서비스의 목록은 ITS 아키텍처 참조를 참고하십시오. (https://local.teris.com/arc_it/html/servicepackages/servicepackages-areaspsort.html). 이 아키텍처가 협력 자동화 서비스의 통합 과정을 시작합니다.

표 1에 나타낸 바와 같이, 이러한 협력 애플리케이션을 달성하기 위해, V2X용 통신에는, 특히 다음과 같은 독특한 요건이 있습니다:

표 1: V2X에 대한 통신 요건

요건	특성
전송의 속도	<ul style="list-style-type: none"> ➔ 짧은 대기 시간, 빠른 메시지 전달 ➔ 비교적 적은 메시징 프로토콜 요건²⁰ ➔ 100 마이크로초 미만의 지연²¹ ➔ 6 메가바이트/초 이상의 데이터 교환 가능
유해한 간섭이 없음	<ul style="list-style-type: none"> ➔ 스펙트럼이 다른 사용자의 간섭에서 보호되므로, V2X 전송에 대한 패킷 오류율이 낮아집니다. 패킷이 상실되면, 충돌을 방지하기 위한 경고가 적시에 발령되지 않아, 이동 중인 차량이 충돌을 일으킬 수 있을 만큼 멀리 이동하게 됩니다.²² ➔ 산업 표준 및 FCC 규정이 명시하는 적절한 전송 마스크가 계획 채널 외부의 방출을 제한하고, 인접 채널 사용자를 보호합니다.²³ ➔ V2X 장치에는 인접 채널 거부 기능이 통합되어 있으며,²⁴ 이는 라디오의 수신기 부분이 인접 채널의 메시지를 무시하고, 계획 채널의 메시지를 들을 수 있음을 의미합니다. ➔ 통신에서 “예의”를 지킵니다. 모든 면허 소지자는 간섭을 줄이기 위해, 채널의 선택과 사용에 협력합니다. 여기에는 진행 중인 통신에 대한 감시, 그리고 간섭을 최소화하는 데 필요한 기타 조치가 포함됩니다.

²⁰ WAVE 단문 메시지 프로토콜 (WSMP)이라고 하는 단순화 프로토콜 스택은 IEEE가 특히 이를 위해 V2X 안전 시스템 개발의 일부로서 만든 것입니다. 이 프로토콜은 차량 컴퓨터 시스템의 계산 부하를 최소화하기 위해 수년에 걸쳐 개발했으며, 통신 프로토콜 스택을 통해 메시지의 속도를 높이고, 메시지를 거의 즉시 모든 채널의 안전 애플리케이션에 전달할 수 있도록 했습니다. 이 동일한 단순화 통신 프로토콜은 모든 제안 무선 접근 기술과 함께 사용되며, IEEE 1609.x 표준 시리즈에 문서화되어 있습니다. 이 프로토콜은 또한 모든 제안 무선 접근 기술 (예: DSRC 또는 최신 LTE-CV2X)에도 사용됩니다. 더 적은 프로토콜이 더 빠른 데이터 속도를 지원합니다. 채널 178에 대한 WAVE 서비스 공고 (WSA)는 특정 서비스 채널에 대한 애플리케이션 서비스의 가능성을 발표합니다 (IEEE 1609.4 참조). 자세한 내용은 <https://www.standards.its.dot.gov/Factsheets/Factsheet/80>에 있습니다.

²¹ 핵심 성능의 측정 기준은 "정보 시대"의 성능으로서, 장치가 스펙트럼에 접근하여 메시지를 즉시 전송할 수 있었는지 또는 전송 지연이 있었는지를 측정하는 데 도움을 줍니다. 지연으로 인해 주위 차량이 메시지를 놓치게 되면, 충돌 가능성성이 발생하고, 적시에 경고가 전달되지 않을 수 있습니다. 대역 내외의 채널에서 발생하는 스펙트럼 간섭이 메시지 지연의 주요 원인입니다. 다른 원인에는 실제 작동 조건에서의 장치 성능에 관한 문제와 채널 혼잡이 포함될 수 있습니다.

²² 통신에 대한 또 다른 주요 성능 측정 기준은 전송 중에 누락된 패킷의 비율입니다. V2V 및 V2I 안전 애플리케이션은 10 % 패킷 오류율 (PER)을 허용하도록 설계되었으며, 이는 열 (10) 패킷 전송 문자열에서 한 (1) 패킷이 누락됨을 의미합니다.

²³ 전송 마스크는 "스펙트럼 마스크"라고도 합니다. 마스크는 정해진 전송 채널의 내외부에서 허용되는 무선 주파수 (RF) 에너지를 규정합니다.

²⁴ 인접 채널 거부는 주 수신 채널 외부의 RF 에너지에 적용되는 감쇠량입니다.

요건	특성
도달 범위/규모	<ul style="list-style-type: none"> ➔ 장치는 네트워크 없이도 매우 짧은 거리에서 방송 및 점대점 통신을 모두 제공합니다. ➔ 교환국 사이의 제한된 범위가 스펙트럼 재사용을 허용하고 간섭을 제한합니다. ➔ 시스템은 모든 유형의 차량 시스템, 모바일 장치 및 애플리케이션으로 확장하기 위해, 상호 운용 가능하고 적응할 수 있어야 합니다. ➔ 시스템 구현은 규모가 전국적이어야 하며, 북미 전역으로 확장될 수 있어야 합니다.
높은 신뢰성과 안정성	<ul style="list-style-type: none"> ➔ 성능은 극한 기후 조건에 영향을 받지 않습니다. ➔ 장치는 전송이 도로 자체, 건물 및 기타 도로변 지형에서 반사될 수 있고, 다른 경로를 따라 수신기에 도달하며, 주된 가시 경로 전송과 간섭할 수 있는 일반적인 도로 환경에서 다중 경로 전송을 허용하도록 설계되었습니다.²⁵ ➔ 높은 차량 이동성 조건에서 작동합니다. ➔ 쉽게 해석하고 이행할 수 있는 플랫폼을 제공하지만, 시간이 지남에 따라 전후방 상호 운용성을 모두 제공하여, 장치의 수명 주기에 걸쳐 교통 안전 및 효율을 지속적으로 혁신하고 개선하는 견고한 기술 기반을 가능하게 합니다. ➔ 고속으로 작동하고, (예를 들어) 경찰 또는 긴급 차량에 다른 허가를 부여할 수 있는 무선 보안 및 메시지 인증의 맞춤형 시스템을 갖추고 있습니다.
전용 및 가용성	<ul style="list-style-type: none"> ➔ 작동은 간섭으로부터 보호하기 위해, 교통에 대한 일차 할당이 있는 면허 주파수 대역에서 이루어집니다. ➔ 중요한 충돌 회피 안전 메시지는 다른 메시지보다 우선합니다.

이들 요건은 현재의 기존 V2X 기술과 스펙트럼 할당으로 충족되는 두 가지의 핵심 필요성을 기반으로 합니다:

- **V2X 통신은 충돌 임박 상황과 복잡 교통 환경에서 작동해야 합니다.** V2X 통신은 빠르게 움직이는 환경, 즉, 방송자와 수신자가 시속 100 마일 이상의 속도로 서로 동일 또는 반대 방향으로 이동하거나; 차량이 동일한 환경에서 다른 속도로 이동할 때 잘 작동하도록 설계되었습니다.

²⁵ 다중 경로 오류는 송신기와 수신기 사이에서 서로 다른 길이의 경로, 또는 국지적 물체의 반사 또는 회절 (예: 근처 덤불에서의 반사)을 통과한 두 전파 사이의 간섭으로 인한 것입니다. 즉, 직접 경로가 있고, 노면에서 반사되는 경로가 있습니다. 이들은 위상을 벗어나 도착하며, 파괴적 또는 건설적인 간섭을 일으킬 수 있습니다. <https://ieeexplore.ieee.org/>에서 IEEE 정의를 참조하십시오. 오류는 또한 출발지와 관찰자가 서로를 향해 (또는 그 반대로) 이동할 때 전파의 주파수가 증가 (또는 감소)하는 도플러 효과 때문에 발생할 수도 있습니다.

독특한 속성의 조합으로 인해 (네트워크 연결이 필요 없는 방송 메시지 전달; 빈번한 방송과 신속 처리에 적합한 작은 메시지; 익명의 신뢰성 통신; 그리고 신속 이동 환경에서 확고한 기능성), 오늘날의 V2X 통신은 안전 중요 통신을 위한 실행 가능 기술로 입증되었습니다.

- "전용" 할당과 대역 계획 설계에 대한 세심한 주의가 해로운 간섭이 없는 방식으로 메시징을 교환할 수 있는 기능을 제공합니다. 간섭은 BSM의 억제, BSM과 다른 데이터 메시지의 충돌, 안전 데이터의 손상, 또는 수신 장치가 메시지를 "듣지" 못함으로 인해, 충돌 방지 애플리케이션이 작동하지 않을 위험성을 증가시킵니다. 이 문서의 마지막 섹션에서 자세히 논의한 바와 같이, 우리는 NPRM의 제안 대역 계획에서 간섭의 가능성성이 높을 것을 우려하고 있습니다.

c. 5.9 GHz 대역의 현재 할당은 V2X에 이상적입니다.

1999년에, FCC는 5850 MHz에서 5925 MHz까지의 교통 안전용 스펙트럼을 모바일 서비스 안의 애플리케이션으로서 할당했습니다. 모바일 서비스는 고정 위성 서비스 (FSS), 군용 레이더, 그리고 실내 산업, 과학 및 의료 (ISM)와 함께 이 대역에서 공동 일자 서비스입니다. 2006년에, FCC는 그림 2에 나타낸 바와 같이, 특정 지정 채널을 사용하여 대역 계획을 수립한 서비스 규칙을 준비했습니다.

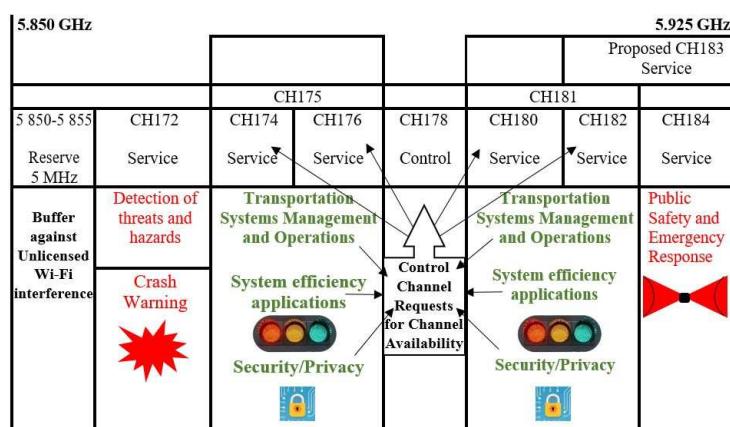


그림 2: 미국에서 75 MHz의 교통 스펙트럼 사용 ²⁶

제안 CH183 서비스							
		CH175		CH181			
5 850-5 855 유보 5 MHz	CH172 서비스	CH174 서비스	CH176 서비스	CH178 제어	CH180 서비스	CH182 서비스	CH184 서비스
무면허 와이파이 간섭에 대한 완충 구역	위협과 위협의 탐지	교통 시스템 관리 및 운영		채널 가용성을 위한 제어 채널 요청	교통 시스템 관리 및 운영		공공 안전 및 긴급 대응
	충돌 경고	시스템 효율 애플리케이션			시스템 효율 애플리케이션		
		보안/개인 정보		보안/개인 정보			

²⁶ FCC 03-324 보고서 및 명령, 2003년 12월, ET 문서 번호 98-95.

이러한 규칙에 따라, 생명 안전 및 재산 통신이 가장 높은 우선 순위를 가지며, 공공 안전 통신이 두 번째로 높은 우선 순위를 갖습니다.²⁷ 이러한 점에서, 2 개의 별도 채널이 설계되었는데, 하나는 충돌 방지용 V2X (CH. 172)이고, 다른 하나는 공공 안전용 V2X (CH. 184)입니다. 충돌 방지 채널은 무면허 장치의 에너지를 흡수하는 보호성 5MHz 예비 대역을 통해, 5.9GHz 아래에서 작동하는 무면허 와이파이 장치의 스펙트럼 간섭으로부터 보호를 받습니다. 공공 안전 채널은 우선 순위를 대비하기 위해, 공공 안전 및 긴급 대응이 주변 통신을 침묵시키거나 억제해야 하는 경우, 더 높은 전력을 공급받습니다. 나머지 채널은 작은 양의 간섭을 견딜 수 있거나, 전송하는데 수백 밀리초를 기다릴 수 있는 안전, 시스템 효율, 및 이동성 애플리케이션을 위한 것입니다. 사용 가능한 스펙트럼을 사용 및 재사용하기 위해, 애플리케이션이 개방 스펙트럼으로 이동할 수 있도록 제어 채널이 도움을 줍니다.

이러한 채널 할당은 광범위한 공익 애플리케이션을 뒷받침하고, 다음과 같은 실제 사용에서 기존 75MHz의 전체를 사용하는 V2X 메시지의 기본 세트를 지원하는 데 사용되었습니다:

- 기본 안전 메시지 전달 (BSM);
- 신호 위상 및 타이밍 (SPaT) 과 MAP (복잡한 교차로, 도로 구간, 및 고속 곡선 도로 윤곽을 설명하는 도로 형상 기술 (記述) (특히 교차로 획단에 중요));
- 이동성 서비스를 위한 탐침 데이터 관리 (PDM) 및 탐침 차량 데이터 (PVD);
- 보행자, 자전거 운전자 또는 도로 작업자와 같은 다양한 취약 도로 사용자 (VRU)의 운동학적 상태를 포함하는 개인 안전 메시지 (PSM);
- 공공 안전 및 응급 처치 요원 경고, 사고 경고, 건설 구역 경보, 날씨 및 도로 상태 경고, 또는 커브 속도 경고와 같은 도로 교통 정보 데이터;
- 선점 서비스를 위한 신호 상태 메시지 (SSM) 및 신호 요청 메시지 (SRM);
- 보안 자격 관리 시스템 (SCMS) 서비스;
- 무선 (OTA) 업데이트; 채널 사용 및 재사용을 관리하는 데 중요한 요소인 차량 환경에서의 무선 접근 (WAVE). 이들은 애플리케이션용으로 사용할 수 있는 채널을 확인합니다;
- 이동자에게 주변 위험을 경고하는 도로변 신호 경보 (RSA) 및 이동자 정보 메시지 (TIM);
그리고
- GPS 및 다른 무선 항법 신호에 대한 차등 교정을 위한 해상 서비스 무선 기술 위원회 교정 (RTCM)을 포함한 GPS 교정.

아래에서 자세히 논의하고, 그림 3에 나타낸 바와 같이, 교통 기관 및 기타 이해 관계자는 현재 5.9 GHz 대역의 전체에 걸쳐서 이러한 메시지를 많이 사용하는 V2X 애플리케이션을 배치하고 있습니다.²⁸

²⁷ 47 C.F.R. § 90.377(d).

²⁸ 이들 구성 요소 메시지를 활용하는 광범위한 공익 애플리케이션은 ITS 참조 아키텍처 (협력 및 지능형 교통을 위한 아키텍처 참조 (ARC-IT)라고도 함)에서 설명하며, 이 아키텍처는 또한 지능형 교통 시스템의 계획, 규정, 및 통합을 위한 공통 체제도 제공합니다.

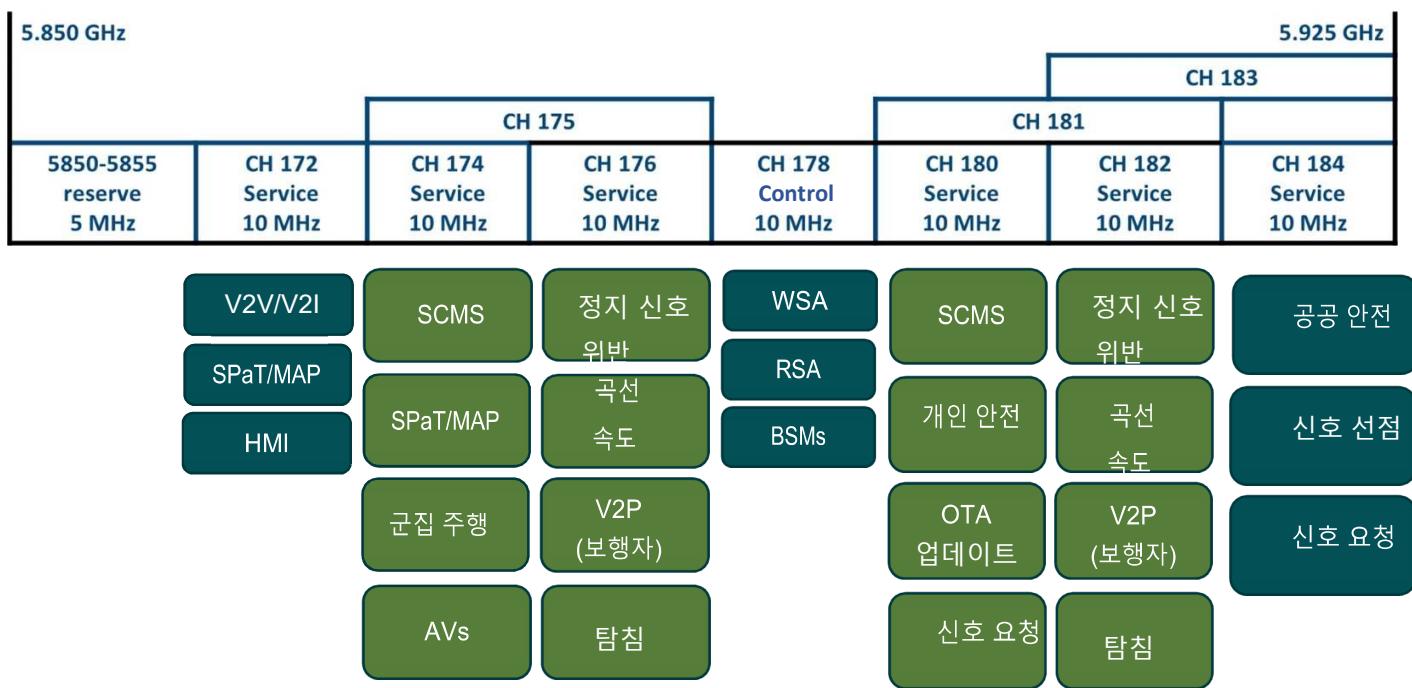


그림 3: 사용 중인 V2X 통신

d. V2X가 생명을 구하고 혼잡을 줄입니다

V2X 기술의 이와 같은 독특한 특성으로 인해, 교통부와 운송 공동체는 대체로 5.9 GHz 대역이 충돌을 줄이고 혼잡을 완화하는 데 중요한 역할을 한다는 견해를 유지합니다.

전방 충돌 경고, 자동 비상 제동, 차선 유지 지원, 및 사각 지점 경고와 같은 첨단 운전자 지원 시스템 (ADAS)은 차량 내 센서 (예: 자동차 레이더, 카메라, LiDAR)를 기반으로 하며, 충돌 및 차량 안전에 중요한 역할을 합니다. 그러나, ADAS는 관련 차량이 서로 직접적인 가시선 관계가 없는 경우 "사각 지점"의 영향을 받기 쉽습니다. 예를 들어서, 차량 기반 센서는 교차로에서 발생하는 많은 충돌을 적절히 처리할 수 없습니다. 그 이유는 그러한 충돌에 관련된 차량이 충돌 시나리오에서 매우 늦게 서로에게 자신을 "드러내므로" (가시선 조건 설정), 차량 탑재 충돌 방지 시스템이 충돌 확률을 평가한 다음에, 운전자에게 적시에 경고할 시간이 충분하지 않기 때문입니다. 예를 들어서, Continental (자동차 기술 제작 회사)은 충돌 데이터베이스를 사용하여 분석을 수행했으며, 이러한 제한으로 인해, ADAS 기술이 교차로 충돌의 40 %만 해결하는 것으로 제한될 수 있다는 결론을 내렸습니다.²⁹

참조: <https://local.teris.com/arc-it/>. 100 개가 넘는 애플리케이션이 교통 시스템 관리의 열두 (12) 가지 핵심 측면을 다룹니다. ARC-IT는 이제 협력 자동화 애플리케이션과 서비스를 포함하도록 진화하고 있습니다. 참조: <https://local.teris.com/arc-it/html/servicepackages/servicepackages-areaspot.html>.

²⁹ 2020 SAE 정부-산업 회의에서 Continental의 발표, 2020년 1월.

반대로, V2X 기술은 가시선 조건이 수립되기 전에 다른 장착 차량 (또는 보행자)의 위치와 궤적을 평가할 수 있기 때문에, 훨씬 더 일찍 충돌 가능성을 추정하고, 충돌을 피하거나 완화할 충분한 시간과 함께 운전자에게 경고를 제공할 수 있습니다. 또한, V2X 통신을 통해 이용할 수 있는 차량 위치 및 궤적 정보는 오늘날의 차량 기반 센서 기술과 융합하여 교차로 이동 지원 (IMA), 좌회전 지원 (LTA), 비상 브레이크 등 경고와 같은 충돌 방지 애플리케이션을 포함해, 첨단 운전자 지원 시스템에 획기적 향상을 제공할 수 있습니다.

교통부는 V2V가 가장 잘 해결할 수 있는 충돌 유형을 주요 기술 대책으로 고려했으며, 특히 기존 차량 내 센서와 비교 시에는, 이 충돌 유형을 NHTSA의 NPRM의 일부로서 고려했습니다. NHTSA는 37 개의 서로 다른 충돌 유형 (모든 충돌이 100 %를 구성함) 중, 17 개를 V2V 기술로 해결되는 주요 충돌 방지 기술로 결정했습니다. 이 17 개 중, 추가로 10 개가 6 개의 특정 V2V 안전 애플리케이션으로 해결할 수 있는 최우선 순위로 확인되었습니다:³⁰

- (1) 전방 충돌 경고 (FCW): 운전자에게 전방의 정지, 저속, 또는 감속 중인 차량을 경고합니다. FCW는 선도 차량의 움직임에 따라 세 (3) 주요 시나리오 (선도 차량 정지 (LVS), 더 느린 일정 속도로 이동하는 선도 차량 (LVM), 및 선도 차량 감속 (LVD))로 분리되는 후방 충돌 사고를 해결합니다.
- (2) 비상 전자 브레이크 등 (EEBL): 교통 대기열의 앞쪽에서 심한 제동이 있음을 운전자에게 경고합니다. EEBL은 차량이 비상 제동을 방송하게 하고, 주변 차량의 애플리케이션이 비상 제동 이벤트의 적정성을 판단하고, 운전자에게 경고할 수 있게 합니다. EEBL은 운전자의 시야가 제한 또는 차단된 경우 특히 유용할 것으로 예상됩니다.
- (3) 교차로 이동 지원 (IMA): 교차로의 측면 방향에서 접근하는 차량을 운전자에게 경고합니다. IMA는 사망자 수에 근거해 가장 심각한 충돌인 교차로 교차 충돌을 방지하도록 설계되었습니다. 교차로 충돌에는 교차로, 교차로 관련, 진입로/골목, 및 진입로 접근 관련 충돌이 포함됩니다. IMA 충돌은 두 (2) 주요 시나리오 (동일 또는 반대 방향으로의 경로 전환 및 직선 교차 경로)로 분류됩니다.
- (4) 좌회전 지원 (LTA): 좌회전의 시도 시, 다가오는 반대 방향 차량이 있음을 운전자에게 경고합니다. LTA는 한 차량이 교차로에서 좌회전하고, 다른 차량이 반대 방향에서 직진하는 충돌 사고를 해결합니다.
- (5) 추월 불가 경고 (DNPW): 비 분리 2 차선 도로에서 느린 차량의 추월 시도 시, 다가오는 반대 방향 차량을 운전자에게 경고합니다. DNPW는 추월 조작으로 인한 반대 방향 충돌을 방지하기 위해 운전을 지원합니다. 이러한 충돌에는 정면 충돌, 전방 충돌 및 각도 측면 스침 충돌이 포함됩니다.

³⁰ 3862-63 //서 확인.

(6) 사각 지점/차선 변경 경고 (BS/LCW): 접근하는 차량 또는 인접 차선의 사각 지점에 차량이 있음을 운전자에게 경고합니다. BS/LCW는 차량이 충돌 이전에 차선 변경/합류 조작을 한 충돌을 해결합니다.

LTA와 IMA는 중요한 비가시 선 능력을 제공하는 것으로 추가로 확인되었으며, 이는 차량 내 센서가 복제할 수 없을 것으로 예상됩니다. 이 능력은 교차로에서 충돌을 피하거나, 좌회전 시 매우 중요한데, 그 이유는 가시성이 이들 시나리오에서 더 쉽게 악화될 수 있기 때문입니다.³¹ LTA 및 IMA 외에도, V2V 메시징 및 안전 애플리케이션이 상당한 추가 안전 이점을 제공할 것으로 예상되는데, 그 이유는 이들 애플리케이션이 차량 내 센서와 융합하여 후면 충돌 및 차선 변경 관련 충돌의 회피와 같은 다양한 측면에서 안전을 개선할 수 있는 첨단 운전자 지원 시스템을 강화할 잠재력을 갖고 있기 때문입니다.

또한, 이미 개발된 많은 V2I 애플리케이션에 상당한 잠재적 이점이 있으며, 어떤 경우에는, 이미 배치가 시작되었습니다. 예를 들면, US DOT의 또 다른 행정 기관인 미국 연방 고속도로국 (FHWA)의 별도 연구에서는 인프라의 정보 (예: 정지 신호의 존재, 신호 상태, 속도 제한, 표면 상태, 또는 횡단 보도의 보행자)가 충돌을 피하거나 이동 시간을 최적화하는 데 운전자에게 도움을 줄 수 있는 경우, V2I 시스템으로 충돌을 해결할 수 있는 방법을 분석했습니다. 실제적 이점³²을 제공할 수 있는 V2I 시스템은 다음과 같습니다:

- 신호 교차로에서 교차 경로 충돌 전 시나리오, 및 정지 신호의 위반을 다루는 V2I 신호 애플리케이션;
- 정지 신호 시 차량을 횡단할 때 지원하는 V2I 트래픽 갭 애플리케이션;
- 위반을 방지하기 위해 경고를 발행하는 V2I 철도 건널목 애플리케이션;
- 횡단 보도에서 충돌을 제시할 수 있는 V2I 보행자 애플리케이션;
- 과속이 도로 또는 곡선에서의 제어 상실, 도로 이탈, 전복, 및 물체 접촉 충돌 전 시나리오와 같은 영향 요인으로 인용되는 충돌에서 운전자를 지원할 수 있는 V2I 도로 기반 애플리케이션;
- 겨울 날씨로 인한 고속도로의 충돌 문제를 해결할 수 있는 V2I 도로 기후 애플리케이션;
- 고속도로 구간 및 간선 도로의 혼잡을 줄일 수 있는 V2I 시스템 효율 애플리케이션;
- 대중 교통 차량의 이동 시간을 줄일 수 있는 V2I 대중 교통 신호 우선 애플리케이션;
- 긴급 차량의 이동 시간과 정차 횟수를 줄일 수 있는 V2I 공공 안전/비상 대응 애플리케이션;
- 사고 구역 작업자에 대한 경고로 인한 네트워크 전체의 지연을 줄일 수 있는 V2I 작업 구역 애플리케이션;
그리고
- 신호 운영 및 고속도로 차선 관리의 최적화 시 상당한 연료 절감을 달성할 수 있는 V2I 에너지 애플리케이션.

³¹ 확인됨.

³² 다음에서 동적 이동성 애플리케이션의 이점을 참조하십시오:
https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/3385/dot_3385_DS1.pdf. V2I의 이점에 대한 추가 정보는 교통부의 다음 안전 대역 웹 사이트에서 찾을 수 있습니다: <https://www.transportation.gov/content/safety-band>.

교통부는 V2V와 V2I 기술의 결합 시, 경미한 비 손상 차량 충돌 사고의 약 80 %를 해결할 잠재력이 있다고 일관되게 밝혔습니다.³³ 그러나, 이것은 차량 내 센서든 운전자 행동의 변화든, 다른 수단을 통해서는 이러한 충돌을 피할 수 없다는 것은 아닙니다. 그보다는, 위에서 논의한 많은 고유 특성으로 인해, 교통부와 운송 공동체는 V2X 통신이 충돌을 줄이고 혼잡을 낮추는데 중요한 역할을 할 것이라고 더 일관되게 믿고 있다는 것입니다. V2X는 정확도를 높이고 오판을 줄임으로써 첨단 충돌 방지 시스템의 충돌 예측 능력을 개선하여, 특히 가시선이 악화되거나 악천후 상태인 시나리오에서와 같이, 차량 내 센서를 제한하는 심각한 조건에서, 이 시스템의 성능을 강화할 것입니다. 그러나, 이러한 이점은 간접적이 있고, 시기 적절하며, 신뢰할 수 있는 방식으로 이들 애플리케이션에 필요한 통신을 제공하는 적절한 전용 스펙트럼이 없다면 상실될 것입니다.

II. V2X는 사용 중이며 더 큰 규모로 배치되고 있습니다

이러한 엄청난 잠재적 이점을 고려하여, 현재 미국 전역에서 V2X 배치가 점점 증가하고 있습니다. 이를 배치는 전체 5.9 GHz 대역을 사용하며 주, 지역 및 지방 교통 기관, 그리고 이동자 (취약한 도로 사용자 포함)에게 실제 이점을 나타내기 시작했습니다.

현재, 전국 123 개 이상의 장소에서 5.9 GHz 대역을 사용하고 있습니다. 이 수는 2019년 6월의 87 개 장소에서 증가한 것입니다. 그러나, FCC의 임시 제출 동결에 따라, 배치의 수와 범위의 증가도 중단되었으며, 그 결과, 2019년 12월 19일 현재, 상당한 수의 애플리케이션이 교착 상태가 되었습니다. 이러한 교착 상태에는 귀 위원회로부터 진행 방법에 대한 추가 지시를 받을 때까지 제출을 보류할 가능성이 있는 추가 주는 말할 것도 없고, 10 개 주 (오하이오, 콜로라도, 뉴욕, 플로리다, 하와이, 캘리포니아, 조지아, 미시간, 펜실베이니아, 및 테네시)의 1,020 개소 장소 등록 신청이 포함됩니다.³⁴

³³ 참조, 예: Intellidrive 안전 시스템에 대한 표적 충돌의 빈도 (Najm, Koopmann, Smith, 및 Brewer, 2010년 10월, 보고서 번호 DOT HS 811 381). 다음도 참조하십시오: <https://www.safercar.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%20Avoidance/Technical%20Publications/2010/811381.pdf> 그리고 2000 일반 추정 시스템 (Najm, Sen, Smith, 및 Campbell, 2002년 11월, 보고서 번호 DOT HS 809 573)에 근거한 경미 차량 충돌 및 충돌 전 시나리오의 분석, https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/8882/dot_8882_DS1.pdf; 그리고 연결 차량 배치 결정 지원 분석 및 이해 관계자 영향 분석: 발견 사항. <http://transportation.gov/research-and-technology/connected-vehicle-deployment-decision-support-analysis-and-stakeholder>. 위에서 언급한 바와 같이, 이들 보고서는 다소 오래된 것이지만, 관련 통계는 이용 가능한 통계의 가장 최근 연도인 2018년에도 매우 유사합니다.

³⁴ 현재의 모든 DSRC 면허 부여 및 애플리케이션 정보는 다음에서 직접 수집했습니다: [FCC's Universal Licensing System \(ULS\) search database at https://www.fcc.gov/wireless/systems-universal-licensing-system#searching](https://www.fcc.gov/wireless/systems-universal-licensing-system#searching). 현재의 면허는 다음에서 확인할 수 있습니다: [advanced license search tool](https://www.fcc.gov/wireless/systems-universal-licensing-system#searching) at <https://wireless2.fcc.gov/UlsApp/UlsSearch/searchAdvanced.jsp>; 면허를 보유한 법인이 만든 애플리케이션은 다음에서 확인할 수 있습니다: [advanced application search tool](https://wireless2.fcc.gov/UlsApp/ApplicationsSearch/searchAdvanced.jsp) at <https://wireless2.fcc.gov/UlsApp/ApplicationsSearch/searchAdvanced.jsp>. 이것은 면허 및 위치 애플리케이션의 생성 시 적극적으로 업데이트되는 "라이브" 데이터베이스입니다. [ULS advanced license search tool](https://www.fcc.gov/wireless/systems-universal-licensing-system#searching), 을 사용해서,

다른 관점에서 볼 때, 이 동결은 해롭습니다. 이 첨단 기술을 구현하려면, 계획 과정에서 공공 기관이 결과 및 이점을 다른 유형의 투자와 비교해야 합니다. V2X 시스템을 계획, 배치 및/또는 운영하는 기관이 거의 100 곳으로 성장한 것은 교통의 이점을 창출하기 위한 해당 투자의 중요성을 잘 나타내고 있습니다. 이들 “보류”된 설치에 할당된 자금을 사용하지 않는 경우, 그 자금은 다른 프로젝트를 위해 사용되고, 또 다른 계획 및 투자 분석 주기가 새로운 자금을 제공할 수 있을 때까지 V2X 설치를 미룰 수밖에 없을 것이며, 이는 이 프로젝트의 이점을 더 연기할 뿐입니다.

a. V2X 배치를 통해 혜택이 발생하기 시작했습니다

미국 전역의 선도적 장소에서 설치와 채택의 초기 단계에도 불구하고, 교통 환경에 대한 상당한 성공이 나타나고 있습니다.

V2V/V2I 안전 경고 작업—Tampa, 플로리다³⁵

이 배치에 대한 더 많은 결과가 2020년 후반에 제공될 것이지만, V2V 및 V2I 애플리케이션의 배치를 통한 차량 안전의 향상 측면에서 초기 결과가 긍정적 결과를 보여주는 신흥 Tampa/THEA 배치 평가의 세 하이라이트가 있습니다:

- **교차로 안전:** 2019년 봄부터, 교차로 이동 보조 장치 (IMA)는 Tampa 시내의 사고 취약 지역에서 582 대의 차량에 1,120 개의 경고를 발령했습니다.
³⁶
- **충돌 회피:** 주중의 평일에, V2V 기반 전방 충돌 경고 (FCW) 애플리케이션이 연구 지역에 있는 325 대의 차량 중에서, 10 명의 구형 차량 (OEM 제공 안전 애플리케이션 없음) 운전자에게 충돌 가능성을 경고했습니다.
- **독특한 문제의 해결 - 램프로의 잘못된 도로 진입:** 같은 기간 동안, V2I는 11 명의 운전자에게 고속도로로의 잘못된 도로 진입을 경고했습니다.



그림 4: 잘못된 도로 진입 문제

DOT는 알려진 두 ITS 무선 서비스, 즉, ITS 공공 안전 (IQ – 무선 서비스) 및 ITS 비 공공 안전 (QQ – 무선 서비스)에 대한 모든 면허 (FCC에 대한 호출 신호라고 함)의 목록을 얻었습니다. 이들 두 무선 서비스를 선택하면, 검색 질의가 실행되어 면허를 보유한 모든 단체를 확인합니다. 그런 다음에, 이들을 여과하여 유효 면허를 확인합니다. DSRC 도로 변 유니트를 운영하려면, IQ/QQ 면허 보유자는 DSRC 장치가 위치/운영될 특정 장소에 대한 신청서를 FCC에 제출해야 합니다. 계류 중인 DSRC 위치를 확인하기 위해, 팀은 ULS 첨단 애플리케이션 도구를 사용하고, 관련 무선 서비스 코드 (IQ 및 QQ)와 계류 상태 (2 – 계류 중)를 선택했습니다. 이 질의는 현재 ULS에 계류 중인 모든 DSRC 신청을 되돌렸습니다.

³⁵ 이미지 제공: Tampa Vehicle Pilot.

³⁶ 7.2 %의 오판 비율.

도시 협곡 문제를 해결하는 비용 효율적 능력의 달성

뉴욕 시는 모든 주요 도시에서 효과적인 V2X 통신을 위해, 현재의 도전적인 난제, 즉, 지구 위치 확인 시스템 (GPS)의 의존 센서 시스템이 도시 협곡에서 제대로 작동하지 않는 문제를 해결하기 위한 조치를 취했습니다.

차선 수준 정확도 (자동화 차량에 특히 중요함)를 찾는 과정에서, 뉴욕 시 팀은 다양한 기법을 탐색한 다음에, 차량 센서의 입력과 GPS 신호 (이용 가능한 경우)의 조합, 그리고 NYCDOT 설치 장비의 표준 RSU 전송 서비스 메시지 (예: 교차로 MAP)를 사용하는 하이브리드 능력을 개발했습니다. 이 새로운 시스템은 V2X Locate라고 합니다. 예비 시험 결과는 매우 유망하며, 이러한 "도시 협곡" 조건에서도 SAE J2945/1에 언급된 한계점 (시간의 68 %에서 1.5 m 이내)을 초과합니다.

최종 제품은 "RSU 비행 시간 측정 능력"이라고 합니다. 이 능력을 사용하려면, 입력과 데이터 융합의 처리를 수행하기 위해, V2X 애플리케이션 장치의 소프트웨어가 필요합니다. 또한, 이 능력은 방송 RTCM (해상 서비스 무선 기술 위원회) 위치 결정 설정을 사용할 필요성을 완화하여, 다른 유형의 메시징에 대한 스펙트럼을 개방합니다.

현재, 도시 협곡 환경의 경우에는, 교차로에서 RSU를 활용하는 강화 위치 결정을 사용하여 유사한 밀집 격자 거리 네트워크가 있는 환경에 대한 옵션을 제공함으로써, NYCDOT 노력의 결과가 다른 도시에 도움을 줄 것입니다. 이 결과는 또한 BSM의 위치 정확도와 같이, 연결 차량의 위치 결정 관련 주제를 이해하는 데 도움이 되므로, V2X 표준의 발전을 지원합니다.

b. 성공적인 V2X 배치의 추가 사례

전국에 걸쳐 100 개가 넘는 V2X 배치의 추가 사례는 다음과 같으며, 이 중 상당수는 이미 그 이점을 나타내기 시작했습니다:

앨라배마

트럭 군집 주행 기술 파일럿은 I-85의 5 마일 구간에서 차량당 최대 13 초의 이동 시간 감소를 나타냈습니다.³⁷

애리조나

In Phoenix 지역에서는, 조정 (화물 및 대중 교통 신호 우선 사항 포함)에 따라 배치된 네 (4) 신호 제어 애플리케이션이 차량 이동 시간을 6-27 % 단축했습니다.

콜로라도

콜로라도는 DSRC나 CV2X 기술을 활용하는 약 200 개의 장치를 배치했으며, 향후 3 년 내에 이 숫자를 세 배로 늘릴 것으로 예상됩니다.

³⁷ 출처: 교통 흐름에 대한 운전자 지원 트럭 군집 주행의 평가, Mikhail M. Gordon, Auburn 대학교. 다음의 ITS 지식 자원 데이터베이스에 요약되어 있습니다: <https://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/0/84B77B3C3D88468B852581D70060634C?Open>. See also: <https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/0-6836-1.pdf>. 텍사스의 군집 주행에서 평균 최대 12 %의 연료 절약 결과를 논의하는 99 페이지.

또한, 콜로라도 주의 Denver 시 및 군은 화물 관련 이동 시간을 줄이고, 다른 이웃 거리가 아닌 해당 도로에 화물 이동을 집중하기 위하여, 도시 전역의 지정 화물 도로에 따라 화물 차량에 신호 우위를 제공할 수 있습니다.

조지아

조지아 DOT는 애틀랜타의 1,700 개 교차로에 V2I 가능 도로변 장비를 장착하여 정지 신호를 위반할 위험이 있는 장착 차량에 대한 정지 신호 위반 경고를 지원합니다. 이 애플리케이션은 또한 교차로 전체 정지 간격을 연장하여 위반 차량이 안전하게 통과할 수 있도록 합니다. 정지 신호 위반은 모든 교통 사망자의 2 % (연간 약 700 명의 사망)와 신호 교차로 사망자의 27 %를 나타냅니다.³⁸ 이 애플리케이션은 현재의 인간 운전자에게 경고하기 위한 것이지만, 기본 능력은 또한 자동 차량에 교통 신호 타이밍 계획을 알릴 수도 있으며, 다른 차량 기반 센서를 보완하기 위하여 정보 소스를 제공해서, 이들 센서가 교차로를 효율적으로 탐색하도록 도울 수 있습니다.

플로리다

플로리다 DOT는 플로리다 북부의 도로에 따른 45 개의 장소에 V2I 장비를 배치했으며, 추가 68 개 교차로에 신호 위상 및 타이밍 (SPaT)을 배치하고 있습니다. 목표는 여행 시간의 신뢰성, 안전성, 처리량 및 여행자 정보를 개선하며; 보행자 및 자전거 운전자 안전 CV 및 스마트폰 기반 애플리케이션을 배치하고 시험하는 것입니다. SPaT 외에도, 배치에는 다음이 포함됩니다. 지도 디스플레이; 녹색 신호의 잔여 시간 표시; 정지 신호 위반 경고; 잘못된 도로 진입 (WWE); 출구 램프 감속 경고 (ERDW); 곡선 속도 경고 (CSW); 비상 전자 브레이크 등; 전방 충돌 경고 (FCW); 교차로 이동 지원; 작업 구역 경고; 추월 불가 경고; 속도 제한 경고. 이 지역에는 플로리다의 지역 첨단 이동성 요소 (FRAME)인 I-75를 포함해, 다른 연결 차량 배치가 계획되어 있으며, 이 FRAME은 다중 모드 교통 시스템을 더 잘 관리, 운영, 및 유지하고, I-75와 Gainesville 및 Ocala 시의 주 고속도로 시스템에 통합 도로 관리 솔루션을 생성하기 위해 신흥 기술을 배치할 것입니다. 계획 중인 새로운 기술에는 자동화 교통 신호 (성능 평가용); 효과적인 교통 운영을 위한 V2X RSU 및 OBU; 대중 교통 신호 우위; 및 화물 신호 우위가 포함됩니다.

미시간

미시간 DOT는 자동차 제작 업체가 새로운 애플리케이션을 시험하도록 하고, 장착 차량에 작업 구역 정보를 제공하기 위하여, 신호 위상 및 타이밍 정보를

방송하는 V2I 가능 도로변 장비를 209 개 위치에 설치했습니다.

³⁸ FHWA 안전 사무소: <https://safety.fhwa.dot.gov/intersection/conventional/signalized/rlr/>. NHTSA의 사망 분석보고 시스템 (FARS) 데이터를 기반으로 한 분석.

일련의 교차로를 통한 정지를 최소화하고, 처리량을 개선하며, 연료 소비 및 배기 가스를 줄이기 위해, 신호 위상 및 타이밍 정보를 통해, 정지 신호 위반 경고, 회전 이동 지원, 및 차량에 권장 속도를 알려주는 에코 드라이브 애플리케이션을 비롯한 다양한 애플리케이션을 사용할 수 있습니다.

뉴욕 시는 맨해튼과 브루클린의 353 개 장소에 V2I 도로변 유니트를 갖추고 있습니다. 충돌 사고가 잦은 이들 장소에는 작업 구역, 교차로, 짧은 반경 곡선, 및 높이 제한 시설이 포함됩니다. 뉴욕은 또한 5.9 GHz 통신 기반 애플리케이션을 시험하여, 횡단 보도를 탐지하고, 시각 장애 이동자의 교차로 횡단을 지원합니다.

뉴욕 시

앞서 언급한 바와 같이, NYCDOT CV 파일럿은 DSRC 제어 채널에서 위치 결정 시스템인 V2X Locate를 사용하여 GPS의 위치 정확도를 높이며, 낮은 대기 시간의 V2X 안전 애플리케이션이 실제로 밀집 도시 환경에도 배치될 수 있음을 보여줍니다. 시험 결과는 긍정적이었으며, 흔히 SAE J2945/1의 위치 정확도 한계점 (시간의 68 %에서 1.5 m 이내)을 초과했습니다. 예를 들어서, 6 번가 (Avenue of the Americas)의 도시 협곡에서 시험한 결과, 위치 정확도는 시간의 95 %에서 <1 m이었습니다.

NYCDOT CV 파일럿은 6 개의 10 MHz DSRC 채널을 사용하여, 안전 애플리케이션, 데이터 수집, 그리고 운영 및 정비를 지원합니다. V2V 안전 애플리케이션에 더하여, DSRC 인프라는 1) 차량의 성능 및 교통 데이터를 업로드하고, 2) 차량 내 안전 애플리케이션을 관리 및 업데이트하고, 3) DSRC 통신의 보안을 유지하고, 4) 대피, 작업 구역, 및 기타 도로 제한 정보를 제공하고, 5) 실시간 교통 신호 상태를 제공하고, 6) 안전 애플리케이션을 위한 국지화 도로 형상 정보를 제공하는 데에 사용합니다.

펜실베이니아

펜실베이니아 DOT는 올해 계획된 90 개 이상의 V2I 가능 도로변 장비를 피츠버그 지역의 46 개 교차로에 설치했습니다. 이들 장비는 데이터를 사용하여 교통 신호 기능을 실시간 조건에 맞게 조정하고, 대중 교통 이동을 우선시하며 최적화합니다.

유타

유타 DOT는 4 년 동안 DSRC를 배치해 오고 있으며, 현재 127 개의 교차로와 82 대의 차량에서 DSRC 장비를 설치 및 운영하고 있습니다. 유타의 DSRC 도로는 대중 교통의 신뢰성을 12 % 높이고, 버스 지연 도착을 40 % 줄였습니다.

유타 주는 올 겨울 악천후 시 제설기에 신호 선점 우선권을 부여할 예정이며, 여러 개의 도로를 더 확보하고, 곡선 속도 경고 및 기상 위험으로 인한 결빙 노면에 대한 애플리케이션을 배치할 계획입니다.

버지니아

버지니아 DOT는 정지 신호 위반 경고를 지원하기 위해, 버지니아 북부의 51 개 교차로에 V2I 가능 도로변 장비를 장착했습니다.

워싱턴 주

불안한 기후의 도중에, 워싱턴의 I-90에 적용한 가변 속도 제한 (VSL) 애플리케이션은 시스템이 평균 속도를 최대 13 % 줄인 것으로 나타났습니다.

와이오밍

와이오밍 DOT는 치명적인 상태 관련 충돌 (때로는 여러 대의 차량이 쌓이는)을 방지하기 위하여, 주 전역의 I-80에 75 개의 V2I 도로변 유니트를 설치해서, 날씨 경고 (예: 낮은 가시성, 강풍, 등)를 제공하고, 장비 장착 모터 캐리어 및 차량 집단에게 도로 상태를 지적합니다. 이 장비는 또한 트럭 주차 가능 여부에 대한 정보도 방송합니다. V2I를 사용하면 운전자가 라디오 채널을 조정하거나 애플리케이션을 점검하지 않고도 특정 지역의 차량에 메시지를 전송할 수 있습니다. 연결 차량 데이터를 TMC에 통합하는 것이 I-80 및 와이오밍의 나머지 고속도로에서 도로 관리 기능을 개선하는 데 중요한 역할을 했습니다. WYDOT가 운영 단계로 이동함에 따라, 50 대 이상의 제설기와 Trihydro 차량으로 구성된 "친화적 집단"이 벌써 TMC에 지속적인 데이터를 전송하고 있습니다. 여러 주와의 논의를 통해, 우리는 콜로라도 주가 유사 시스템에 관심이 있고, 네브래스카 주가 주 전역에 걸쳐 와이오밍 시스템을 구축하거나 확장하기 위한 자금을 받았음을 알고 있습니다.

이러한 개별 배치는 교통 공동체에서 추진 중인 다른 광범위한 노력에 따라 보완되고 있습니다. 예를 들면, 미국 도로 교통 안전 협회 (AASHTO), ITS America, 및 교통 엔지니어 연구소 (ITE)를 포함한 우수 국가 운영 센터 (NOCoE)는 2020년까지 모든 주에서 최소 20 개의 교차로에 V2I 장비를 장착하기 위해, 신호 단계 및 타이밍 과제를 회원들에게 발표했습니다.³⁹ 이 노력은 전국적으로 도로변 유니트의 성장을 지원했으며, 6,000 개 이상이 설치되어 34 개 주에서 사용되고 있습니다. NOCoE는 또한 연결 집단 과제도 발표했습니다. 이 이니셔티브는 현재 장착 또는 계획된 15,000 대 이상의 차량을 기반으로 합니다.⁴⁰

³⁹ <https://transportationops.org/spatchallenge>.

⁴⁰ <https://transportationops.org/connected-fleet-challenge>

또한, US DOT와 자동차 회사⁴¹는 "신호화 도로를 위한 교통 최적화 (TOSCo)"에 대한 연구 이니셔티브를 수행하고 있는데, 이 이니셔티브는 TOSCo 지원 교차로를 통해 차량을 더 효율적으로 이동할 수 있게 하는 속도 궤적을 계획하기 위하여, 인프라 정보 (교통 신호 제어기와 장착 차량 간의 V2X 통신)를 사용하는 혁신적 CV 애플리케이션입니다. TOSCo 분석은 두 도로에서 정차 지연과 정차 횟수가 모두 크게 감소했음을 나타냈습니다 (저속 도로에서 40 %, 고속 도로에서 80 %). 시뮬레이션 결과에 따르면, 교통 성능에 미치는 영향은, 30 %에 불과한 시장 침투율에서, TOSCo가 러시아워 중 정차 지연을 아침에 7-24 %, 그리고 저녁에 38-51 %까지 줄일 수 있음을 나타냅니다.⁴² 포화 상태를 경험하는 교차로의 경우, TOSCo는 교차로의 용량을 충분히 증가시켜 대기열의 형성을 제거했습니다. 다음으로, TOSCo는 텍사스 Conroe 시의 도로에서 시연할 것입니다.

주 및 지역 기관은 또한 V2X 통신에 대한 2018 US DOT 의견 요청⁴³ 13-49에서 FCC의 V2X-DSRC 문서⁴⁴ 그리고 18-357에서 FCC의 LTE-CV2X 문서를 비롯한 다른 절차에서 자신들의 배치를 US DOT 및 FCC에 설명했습니다.⁴⁵ 추가 배치 정보는 CV 파일럿 사이트⁴⁶, 스마트 시티 사이트⁴⁷ 그리고 3년 주기 조사에 근거한 배치에 관한 세부 정보를 제공하는 지식 자원 사이트⁴⁸를 문서화하는 ITS JPO의 웹사이트에서도 찾을 수 있습니다. 이 사이트는 배치 ITS의 효율성을 추적하는 20년 이상의 ITS 평가 연구, 연구 종합, 핸드북, 저널 기사 및 회의 논문을 통해 ITS의 배치 및 운영에 대한 이점, 비용, 배치 수준 및 습득 교훈의 요약을 제공합니다. 다음 업데이트는 2020년 여름에 발표될 예정입니다.

III. 연결 및 자동화 미래에는 전체 75MHz를 사용해야 합니다

이들 기존 배치는 FCC가 V2X 목적으로 할당한 전체 75MHz 스펙트럼에 의존하고 사용합니다. 다음 논의에서는, 기존 배치가 스펙트럼을 사용하는 방법; V2X와 차량 자동화 사이의 관계, 특히 두 기술이 협력 자동 운전 (CAD) 시스템으로 결합되는 방식; 그리고 더 큰 연결성의 미래에 스펙트럼의 사용 방법을 설명합니다. 요약한다면, 이들 사례는 안전 중요 애플리케이션을 위한 전국적 상호 운용성을 지원하기 위해, 신뢰할 수 있는 V2X 통신이 전체 스펙트럼에 걸쳐 시간 민감 중요 정보를 수신할 수 있어야 함을 보여줍니다.

⁴¹ OEM 연구 파트너에는 Ford, GM, Honda, Hyundai, Mazda, Nissan, Subaru, Volkswagen이 포함됩니다.

⁴² 현재까지의 TOSCo 결과는 다음 두 보고서에 문서화되어 있습니다: 신호화 도로를 위한 교통 최적화 (TOSCo) 단계 1 프로젝트 – 교통 수준 시뮬레이션 및 성능 분석 보고서 그리고 신호화 도로를 위한 교통 최적화 (TOSCo) 단계 1 프로젝트 최종 보고서, 참조: <https://www.campllc.org/traffic-optimization-for-signalized-corridors-tosco-fhwa/>.

⁴³ 참조: <https://www.regulations.gov/docket?D=DOT-OST-2018-0210>.

⁴⁴ 참조: https://www.fcc.gov/ecfs/search/filings?q=13%5C-49&sort=date_disseminated,DESC.

⁴⁵ 참조: https://www.fcc.gov/ecfs/search/filings?q=18%5C-357&sort=date_disseminated,DESC.

⁴⁶ 참조: <https://www.its.dot.gov/pilots/index.htm>, <https://www.cvp.nyc/>, <https://www.tampacvpilot.com/> and <https://wydotcvp.wyoroad.info/>.

⁴⁷ 참조: <https://www.transportation.gov/smartcity> and <https://smart.columbus.gov/>.

⁴⁸ 참조: <https://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/its/itsbcllwebpage.nsf/KRHomePage>.

a. 5.9 GHz 대역의 기준 사용

이전의 그림 2에서 나타낸 바와 같이, V2X의 목적으로 할당된 다른 채널은 여러 애플리케이션 및 용도와 연관되어 있습니다. 이러한 사용에 대한 기준 요건은 ITS 표준에 잘 규정되어 있으며, 신호 위상과 타이밍 및/또는 형상 도로 특성 (MAP)을 전달하는 인프라 메시지와 결합된 다른 이동 장치의 궤적, 속도, 요동 비율 (다른 데이터 포인트 중에서)과 같은 데이터를 위하여, 인근 장치 (300-1000 미터의 범위에 있는)에서 데이터를 수신하는 능력을 지원합니다. 이 데이터를 초당 최대 10 회 수신함으로써, 이동 장치 (예: 차량, 휠체어 또는 자전거)는 모든 주변 장치의 위치를 알고, 어디까지 이동하면 충돌이 발생할 수 있는지를 예측할 수 있습니다.

이러한 기준 사용과 기타 확립 애플리케이션을 결합함으로써, 다음과 같은 도로 시스템을 사용하는 밀집 및 분산 인구의 대표적 도시인 로스앤젤레스와 같은 "에지 케이스"에서 채널 계획이 어떻게 작동할 수 있는지를 상상할 수 있습니다:

- 고속으로 (평균 55-65mph, 반대편 도로의 차량과 150mph의 충돌 속도로 해석할 수 있음) 도시를 통과하는 주간 (州間) 고속도로;
- 25-45mph 사이의 속도로 주요 간선 도로 위를 통과하는 주간 (州間) 고속도로;
- 보행자와 취약한 도로 사용자가 이용하는 보도가 있는 더 작은 인근 골목길;
- 1~2 개의 도시 블록 간격인 교통 신호, 이는 도로변 유니트가 겹칠 수 있음을 의미합니다; 그리고
- 도로가 비스듬히 교차로에 합류 시, 가시선을 차단할 수 있는 짧은 건물.

이러한 특성은 신중하게 구성하고 이행하지 않는 한, V2X 통신에 까다로운 환경을 나타냅니다. 기준 대역 계획 그리고 인접 채널 거부와 같은 장치 기능의 사용으로, V2X 통신이 이러한 환경에서 작동할 수 있음이 입증되었습니다. 이러한 유형의 운영 환경에서, 다양한 기본 V2V/V2I 안전, 시스템 효율, 보안, 및 이동성 통신을 제공하려면, 다음과 같은 스펙트럼 사용이 필요합니다:

스펙트럼의 사용	관찰	사용 대역의 폭
안전 중요 통신 충돌 예방을 위해 안전 중요 통신을 수행하는 모든 차량/장치. 메시지에는 기본 안전 메시지 (BSM), 신호 위상 및 타이밍 (SPaT), 그리고 GPS 수정이 포함됩니다. 교차로 역학을 적절히 해결하려면, MAP 메시지 (도로 형상)가 필요하며, 지리적 복잡성에 따라 메시지의 크기가 결정됩니다.	US DOT 및 산업 시험에 따르면, 300m의 구역에서 차량 및 교통 신호 방송을 예상할 수 있으며, 모두 수용되어야 합니다. 채널은 대부분의 경우, 주요 도시와 같은 장소에서 거의 또는 완전히 포화 상태가 됩니다. 이러한 조건에서 중요 생명 안전 애플리케이션을 사용하려면, 정보 시대 또는 패킷 오류율과 같은 핵심 성능 측정 기준의 운영이 성공적이어야 합니다.	<ul style="list-style-type: none">DSRC를 완전히 사용하는 채널 172의 10 MHz - 300m 범위에서 약 1,200 대의 차량을 지원할 수 있습니다.LTE-CV2X가 각 메시지를 두 번 전송하는 채널 183의 20 MHz — 이러한 조건에서 채널이 얼마나 혼잡해질 수 있으며, 얼마나 많은 차량이 생명 안전 통신을 지원받을 수 있는지를 시험 중입니다.

스펙트럼의 사용	관찰	사용 대역의 폭
대부분의 차량이 매일 동일한 경로를 통과하기 때문에, 장치는 업데이트만 필요하며, 업데이트 수신 시에는, 다른 채널로 맞출 수 있습니다.	이러한 측정 기준의 정보를 사용하는 혼잡 알고리즘은 V2X 중요 안전 애플리케이션이 계속해서 올바르게 작동하도록 포화를 관리하기 위해 개발되었습니다.	
교차로에서 RSU에 의한 MAP 전달. 보안 자격 증명의 갱신과 같은 다른 유형의 다운로드도 이 채널에 수용할 수 있습니다.	RSU가 100-200 미터 떨어져 있고, 큰 정적 문서를 배포하는 경우, 다른 채널을 채울 수 있습니다.	<ul style="list-style-type: none"> Channel 174와 같은 10 MHz의 저전력 채널 (176, 180, 182일 수도 있습니다) 이 데이터 교환 사용은 LTE-CV2X 제안 20 MHz 채널에 맞아야 합니다.
공공 안전 애플리케이션 — 채널 184는 필요 시 공공 안전 용도로 유보되어 있습니다. 경찰, 소방, 및 응급 구조 대원이 충돌 현장에 안전하고 신속하게 접근할 수 있도록 채널을 사용할 수 있어야 합니다. 위기가 임박하면, 이 스펙트럼의 가용성이 중요합니다.	공공 안전 차량은 다음을 수행하기 위하여 스펙트럼을 사용합니다: <ul style="list-style-type: none"> 자신의 차량에 대해 V2V 안전을 수행합니다. 신호 선점을 사용하여 교차로를 안전하고 빠르게 이동합니다. RSU를 통해 경보를 전송하여 전방의 차량에게 경로와 속도를 경고하고, 해당 차량이 안전하고 빠르게 이동할 수 있도록 합니다. 요원의 안전을 지키기 위해 도로변 경고를 전송합니다. 현장에서 응급실로 메시지를 보내거나 비디오를 스트리밍할 수 있습니다. 	<ul style="list-style-type: none"> DSRC가 있는 10 MHz 채널 184 또한, DSRC의 경우, 이동자 정보 메시지 (TIM)를 전송하여 사고 현장의 근처와 접근 차량에 경고하고 (작업 구역 경고와 유사), 충돌 장소의 주변으로 경로를 변경합니다. 이 사용은 LTE-CV2X 제안 20 MHz 채널에 맞아야 합니다.

스펙트럼 사용	관찰	대역폭 사용량
<p>제어 채널: 이 지점에서 30MHz 이상이 다른 키보다 먼저 사용되고 다른 V2I 안전, 시스템 효율 및 모빌리티 용도를 위한 중요 요건이 충족됩니다. 제어 채널은 DSRC 사용과 함께 이 시간 동안 유용하므로, 대역 계획은 능동적 스펙트럼 관리를 위해 10MHz 채널을 할당합니다.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 10MHz 채널 178 (DSRC 포함) • 모든 데이터 교환이 제안된 20MHz 채널 내에서 이루어져야 하므로 LTE-CV2X는 제어 채널이 필요하지 않습니다. 모든 채널에 대한 이론적 사용 제한을 감안할 때, LTE-CV2X 20MHz 채널이 안전과 직결되는 방송과 MAP/보안 다운로드, 공공 안전 및 주변 여행자 정보를 이 한 채널에 수용할 방법을 결정하기 위해서는 여전히 테스트가 필요합니다.
<p>V2I 안전, 시스템 효율, 모빌리티 메시지 및 ITS 아키텍처 레퍼런스에 표시되는 것과 같은 기타 공의 용도.⁴⁹ 주요 응용 분야는 다음과 같습니다:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 교통 신호 선점 • 공사 구역 알림 • 국지적 날씨 경고 • 언덕길, 장애물 뒤, 또는 기상과 관련된 교통 정체 또는 체증 시 대기열 경고 • 지역 전체 시스템 관리를 위한 프로브 데이터 • 철도 등급 건널목 • 항구로부터 도시를 거쳐 주간 고속도로까지의 화물 물류 램프 또는 거리 오진입 	<p>이러한 메시지의 사이즈는 300-800 옥텟(보안 기능이 있는 BSM은 약 365 옥텟) 범위가 될 수 있으며, 우세한 조건에 따라 우선 순위가 낮을 수도 있고 높을 수도 있습니다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • LTE-CV2X를 위해 제안된 20MHz 채널이 밀집된 도시 환경에서 사용될 때 이러한 유형의 메시지를 모두 수용할 방안은 불분명합니다. 미국 교통부는 이 하나의 20MHz 채널 내에서 이들 장치의 능력을 이해하기 위한 테스트를 준비하고 있습니다.

⁴⁹ At: www.arc-it.net.

b. V2X, 자동차 자동화 능력 향상

자동화는 충돌 사고를 줄이고 삶의 질을 개선하며, 수 백만 미국인의 이동성과 독립성을 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있습니다. 교통부는 AV 3.0에서 V2X 통신과 자동화된 차량(AV) 간의 관계에 대하여 논의하면서 다음과 같이 결론을 내렸습니다:

연결성은 차량, 인프라 및 기타 도로 이용자 간의 통신을 구현한다. 차량 간 (V2V) 및 차량과 주변 환경 간 (V2X) 통신은 모든 수준에서 자동화의 이점을 향상시킬 것으로 기대되는 중요한 보완 기술이지만, 자동화 차량 배치의 전제 조건이 되어서는 안 되며 현실적으로 불가능하다.⁵⁰

즉, 커넥티드 차량 기술이 ADS 기술의 절대적인 요건은 아니지만, V2X 통신은 안전을 강화하고 운행 설계 영역을 확장하며, 다른 차량 및 인프라와의 상호 작용을 개선함으로써 ADS 탑재 차량의 개발에서 중요한 역할을 할 가능성이 높습니다. 고속 V2X 통신 및 데이터 교환을 통해 AV는 (앞서 언급한) 온보드 센서의 물리적 범위를 넘어 데이터를 수신하고 기여할 수 있으므로, 자동화된 차량은 도로를 이용하는 보행자, 자전거 및 기타 인간의 거동에 영향을 미치고 이를 고려할 수 있습니다.⁵¹ 더불어, V2X 메시징은 커넥티드 자동화 차량들 간의 지속적인 통신에 의존하는 platooning과 같은 CAD (자율협력주행) 응용을 위한 절대적 요건이 될 것입니다. 따라서 교통부와 보다 광범위한 교통 커뮤니티는 자동화 경향으로 인해 보다 크고 정교한 자동화 시스템을 구현하기 위한 스펙트럼 수요가 증가할 것으로 예상합니다.

교통부는 현재 다음과 같은 여러 노력을 통해 CAD 기술에 투자하고 있습니다:

- CAD 연구를 가속화하고 ADS(자동화 주행 시스템)를 활성화하여 복잡한 운송 시나리오에서 전술적 기동을 촉진시키는 CARMA(Cooperative Automation Research Mobility Applications) 오픈 소스 플랫폼.
- 특히 더 높은 시장 침투율로 보다 원활한 교통 흐름을 제공하고 총 지연, 정체 및 총 주행 시간 측면에서 네트워크 차원의 모빌리티 이점을 제공하는 신호화 된 회랑 교통 최적화;
- 상당한 연료 절감으로 이어지는 자율 협력 트럭 Platooning;
- CDA를 통해 시스템 성능과 안전을 향상시키기 위해 ADS 성능 제한을 확장하는 기술을 포함하는 자율 협력 통합 고속도로;
- ADS를 지원하거나 구현하기 위해 통신을 통해 구현된 자율 협력 주행 기동을 정의하기 위한 SAE International의 표준 설정 노력 참여.

⁵⁰ Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles 3.0 (AV 3.0), page 13. At: <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/policy-initiatives/automated-vehicles/320711/preparing-future-transportation-automated-vehicle-30.pdf>.

⁵¹ Testimony of Dr. James C. Owens, Acting Administrator National Highway Traffic Safety Administration Before the Committee on Commerce, Science & Transportation United States Senate Highly Automated Vehicles: Federal Perspectives on the Deployment of Safety Technology November 20, 2019. At: <https://www.commerce.senate.gov/services/files/683FBDA2-F073-4853-A1A4-E671970EE3E9>.

미국 교통부의 주요 초점이자 최첨단 노력은 시장 대비 태세를 가속화하고 자율 협력 주행 기술의 배치를 가속화하도록 설계된 오픈 소스 에코 시스템(CARMA)의 개발입니다. 미국 교통부 산하 기관들은 지난 7년에 걸쳐 CARMA 개발 과정에서 R&D에 2,300만 달러 이상을 투자했습니다. 더불어, CARMA 프로그램은 자동 협력 주행 시스템의 혁신을 가속화하는 주요 학술 기관의 연구 프로그램에서 사용되는 도구로 미국 전역에 걸쳐 성장하고 있습니다. CARMA 플랫폼은 모든 차량, 하드웨어 또는 제어 시스템과 공조하여 작동하도록 만들어진 독자적 오픈 소스 플랫폼으로, 광범위한 주 및 지역 기관 테스트 엔지니어, 학술 연구원 및 민간 부문 개발자에게 새로운 도구를 제공합니다. CARMA 파트너는 CAD 기능을 구현하기 위해 5.9GHz 대역에 의존하는 협력 기능을 개발 및 발전시키고 있습니다.

CAD로 구현되는 새로운 안전 및 운영 기능은 시스템 전체의 안전, 운영 및 효율 향상에 목표를 두고 (1) 협력 충돌 회피; (2) 협력 차선 변경; (3) 협력 차선 따르기; (4) 협력 통행권; (5) 협력 교통 신호; (6) 협력 교통 관리 및 (7) 접근 가능한 협력 교통 수단 등 7가지 기능 그룹으로 결합됩니다. 이러한 기능은 기존의 기본 메시징(예 : BSM, SPaT / MAP 등)을 사용하여 새로운 유형의 메시징을 통합하여 MCM (조작 조율 메시지) 플래투닝 제어 메시지(PCM)와 같은 차량 조작 자동화와 관련된 복잡성을 해결하는 기존 V2X 애플리케이션으로부터 빌드됩니다. CARMA는 또한 ADS와 상호 작용하는 최초 대응 자 사용 케이스에 대한 새로운 전략을 제공하기 시작했습니다.

c. 연결 및 자동화된 미래의 스펙트럼 사용

75MHz 사용을 이해하는 또 다른 방법은 차량이 환경을 통과할 때 각 차량의 스펙트럼 액세스 요건을 분석하는 것입니다. 2018년 Car-2-Car Communication Consortium(C2C-CC)은 개별 차량이 통상적으로 하루에 사용할 수 있는 스펙트럼의 메가헤르츠 수에 대한 분석을 수행했습니다.⁵² 그림 5는 차량 한 대가 주행 중에 가질 수 있는 교환 유형을 보여줍니다. 화살표는 기준 표준에 의해 정의되는 데이터 흐름을 설명합니다(LTE-CV2X 표준이 완성되면 새로운 자동화 응용 분야와 연관된 표준 및 데이터 흐름과 함께 추가되어야 함).

⁵² See: https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/General_Documents/C2CCC_TR_2050_Spectrum_Needs.pdf.

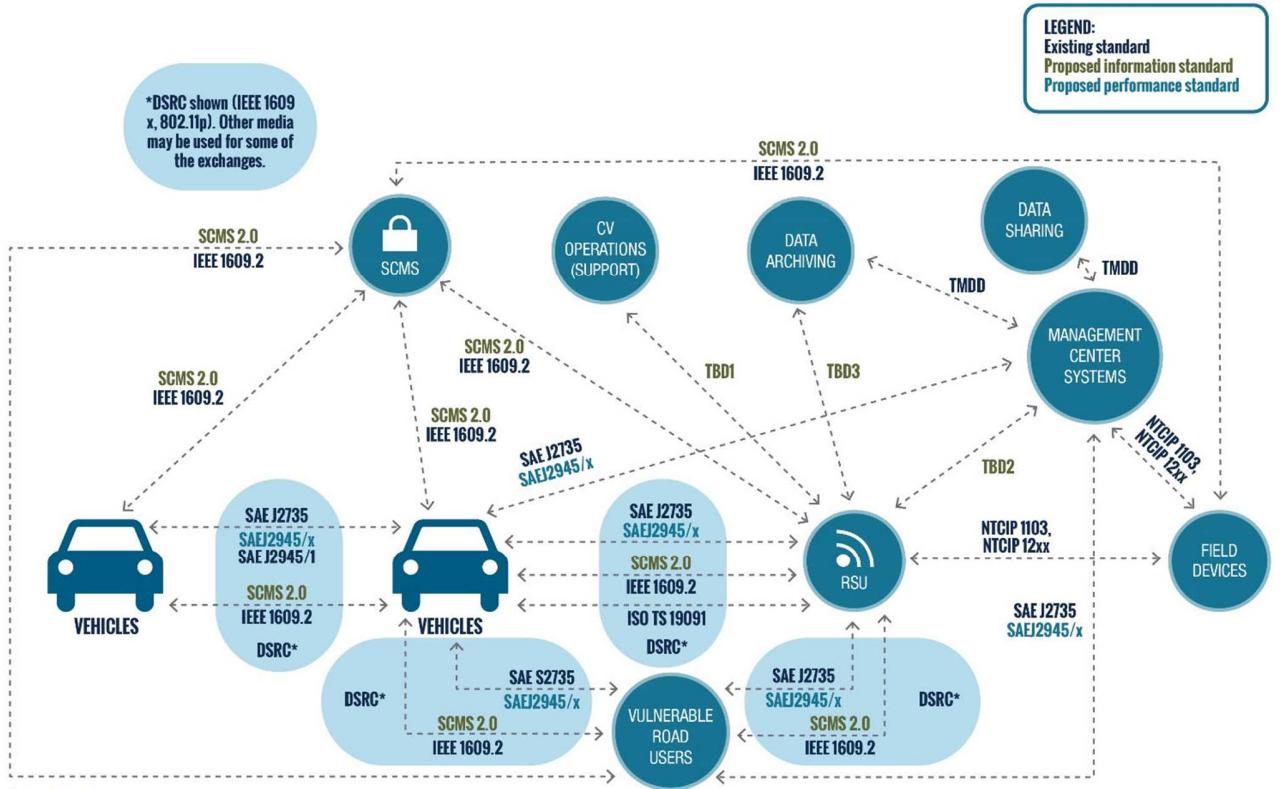


그림 5: 주행 중 차량과 인프라 간의 V2X 통신

기존 응용 분야를 위한 C2C-CC의 스펙트럼 사용 분석은 자동화에 필요하거나 사용될 수 있는 추가 연결성도 고려합니다. Continental과 C2C-CC는 최근 근 미래의 협력 자동화 메시지를 추가하고 유럽 배치 데이터를 사용해서 계산을 업데이트하여 표 2와 같이 오늘날의 V2X 애플리케이션을 실행하고 근 미래의 협력 자동화 애플리케이션을 설명하는 데 필요한 스펙트럼을 고려했습니다.⁵³

⁵³ Continental expertise and C2C-CC white paper, *Position Paper on Road Safety and Road Efficiency Spectrum Needs in the 5.9 GHz for C-ITS and Cooperative Automated Driving* at https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/General_Documents/C2CCC_TR_2050_Spectrum_Needs.pdf; ETSI TR 103 562 and https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103500_103599/103562/02.01.01_60/tr_103562v020101p.pdf, and [https://docbox.etsi.org/ITS/ITSWG1/05-CONTRIBUTIONS/2019//ITSWG1\(19\)000012_Collective_Perception_Simulation_Study.pdf](https://docbox.etsi.org/ITS/ITSWG1/05-CONTRIBUTIONS/2019//ITSWG1(19)000012_Collective_Perception_Simulation_Study.pdf)

표 2: C2C-CC 및 Continental의 V2X 메시지 유형을 위한 스펙트럼 필요⁵⁴

Message type	Scenario			No of 10 MHz channels
	Urban [MHz]	Suburban [MHz]	Highway [MHz]	
BSM	9	10	9	1
I2V	1	1	1	0.5
PSM	4	1	2	0.5
PCM	3	6	10	1
CPM	23	26	24	2
MCM	23	26	24	2
Σ	63	70	70	7

2018년 파일의 부록 A는 특정 시점에 도시, 교외 및 농촌 시나리오를 포함한 다양한 시나리오에 필요한 스펙트럼의 양을 보여줍니다. 표 2는 환경 매개변수(차량 및 장치의 속도와 밀도 포함), 메시지(패킷 크기 및 주기성, 비트/헤르츠 포함) 및 최대 채널로드와 관련된 가정을 자세히 설명합니다. 미국 기반 V2X 배치 경험을 통해 이러한 시나리오는 이러한 유형의 스펙트럼 가용성을 요하는 전형적인 예상 시나리오로 검증되었습니다.

또한 이 메시지 세트에는 보안 인증이나 기타 데이터 업로드 요건이 포함되지 않으며 V2I 애플리케이션을 지원하기 위한 많은 추가 데이터도 포함되지 않습니다. 이러한 추가 메시지 세트를 추가할 때 전체 75MHz(대역 아래의 미 인가 Wi-Fi에 대한 5MHz 보호 포함)가 사용될 것으로 여겨집니다.

마지막으로, V2X 통신을 지원하기 위한 스펙트럼 필요성을 분석 할 때 5G 기반 V2X 시스템의 잠재적 스펙트럼 요건을 고려하는 것이 중요합니다. 기존 V2X 형식과의 상호 운용이 불가능할 것으로 예상되는 이 기술을 고려하지 않고 할당될 경우, 5G V2X⁵⁵에 대하여 필요한 연구를 수행하여 안전 능력과 5G의 협력 환경 전환 방법을 모두 결정할 수 있는 가용 스펙트럼이 없을 수 있습니다. 그러나 그것만으로도 배치에는 충분합니다. 하지만 다른 국가에서 이러한 발전을 활용하면서 미국 기업이 경쟁에서 불리해질 수 있습니다. 따라서 기존 75MHz를 유지하면 이 NPRM에 따라 봉쇄될 V2X 기술의 혁신을 위한 여지가 제공됩니다.

따라서 이러한 고급 애플리케이션과 미래의 혁신적인 기술이 추가됨에 따라, 인명 구조 및 자율 협력 응용 분야를 위해 5.9GHz 대역을 완전하고 생산적으로 사용할 수 있을 것으로 예상됩니다.

⁵⁴ See the Car-to-Car Communication Consortium's filing at https://ecfsapi.fcc.gov/file/1030955870143/FCC_NPRM_2019_5.9%20GHz_CAR2CAR_Communication_Consortium.pdf, page 2.

⁵⁵ At this time, the specification development for 5G V2X is still underway. See the 3GPP schedule at <https://www.3gpp.org/news-enews/1674-timeline>.

d. 전체 75MHz 유지는 국제적 할당과 부합

미국의 V2X 통신을 위한 75 MHz 스펙트럼 할당은 국제전기통신연합(ITU)의 ITS 스펙트럼⁵⁶ 권고⁵⁷ 및 다음을 포함하여 미국의 주요 교역 파트너가 실행한 유사한 할당과 부합합니다.⁵⁸

- 유럽 연합은 cooperative-ITS⁵⁹에 5875-5905 MHz를 할당했으며 추가 대역폭을 모색하고 있습니다.
- 한국은 TTA 차량 통신 시스템 표준에서 5850-5925 MHz를 따로 설정했습니다.
- 싱가포르의 5875-5925 MHz ITS
- 호주는 협력 ITS에 5850-5925MHz를 할당했습니다.⁶⁰
- 인도는 ITS 응용 분야에 대하여 5875 ~ 5925 MHz 주파수를 고려하도록 허용했습니다.⁶¹
- RSS-252 캐나다는 ITS를 위해 5850-5925MHz를 따로 설정했습니다.
- 멕시코는 동일한 대역 할당을 고려했고⁶², 과거 주된 대역 사용자와의 공존 관점에서 ITS 목적으로 미국이 국경에서 이 대역을 사용하는 것을 허용할 수 있다고 판단했습니다.
- 일본은 ARIB 표준을 기반으로 두 대역(V2V 및 V2I의 경우 755.5 ~ 764.5MHz, 상호 운용 가능한 V2I 통행료 및 탄력적 구역 시스템(14개 채널)의 경우 5770 ~ 5850MHz)에서 사용 가능한 스펙트럼을 할당했습니다.⁶³
- 중국은 5GAA 제안과 유사한 방식으로 LTE-CV2X 기술을 사용할 계획이므로, 5925-5925 MHz 대역에서 20M Hz를 할당했습니다.⁶⁴

현재 초기 할당이 75MHz 미만인 다른 정부와의 교류는 이들 정부가 V2X 및 협력 자동화 차량 배치를 뒷받침하기 위해 더 많은 스펙트럼을 고려하고 있음을 시사합니다. 예를 들어, 유럽 연합은 5.8GHz 대역에서 인접 통행로 시스템과의 잠재적인 간섭 문제를 해결한 후 5875MHz ~ 5905MHz 사이 5.9GHz 대역에서 30 MHz의 초기 할당을 협력 ITS로 확장하려 합니다.

⁵⁶ ITU-R Recommendation M.2121: Harmonization of frequency bands for Intelligent Transport Systems in the mobile service.

⁵⁷ ITU-R.M. 2445-0, “Intelligent transport systems (ITS) usage,” (https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2445-2018-PDF-E.pdf) lists an initial globally identified 59 applications (use cases) for ITS. Of these use cases, only roughly 10 are currently supported by the 10 MHz for DSRC and proposed 20 MHz for LTE-CV2X.

⁵⁸ <https://www.ecodocdb.dk/download/19a361a9-d547/CEPTRep071.pdf>.

⁵⁹ *Id.*

⁶⁰ <https://www.computerworld.com/article/3476396/acma-releases-class-licence-for-intelligent-transport-systems.html> and <https://www.acma.gov.au/sites/default/files/2019-07/Five-year%20spectrum%20outlook%202018-22.pdf>.

⁶¹ Government of India Department of Telecommunications, Wireless Planning and Coordination Wing, *National Frequency Allocation Plan 2018* <http://dot.gov.in/sites/default/files/NFAP%202018.pdf?download=1>.

⁶² FCC 03-324 REPORT AND ORDER, December 2003, ET Docket No. 98-95., pages 17, 42-43, and A-13 to A-14.

⁶³ At: http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/5-STD-T109v1_1-E1.pdf for the 760 band and at: https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/desc/std-t88.html and http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/5-STD-T55v1_0-E.pdf for the 5.8 GHz band.

⁶⁴ <https://vtsociety.org/2018/08/chinas-connected-car-f-band-ieee-802-11-on-nextgen-v2x/>

CEPT(CEPT 71 보고서)에서 발간한 2019년 3월 보고서는 5875-5905MHz (30MHz)에서 5875-5915 (40MHz)로의 스펙트럼 규정 변경 및 도시 철도와의 5915-5925MHz (10MHz) 공유 가능성을 제안합니다.⁶⁵ 이와 유사하게, 일본은 추가적인 협력 ITS 서비스⁶⁶를 제공하기 위해 할당된 두 대역인 V2X에 사용할 수 있는 스펙트럼의 확장을 고려하고 있으며⁶⁷, 더불어 V2X와 자동화 간의 관계뿐 아니라 차량에서 볼 수 없는 차량, 보행자 등에 대한 감지 정보를 차량에 제공하는 노면 시스템⁶⁸ 및 platooning 시스템⁶⁹의 개발을 모색하고 있습니다.

주요 거래 파트너와의 이러한 조율은 교통 업계와 교통부에 중요합니다. 조율을 통해 미국 업계는 글로벌 시장에서 당사의 운송 기술을 판매할 수 있습니다. 75MHz 사용을 지원하는 표준은 대부분 유사합니다(일부 국가에서는 미국 또는 유럽 표준 버전을 채택하고 있거나 채택했습니다). 미국은 이러한 기술에 대하여 선도적인 입지를 차지하고 있으며, 교통부는 최근 부분적으로 NPRM의 영향을 받아 미국 생산이 둔화되면서 미국의 배치 사이트가 주문을 채우기 어려워질 것을 우려하고 있습니다. 더불어, 사소한 변경만으로 V2X 장치가 전 세계 어디에서나 판매될 수 있으므로 대역 및 표준과의 조율은 자동차 제조사의 비용을 낮게 유지해 줍니다. 또한 운전자가 북미 전역의 국경을 넘을 때 V2X 애플리케이션 운영을 계속할 수 있는 능력을 갖추는 것이 중요합니다. 마지막으로, 다른 많은 정부들도 V2X에 대한 기존 할당을 보존하고 현재 사용 및 미래 혁신을 위해 더 많은 스펙트럼을 모색함에 따라, 미국은 추가적인 중요한 경제적 이점과 시장 선도 기회를 잃을 수 있습니다.

IV. 대역 계획 변경에 따른 기존 배치에 대한 재정적 비용

교통 환경의 발전은 소비자 무선 장치 및 관련 통신 표준 시장과 다른 속도로 움직이는 장기적인 투자 약정을 기반으로 합니다. 예를 들어, 3GPP 규격 릴리스는 10년 미만에 걸쳐 발생하는 차세대(즉, 4G에서 5G)로의 완전한 전환과 함께 3년 주기로 발생하는 경향이 있습니다.⁷⁰

⁶⁵ CEPT 71 보고서는 추가로 다음과 같이 언급합니다: "스펙트럼 가용성이 현재 ITS 개발에 제약이 된다는 증거는 없으며, 이와 관련하여 즉각적인 규제 조치를 취할 필요가 없습니다." 단, ITS를 위한 정책 및 표준화 개발의 모멘텀을 감안하여, 보고서는 "ITS가 기존 지정보다 20 MHz 이상 높은 안전 관련 ITS를 위한 스펙트럼을 공유하고 20MHz 미만에서는 안전 외 ITS를 위한 스펙트럼을 공유하도록 확장할 수 있는 옵션을 당분간 사용할 수 있어야 합니다." See https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA-CLEPA_paper-Spectrum_needs-November_2019.pdf and <https://www.ecodocdb.dk/download/19a361a9-d547/CEPTRep071.pdf>.

⁶⁶ See [http://www.acecc-world.org/ITS_Introduction_Guide\(Draft\)_version1.1.pdf](http://www.acecc-world.org/ITS_Introduction_Guide(Draft)_version1.1.pdf), page 46.

⁶⁷ See http://en.sip-adus.go.jp/evt/workshop2018/file/SIP_adus_Workshop_Connected_Vehicles.pdf.

⁶⁸ See <http://en.sip-adus.go.jp/evt/workshop2018/file/C-1.pdf>.

⁶⁹ See https://japan.kantei.go.jp/policy/it/itsinitiative_roadmap2017.pdf.

⁷⁰ For example, note that 5G is scheduled for three major releases over the course of 5 years. Each release is between 1-3 years. See https://www.3gpp.org/ftp/Information/presentations/presentations_2020/Poster_2020_MWC_v6_OPTIMIZED.pdf.

이에 비해 도로에서 운행 중인 개인 소유 차량과 경트럭의 평균 연령은 약 12년⁷¹, 대형 차량의 경우 14년⁷²이며 인프라 기술 시설의 평균 수명 주기는 약 12-15년⁷³입니다. 이는 교통 제공자가 V2X를 대규모로 배치할 수 있는 속도와 연관됩니다. 차량이 오래 유지되고 시설이 오래 운영될수록 새로운 교통 기술이 시장에 유의미하게 침투하는 데 오랜 시간이 걸리기 때문입니다. 더불어, 관계 당국은 새로운 V2X 기술이 장기 투자를 정당화할 만큼 충분히 성숙될 때까지 기다려야 합니다. 중요한 점은 장기적인 인프라 V2X 투자를 하기 전에 먼저 새로운 기술을 테스트한 후 안전하고 효과적임을 입증해야 합니다. 여기에는 해당 기술이 스펙트럼 간섭으로부터 자유롭고 필요한 대기 시간을 달성할 것이라는 보장이 포함됩니다.

NPRM은 DSRC에 사용할 수 있는 스펙트럼을 크게 줄임으로써 기존 스펙트럼 할당을 획기적으로 변경하는 한편, 상위 대역의 작은 부분에 LTE-CV2X를 도입합니다. 이러한 변화로 인해 교통 기관은 부득이하게 불행하고 값비싼 선택을하게 될 것입니다. 배치자는 시스템을 조달, 설치, 테스트하고 신기술로 대체하기 위해 활동을 일시 중지할 수 있습니다. 이러한 배치자는 표준이 완성되고 테스트를 거쳐 기술이 안정적인 것으로 입증될 때까지 기다릴 가능성이 높습니다. 이 전환에는 약 5년이 소요될 것으로 예상됩니다. 이러한 지연으로 인해 많은 기존 배치자들이 대신 기존 시설을 제거하고 V2X 통신을 완전히 포기할 수도 있다고 생각합니다.

이어지는 논의에서는 FCC NPRM이 마무리될 경우 지연되거나 제거될 수 있는 기존 배치 규모를 간략하게 설명합니다. 또한 5년 지연에 따른 부정적인 영향에 대한 추정을 제공합니다.

a. 파격적인 할당 변화의 크기와 영향

기존 V2X 배치안을 위한 재 할당에서 비롯되는 파격적 변화의 재정적 규모와 영향은 상당할 것이며 기관 인프라 소유자 및 운영자, 여행하는 대중, 민간 부문을 포함한 광범위한 이해 관계자들이 이를 체감할 것입니다.

교통부는 일정 수준의 연방 투자가 개입된 배치에만 초점을 맞추고, 지난 수 년에 걸쳐 V2X 기술 배치자에게 다음을 포함한 수 많은 보조금 및 연구 기회를 제공했습니다:

⁷¹ See https://news.ihsmarkit.com/prviewer/release_only/slug/automotive-average-age-cars-and-light-trucks-us-rises-again-2019-118-years-ihs-markit-

⁷² See <https://www.bts.dot.gov/sites/bts.dot.gov/files/docs/browse-statistical-products-and-data/transportation-statistics-annual-reports/Preliminary-TSAR-Full-2018-a.pdf>, page 50.

⁷³ See NCHRP Report 713: Estimating Life Expectancies of Highway Assets, Volume 1: Guidebook, <http://www.trb.org/Main/Blurbs/167189.aspx>. See also National Deployment Estimate of the Metropolitan ITS Infrastructure at https://www.its.dot.gov/itspac/may2012/pdf/B_NationalDeploymentEstimate.pdf and 2019 Traffic Signal Benchmarking and State of the Practice Report, Washington, DC. National Operations Center of Excellence and the Institute of Transportation Engineers, December 2019 at <https://transportationops.org/trafficsignals/benchmarkingreport>.

- 2016년 시작되었으며 V2X 기술 및 애플리케이션을 배치하기 위한 주 및 지방 기관의 중요한 자금 조달 메커니즘이었던 선제적 교통 정체 관리 기술 배치(ATCMTD) 프로그램⁷⁴
- 2015 커넥티드 차량 파일럿 배치 프로그램⁷⁵ 및 2015년 스마트시티 챌린지;⁷⁶
- BUILD⁷⁷ 프로그램 (개발 보조금 활용을 위한 투자 활용 개선)
- CARMA 플랫폼⁷⁸
- 최신 자율 주행 시스템(ADS) 시범 보조금⁷⁹ (8개 제안 중 6개에 V2X, 협력 통신 구성 요소 포함)
- 후속 응급 구조대 안전 기술 파일럿 프로그램은 응급 조치 차량, 대중 교통 차량, 교통 신호 및 고속도로 철도 건널목을 포함한 관련 인프라에 V2X 기술을 탑재하기 위한 펀딩 프로그램입니다.⁸⁰

이러한 프로그램은 표 3에 설명된 바와 같이 전국에 걸쳐 27억 달러 이상의 선제적 연구 및 배치 투자로 이어졌습니다. 각 프로그램에는 주/지방 예산으로부터의 펀딩 매칭과 민간 부문 재정 및 전문가 시간/노동력 매칭이 포함됩니다.

미국 교통부는 주 또는 지역 기금이나 민간 부문 투자에 의해서만 자금을 조달한 배치는 고려하지 않기 때문에 실제 투자 수치는 더 높을 것으로 예상합니다.

표 3: V2X 투자 분석

기존 V2X 배치에 미치는 영향 추정: 선제적 연구 개발 테스트 및 배치	2020년 3월 현재 투자 추정치
연방, 주 및 지방 기관 투자 손실 (알려진 모든 보조금 및 일치하는 주/지방 투자 플러스 일치하는 민간 부문 기금의 합계)	\$1,237,506, 179
V2X 연구 및 테스트 투자 손실 (미국 교통부의 연구 및 테스트 투자 추정치)	\$804,000,000
협력 자율 주행 시스템 투자 손실 (미국 교통부 연구 투자 추정치)	\$23,000,000
학술 투자 손실 (미국 교통부 연구 허브의 프로젝트 합계 - 연방 기금만 추적)	\$7,151,129
전환에 필요한 최소 자금 (초기 추정, 모든 사이트에서 전체 추정을 수행해야 함)	\$645,611,045
	총계
	\$2,717,268,353

⁷⁴ See <https://www.fhwa.dot.gov/fastact/factsheets/advtranscongmgmtfs.cfm>

⁷⁵ See <https://www.its.dot.gov/pilots/index.htm>

⁷⁶ See <https://www.transportation.gov/smartercity>

⁷⁷ See <https://www.transportation.gov/BUILDgrants/about>

⁷⁸ See <https://cms7.fhwa.dot.gov/research/research-programs/operations/carma-overview>

⁷⁹ See <https://www.transportation.gov/av/grants>

⁸⁰ See material at: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/first_responder_safety_technology_pilot_program011620.pdf.

FCC가 제안을 제정하면 현재 진행 중인 이들 연구, 계획 및 운영 활동이 더뎌지거나 중단되고 머지 않아 현재보다 빠른 속도로 진행되던 배포에 지장이 생길 것입니다.

b. 새로운 기술 또는 대역 계획으로의 전환 비용

그러나 일부 배치자들은 대역 계획안이 re-channelled DSRC 또는 LTE-CV2X로 전환하여 최종 완성될 경우, 아래 자세히 논의된 스펙트럼 간섭 문제를 감안해도 그러한 전환이 타당하다면 기존 프로젝트를 진행할 수 있습니다. 이를 통해 프로젝트가 계속될 수는 있겠지만, 주 및 지역 기관이 신규 대역 계획안 또는 기술로 전환하는 데 따르는 비용이 증가하고 속도가 더뎌질 수 있습니다. 우리는 일련의 배치 사이트와 협력하여 전환 시 발생할 수 있는 계획, 조달, 설치, 통합 및 테스트 활동과 비용을 평가하고 모든 기술 및 대역 계획이 제대로 작동할 것인지 확인했습니다.

변경 사항을 평가한 결과 기존의 모든 기술을 "전면 교체"하고 각각의 고유한 운영 환경 내에서 기술을 다시 테스트하며, 운영을 다시 시작하는 데 6억 4,500만 달러 이상이 소요될 것으로 나타났습니다. 구체적인 접근법과 노력 수준은 프로젝트에 따라 다를 수 있지만, 기존 배치를 변경하기 위해 다음과 같은 작업을 완수해야 함을 확인했습니다:

- 각 노면 유닛 및 안테나에 대한 사이트 별 토목 및 스펙트럼 엔지니어링을 포함한 설치 계획
- 필수 FCC 인허가 신청 및 관리
- V2X 장치 조달, 인수 및 테스트
- 전체 V2X 시스템 설치 및 테스트 (또는 재 테스트)
- V2X 시스템의 기존 트래픽 관리 시스템 통합
- 데이터, 운영, 장치 유지 보수 및 기타 고려 사항에 대한 관할권 간 협약 제정

이러한 종류의 비용은 배치자가 DSRC 기술을 대역 계획 수정(즉, 신규 채널을 기반으로 기존 무선 채널을 재조정하고 다시 테스트)을 조건으로 유지하거나 DSRC 장비를 제거하고 완전히 새로운 LTE-CV2X 장비로 교체하기로 결정할 경우 발생합니다. 더불어, 현재 V2I 애플리케이션은 LTE-CV2X 용으로 완전히 전환되지 않았기 때문에 대부분의 공익 애플리케이션을 다시 코딩하고 테스트 해야 합니다. 비용은 다음과 같습니다.

- 평균 비용 범위는 지역 규모 및 사이트의 현재 또는 예정된 설치 운영 분량에 따라 계획, 인건비, 조달, 테스트, 제거 및 재설치에 따르는 주 또는 지방 교통부의 직접 비용으로 이미 현장에 유닛이 배치된 운영 사이트의 경우 **\$360,000 ~ \$60,000,000** 이상.
 - 이미 구축된 조업 수준 배치를 베이스라인으로 활용하여, 가장 복잡한 설치의 경우 사이트 당 6천만 달러 추정. 이러한 각 사이트는 OBU 또는 RSU 형태로 1000대 이상의 DSRC 유닛을 배치합니다. 프로젝트에는 고밀도 도심 지역을 비롯하여 대도시, 교외 또는 시골 지역, 시가지, 간선 및 고속도로를 망라하는 이니셔티브가 포함됩니다.
 - 저 밀도 및 중간 밀도 도심 프로젝트, 지역 이니셔티브 및 회랑 프로젝트를 포함한 평균 규모의 설치(200 유닛 이상, 1000 유닛 미만) 720만 달러

- 농촌 지역을 망라하는 유닛 50개 미만인 사이트의 경우 400만 달러 추정. 최근 전미트럭협회(ATA)가 와이오밍과 같은 시골 벽지 채를 횡단하는 차량 편대에 DSRC 라디오를 설치해줄 것을 요청하면서, 농촌 비용이 증가할 가능성이 있습니다.
- 20대 이하의 장치를 소규모로 설치할 경우 \$360,000 추정.
- 주 및 지방 교통부가 57개 운영 사이트에서 기존 장비를 제거 및 대체하고 현재 계획, 설치, 테스트 단계에 있는 66개 사이트의 장비를 대체 또는 재 설계하는 데 총 6억 4,500만 달러 이상의 인프라 비용이 소요될 것입니다(아래 표 참조).

표 4: 대체 비용

비용 항목	사이트 수	총액
운영 사이트	57	\$408,886,995
계획, 건설 또는 테스트 단계의 사이트 (주 참조)	66	\$236,724,050
총계	123	\$645,611,045

주: 계획, 건설 또는 테스트 단계에 있는 66개 사이트의 경우 전면 교체가 필요한 사이트가 있고 재설계만 필요한 사이트도 있으며, 일부 사이트는 교체와 재 설계의 조합을 요하기 때문에 운영 교체 비용의 평균 50%로 추정됩니다.

- 모든 스테이션 인허가 재 제출, 관할권 간 MOU 준비, 새로운 기술의 조달, 테스트, 설치 및 기존 운영 시스템 통합에 이르기까지의 긴 타임라인(2년에서 5년으로 추정). 이 기간 동안 현재 진행 중이거나 임박한 V2V/V2I 설치는 일시 중단됩니다.
- LTE-CV2X가 널리 사용되는 기술이 되면 (만족스러운 평가 및 테스트, 공급 및 제조 한계로 인해) 3~5년의 상당한 지연이 뒤따를 것입니다.
- 기존 채널 할당이 변경되고 기존 장비가 보존될 경우 지연이 더 짧아질 수 있지만(2 ~ 3년), 기존 장비 및 공정이 재 프로그래밍되거나 수정되는 동안 여전히 임시 중단이 필요합니다.
- 또한 RSU 포지셔닝 및 GPS 보정의 복잡성으로 인해 추가 테스트가 중요하며 변경으로 인해 실패 위험이 증가할 수 있습니다.⁸¹

⁸¹ 이 분석의 기본 가정 및 제한은 다음과 같습니다:

- 이 정보는 대역 계획의 변경이 Connected Vehicle(CV) 파일럿 사이트에 영향을 미치는 과정에 대한 질문에 대한 평가입니다. 평가 과정에서 우리는 변경 사항이 CV 파일럿에 대하여 현재 마련된 것과 동일한 수준 이상의 서비스를 제공한다고 가정합니다.

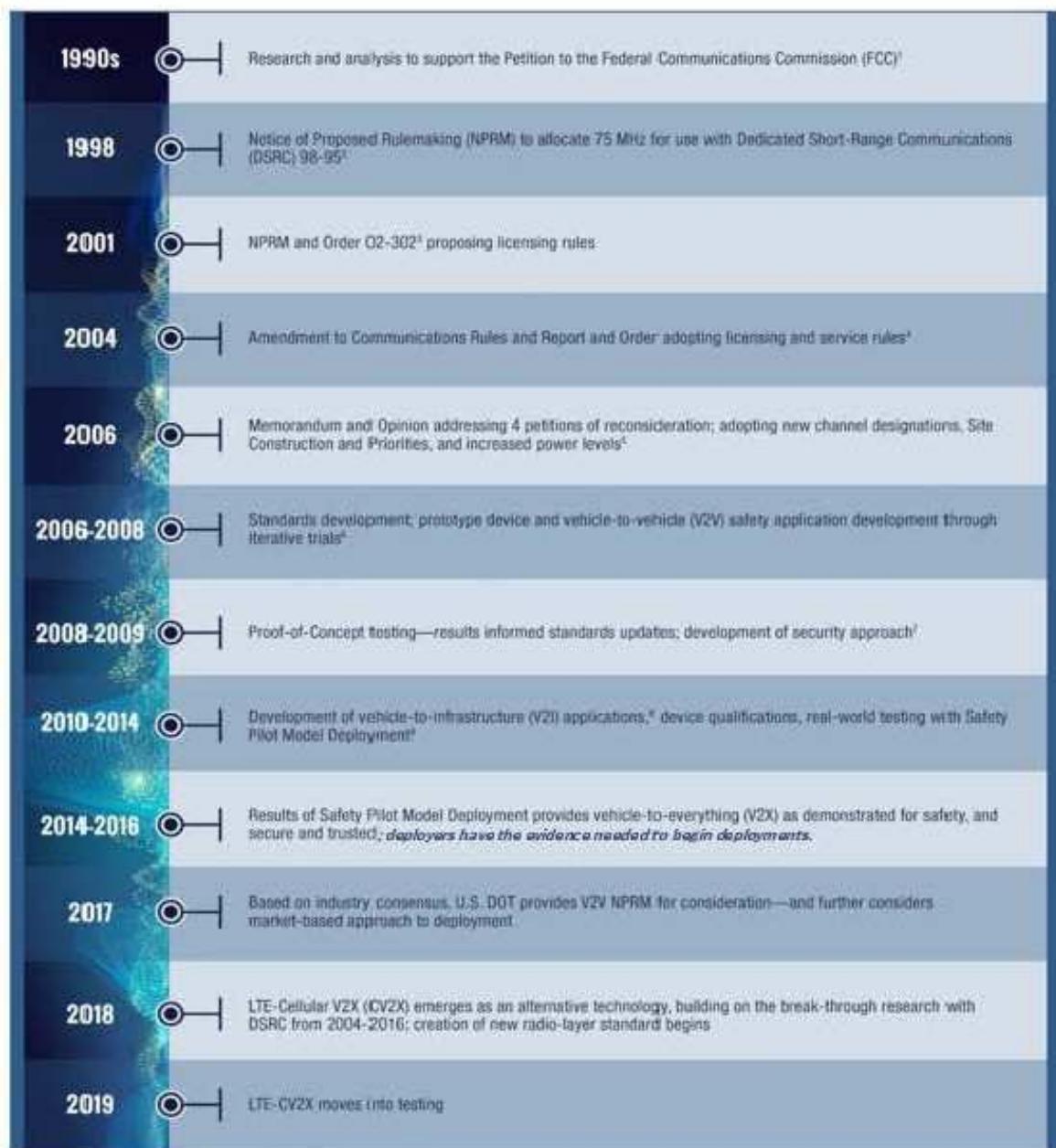
이러한 직접 비용 외에도, 이러한 시간 손실은 배치의 이점을 반감시킵니다. 앞서 언급했듯이 V2X를 배치하고 면적을 지속적으로 확장시켜 온 운영 사이트는 이러한 중대한 변경을 수행하는 데 최대 5년이 필요할 수 있다고 권장합니다. 이 기간 동안 이러한 지역성은 더 이상 배치의 안전성 및 이동성 이점을 증진시킬 수 없습니다. 더불어, 새로운 V2X 기술의 테스트 필요성으로 인해 지역이 발생하면 신규 배치와 그러한 배치가 더 빨리 이루어졌더라면 얻을 수 있었던 이점도 지체됩니다.

V. 대역 계획의 변경을 뒷받침할 적절한 테스트의 필요성

1999년 FCC가 5.9GHz 대역을 처음 할당한 후, 미국 교통부는 업계, 주 및 지방 정부와 협업하여 V2X 통신 개발을 진행했습니다. 채널을 세부적으로 지정한 FCC의 개정과 함께 2006년부터 대대적인 반복 연구 개발, 표준 개발 및 테스트가 이루어졌고 2014년 실제 테스트가 완료되면서 효과적이고 스펙트럼 효율적이며 안전하고 신뢰할 수 있는 안전 임계 조건의 장치 및 애플리케이션이 도출되었습니다. 이 작업을 뒷받침하는 광범위한 보고서와 분석은 끊임 없이 변화하고 빠르게 움직이는 환경에서 중요한 인명 안전 과제를 해결할 수 있는 획기적인 기술을 개발하는 데 필요한 시간과 노력을 보여줍니다. 종합적으로, 이 테스트의 결과는 이러한 기술이 안전하게 작동하고 여행자의 안전을 높여줄 수 있음을 보여줍니다. 이 프로세스의 주요 이정표는 다음과 같습니다:

우리는 다음을 가정합니다:

- 변경을 통해 운영 시스템이 운영을 안전하고 비용 효율적으로 만드는 수준에서 작동할 수 있습니다.
- 대역 계획 변경을 구현하기 위해 모든 표준이 완료/업데이트되어야 합니다. 우리는 실제 조건에서의 테스트를 통해서만 표준을 완성할 수 있다는 것을 알고 있습니다. 사이트는 변경의 일환으로 이러한 표준에 대한 피드백을 제공해야 합니다.
- 벤더는 새로운 요건 및 표준을 충족하기 위해 장비를 업데이트할 의향이 있습니다.
- 비용 및 기간은 현재 CV 파일럿 사이트 운영, 가용 자금 및 일정에 추가됩니다.
- 변경을 위해 추가된 인력에 대한 인건비는 현재 GSA 일정에서 당겨옵니다. 시스템 및 네트워크 엔지니어와 같은 전문 인력 분야의 경우 비용은 CV 파일럿 사이트에서 가져와 평균화됩니다.
- 전환 기간 동안 모든 CV 운영이 유지됩니다. 이는 FCC의 변경으로 인해 전환 중에 채널을 계속 사용할 수 있는지 여부에 따라 달라집니다.
- 해당 시스템 엔지니어링 방법은 적절하게 재 설계, 설치, 테스트, 개선(필요한 경우) 및 재 테스트(필요한 경우)하는 단계를 포함하여 변경 사항을 구현하는 데 사용됩니다. 비용에는 시스템 엔지니어링 모범 사례에 필요한 계획, 조달 및 문서화가 포함됩니다. 또한 CV 파일럿과 미국 전역의 다른 배치에서도 그 뒤를 따릅니다. (시스템 엔지니어링은 ITS 설치 프로세스의 일부일 뿐만 아니라, 첫 번째 작업에서 작동하는 통합되고 상호 운용 가능한 시스템의 성공률을 높입니다)



¹ Original filing: <https://www.fcc.gov/tech/filings/182641>
² https://transition.fcc.gov/Bureau/Engineering_Technology/Notices/1998/fcc98119.pdf
³ <http://ecfsa.pvt.fcc.gov/file/6513402453.pdf>
⁴ <https://transition.fcc.gov/public/attachments/FCC-03-324A1.pdf>
⁵ <https://transition.fcc.gov/public/attachments/FCC-06-116A1.pdf>
⁶ <https://www.ntia.gov/technology-innovation/vehicle-vehicle-communications/resources> and <https://www.camilo.org/publications/M>
⁷ <https://www.its.dot.gov/> and https://www.its.dot.gov/research_archives/safety/v2i_comm_safety.htm and https://www.its.dot.gov/research_archives/dms/index.htm
⁸ <https://www.its.dot.gov/>
⁹ <https://www.regulations.gov/docketBrowser?tpo=25&so=DESC&nb=commentDueDate&po=0&dc=5&SD=NTSA-2014-0022>

그림6: 주요 V2X 개발 이정표 타임라인

여기서의 목적은 LTE-CV2X와 같은 새로운 V2X 기술 또는 FCC NPRM에 포함된 것과 같은 새로운 대역 계획의 테스트가 정확히 동일한 시간이 소요된다는 것을 보여주는 것이 아닙니다. 실제로 DSRC를 테스트하고 개발하기 위해 수행된 상당한 작업으로 인해, LTE-CV2X는 많은 상위 계층 표준 및 V2V/V2I

애플리케이션을 장치에 통합하고 장치가 협력 ITS 통신을 수행하도록 할 수 있으므로 향후 테스트가 더 빠르게 진행될 수 있을 것으로 믿습니다. 이 가능성을 이해하기 위한 테스트가 진행 중입니다.

대신, 기존 할당에 따라 DSRC를 개발하기 위해 수행된 작업은 아이디어에서 인명 안전 통신에 적합한 대역 계획 및 기술로 이동하는 것이 상당한 노력을 요하는 복잡한 프로세스임을 분명히 보여줍니다. 이러한 복잡성은 V2X 통신의 고유한 측면과 V2X 기술이 유해 간섭의 문제 없이 중요한 인명 안전 임무를 수행할 수 있다는 믿음의 중요성, 그리고 안전 통신 및 테스트 결과에 우선 순위가 부여되고, 모든 기술이 실제로 대역 내에서 공존할 수 있음을 테스트 결과가 보여준다는 확신의 중요성 측면 모두에서 비롯됩니다. 이것들은 모두 V2X가 복잡하고 이 모든 요소가 효과적인 대역 계획에서 다루어져야 함을 강조합니다.

따라서 FCC는 실험실과 현장에서 철저한 테스트를 통해 이러한 문제가 해결될 때까지 5.9GHz 대역을 대대적으로 변경하기로 한 결정을 일시 중지해야 합니다. 특히, 적절한 출력 레벨 및 대역 외 방출 필터를 설정하는 방법을 알아내고 안테나 위치 및 방향성을 이해하기 위한 테스트가 필요합니다. 미국 교통부는 이미 LTE-CV2X 테스트를 시작했으며 대역 계획안이 DSRC와 LTE-CV2X 모두에 영향을 미치는 과정에 대하여 제한된 테스트를 수행했습니다(그리고 쿼-턴어라운드 테스트를 계속 수행 중입니다). 교통부는 5.9GHz 대역의 가장 효과적인 사용에 대한 보다 포괄적인 의사 결정 프로세스를 뒷받침하는 데 필요한 데이터 및 증거를 생성하기 위해 FCC 및 기타 유관 기관과 계속 협력하여 테스트를 수행할 준비가 되어있습니다.

a. V2X 기술은 소비자 가전과 달라

첫째, 인명 안전 통신을 구현하는 데 필요한 안정적인 연결을 달성하기 위해, V2X는 일부 측면에서 소비자 전자 통신보다 더 복잡한 요소와 씨름해야 합니다. 특히, 앞서 설명한 것처럼 기술이나 장치가 빠르게 이동하면 통신에 다양한 환경적 영향이 작용하므로 안정적인 연결을 유지하기 어렵습니다. V2X 기술 및 애플리케이션 개발은 안전하고 효과적인 성능을 입증하기 위해 이러한 환경적 영향을 해결해야 합니다. 이러한 영향은 대부분 실제 조건 테스트를 통해서만 분명히 드러납니다. 여기에는 다음이 포함됩니다:

- 도플러 확산;
- 다중 경로 전파;
- 가변 경로 손실;
- 지면 반사;
- 비가시선(NLOS) 조건;
- 대기 및 기상 조건;
- 지형 유팽, 초목, 단풍 및 기타 환경 특성;
- 가변 안테나 높이의 영향;
- 송신기와 수신기 사이 거리;
- 시스템 내의 대형 상용차 존재로 인한 RF 음영 또는 신호 반사율;⁸²
- 숨겨진 노드 문제;

- 반사도, 굴절, 회절, 흡수 또는 기타 환경적 영향.

또한 측정, 테스트 및 분석된 주요 타이밍 및 운영 성능 척도가 있습니다. 빠르게 움직이는 차량 관점에서 본 주요 성능 척도에는 패킷 오류율 또는 패킷 완료율, 정보 연령, 패킷 간 갭; 지연 시간; 채널 사용률; 전송 시간 등이 포함됩니다.

더불어, 분석에서는 다양한 유형의 간섭을 고려해야 합니다. 미국 교통부는 V2X 교환이 발생하는 채널 뿐만 아니라 ('1차 인접', '2차 인접', 'n차 인접' 등으로 알려진) 인접 채널에 대한 관찰을 포함하여 최소 세 종류 이상의 간섭 테스트를 채용하여 에너지 누출 또는 "방출"을 측정합니다:

- 각 장치가 억제되지 않고 적시에 전송할 수 있는지 확인;
- 메시지 전송이 변질되지 않는지 확인
- 수신 장치가 변질되지 않은 수신 메시지를 "들을" 수 있고 안전에 중요한 메시지가 덜 중요한 메시지보다 우선시되는지 확인

b. V2X 통신을 위해서는 확립된 생태계 필요

또한 여느 신규 무선 기술과 마찬가지로, 무선 및 장치 자체는 효과적이고 안전하게 실행되는 성숙한 기술의 일부로 간주되어야 할 한 가지 요소에 불과합니다. 아래 그림에서 추가적인 요소를 설명합니다.

⁸² See Summary of NHTSA Heavy-Vehicle Vehicle-to-Vehicle Safety Communications Research DOT HS 812 300 at: <https://one.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%20Avoidance/Technical%20Publications/2016/812300.pdf>, page 3.

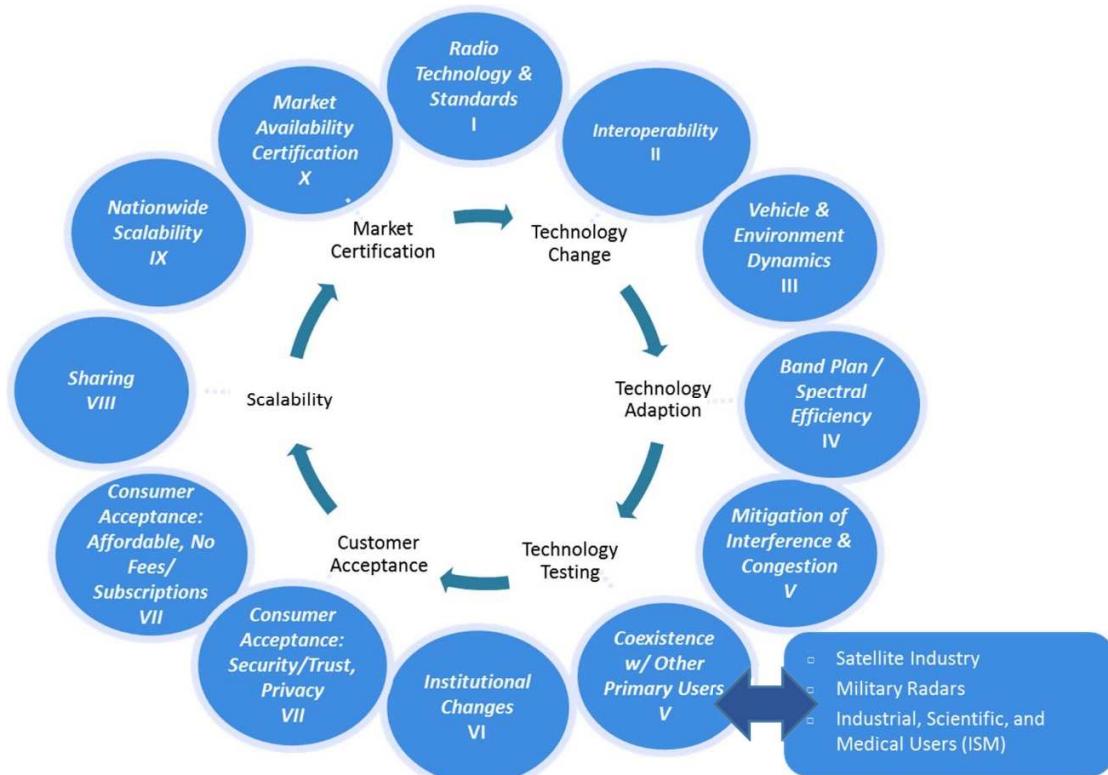


그림 7: V2X 통신 생태계

포괄적인 테스트를 완료하고 생태계가 확립된 최초의 V2X 통신 기술은 Wi-Fi(IEEE 802.11p)를 기반으로 하며 일반적으로 DSRC라고 합니다. 장치 및 관련 장비는 현재 시판 중에 있습니다. 2017년 등장한 시장 기반 인증 솔루션을 통해 안전성, 성능 및 상호 운용성이 인증되었으며⁸³ 앞서 언급한 바와 같이 애플리케이션과 함께 이러한 V2X 장치가 사용 중에 있습니다.

DSRC의 연구 개발 주기 전반에 걸쳐 이 컨셉트가 실제로 효과가 있고 충돌 애플리케이션과 함께 작동하는지, 그리고 실제 빠르게 움직이는 고도로 역동적인 조건에서 인명 안전 애플리케이션과 함께 작동하는지 검증하기 위한 반복 테스트가 실시되었습니다(엣지 사용 케이스).

V2X-DSRC 테스트는 다음과 같은 일반적인 연구 및 테스트 프레임워크에 따라 2008년부터 2014년까지 진행되었습니다.

⁸³ V2X 인증 프로그램은 미국 교통부와 인증 연구소 간의 민관 파트너십으로 시작되었습니다. 이 프로그램은 결국 2017년 최초의 DSRC 기반 인증을 개시한 OmniAir Consortium에서 운영하는 업계 주도 인증 프로그램이 되었습니다. 현재 OmniAir는 LTE-CV2X 테스트 인증 절차를 개발 중이며 2020년 4월 Plugfest에서 최초 LTE-CV2X 무선 테스트를 실시할 예정입니다. See: <https://omniair.org/news/omniair-preparing-launch-v2x-device-certification/> and <https://omniair.org/events/>.

- V2X-DSRC 장치가 복잡한 "엣지 사용" 케이스를 포함하여 매우 다양한 환경과 상이한 조건에서 일관되게 작동할 수 있는 능력에 대한 평가.⁸⁴
- 대역 근처 또는 환경에서 자연적으로 발생하는 다른 유형의 통신으로부터의 간섭을 견디는 V2X-DSRC 장치의 능력 측정(간섭 테스트)⁸⁵
- 서로 다른 V2X-DSRC 장치 및 칩셋 제조사/모델 간의 상호운용성 분석(상호운용성 테스트)
- 수 백 대(내지 1천 대 이상)의 인근 장치가 존재하는 가운데 신뢰성 있게 실행되고(확장성) 스펙트럼을 정체시키지 않는(정체 테스트) V2X-DSRC 장치의 능력 분석
- 실제 운전자를 이용한 장치 테스트 (자연주의적 테스트).

c. V2X는 (결과 중립이 아닌) 기술 중립적 환경에서 달성 가능

미국 교통부는 지대한 안전 및 효율성 이점을 제공할 V2X 통신 기술의 배치를 지원하는 데 적극적으로 관여하고 있습니다. 교통 통신 기술이 계속해서 개선되고 있기 때문에, 정교하게 진화하는 신흥(LTE-CV2X) 및 기존(DSRC) 통신 기술의 성능을 계속 테스트합니다.

교통부의 관점에서, V2X 통신(특히 중요한 인명 안전 용도와 관련된 통신)에 사용할 적절한 기술을 결정하는 데 있어 기술 중립적이라 함은 결과 중립적인 것과 다릅니다. 즉, 교통부는 V2X에 사용될 수 있는 모든 통신 기술을 지원하지만, 이러한 기술이 배치되기 전에 안전 성능 요건을 충족하는 것으로 입증되어야 합니다. 이 신뢰 수준에 도달한다는 것은 이러한 안전 기술이 다양한 엣지 케이스 조건 하에서 철저한 테스트를 필요로 함을 의미합니다. 이러한 유형의 테스트 데이터를 통해 인명 안전 우선 순위 매개변수, 장치 출력 제한 또는 안테나 매개변수, OOB 스펙트럼 제한, 채널 사이즈 및 기타 규칙 등 시장 또는 정책 결정에 영향을 미치는 가장 적절한 기본 기술적 규칙이 최적으로 설정됩니다.

최근 테스트를 통해 LTE-CV2X 기술은 실험실에서 유사한 기능을 제공하는 것으로 보이며, 당 부처는 기술의 지속적인 개발 및 테스트를 지원합니다. 하지만 LTE-CV2X를 본격 사용하기로 한 결정은 할당 변경 시 DSRC의 비교 성숙도 및 공개 배치와 균형을 이루어야 합니다. 교통부는 2018년 말 코멘트 요청(RFC)⁸⁶에서 이 문제에 대한 대중의 의견을 구하여 171건의 답변을 도출했고 2019년 6월 3일 150명 이상의 정부 및 업계 대표가 참석한 청취 세션을 마련했습니다.

⁸⁴ See the NHTSA-CAMP research documents and results at <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/vehicle-vehicle-communication> and at <https://www.campllc.org/publications/>.

⁸⁵ See US DOT's Interference Test Results at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/safety-band-testing-plans-and-technical-info>.

⁸⁶ See <https://www.regulations.gov/docket?D=DOT-OST-2018-0210>.

이러한 아웃리치 노력은 (a) 기술이 선호되는 업계 내부에 격차가 있고, (b) LTE-CV2X 성능에 관한 광범위한 의문이 있음을 확인했습니다.⁸⁷ 이러한 의문을 해결하기 위해 미국 교통부는 DSRC에 대하여 수행된 것과 유사하게 엄격하며 독립적인 테스트를 제공하도록 설계된 테스트 계획을 개발했습니다. 테스트 계획에서 다루는 주요 의문은 다음과 같습니다:

- 1) LTE-CV2X는 네트워크 연결되지 않은 V2V 모드에서 충돌 임박 안전 애플리케이션을 결정적으로 지원합니까?
- 2) LTE-CV2X 채널 간 간섭을 방지하려면 무엇이 필요합니까?
- 3) LTE-CV2X와 DSRC 채널 간의 간섭을 방지하려면 무엇이 필요합니까?
- 4) 높은 장치 밀도 시나리오에서 LTE-CV2X 성능 차이가 있습니까?
- 5) (잠재적으로 "이중 모드" 장치에서 개념화된 즉시 전환을 통해) LTE-CV2X와 DSRC 간의 상호 운용성은 어느 수준에서 가능합니까?
또는 각기 다른 벤더의 장치 간에도 가능합니까?
- 6) 업계 LTE-CV2X 실험실 결과는 현장 테스트를 통해 검증할 수 있습니까?

d. V2X는 유해한 간섭이 없는 전용 스펙트럼 필요

이 문서의 앞부분에서 교통부는 V2X에 대한 주요 통신 요건 목록에 대하여 논의했습니다. 다음 두 가지 요건은 NPRM이 제안한 대역 계획의 영향을 가장 극심하게 받습니다:

- 스펙트럼에 유해한 간섭이 없어야 한다는 요건
- 안전 메시지의 우선 순위.

제안은 이러한 두 가지 요건과 관련된 중요한 우려를 제시하기 때문에, 아래에서 추가 논의를 제공합니다.

i. 테스트를 통한 간섭 이해

충돌은 3초 이내에 발생할 수 있습니다. FCC가 2003년 보고서 및 주문에서 언급했듯이, "수용 불가한 오류율 또는 지연으로 인해 안전 애플리케이션 중 하나가 실패할 경우 이동 중인 대중이 당하는 피해를 감안할 때, 이러한 통신을 간섭으로부터 보호하는 것이 무엇보다 중요합니다."⁸⁸ 협동 ITS 환경의 경우, 미국 교통부는 협력 통신에 대한 간섭을 세 가지 방식으로 정의합니다:

- V2X 메시지 전송 억제 - 장치는 스펙트럼이 사용 중임을 감지하고 메시지를 브로드캐스트 할 수 없습니다. DSRC의 경우, 장치는 메시지를 "경청하고" 다른 용도를 들을 수 있는 경우 메시지를 표시하지 않습니다. LTE-CV2X의 경우, 장치는 전송할 리소스 블록을 스케줄링하지 않을 수 있지만, 신호가 가장 약한 블록을 통해 전송하도록 블록을 스케줄링할 수 있습니다.
- 수신 후 V2X 메시지 변질 - 두 개 이상의 메시지가 수신기에 도착하여 중복되면서 복조 및 패킷 오류를 초래합니다.

⁸⁷ See the US DOT's 2018-2019 V2X Communications Request for Comment (RFC) and responses at <https://www.regulations.gov/docket?D=DOT-OST-2018-0210>.

⁸⁸ See FCC 03-324 REPORT AND ORDER, December 2003, ET Docket No. 98-95. <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-03-324A1.pdf>

- 수신 장치는 들어오는 메시지를 "들을" 수 없으며 안전에 중요한 메시지는 덜 중요한 메시지보다 우선시되지 않습니다.

가장 우려되는 시나리오는 밀집된 도시 환경의 변화가와 교차로 옆에 위치한 Wi-Fi 사용량이 고층 건물의 시나리오입니다. 도로 사용 관점에서 이와 같은 구성은 교통과 관련한 "엣지 케이스" 조건을 나타낼 수 있습니다:

- 일부 차량은 빠르게 움직이고 다른 차량은 정지 상태에서도 여전히 V2V / V2I 방송을 사용하는 등 교차로가 복잡할 수 있습니다.
- 인근 건물은 정지 표지판이나 교통 신호를 위반할 수 있는 도로 횡단 차량의 가시선 식별을 차단할 수 있습니다.
- 보행자 및 취약 도로 이용자(예: 자전거, 스쿠터, 시각 장애인 또는 장애인 여행자)들이 버스에서 내리는 승객을 포함하여 시나리오의 일부가 되는 경향이 있습니다.
- 이와 같은 시나리오에는 300미터 반경 내에서 모두 전송하는 임계 차량 수가 포함될 수 있습니다.

미국 교통부의 현장 테스트는 수집된 데이터를 분석할 때 이러한 유형의 설정 및 조건을 고려했습니다. 이 시나리오와 미 인가 Wi-Fi 사용자를 위한 액세스 포인트를 추가하고 잠재적으로 비디오를 스트리밍하거나 데이터를 다운로드 할 때, 인접 채널 간섭은 V2V 및 V2I 신호가 전송되는 안전과 직결되는 애플리케이션을 적절하게 지원하기 위한 협력 V2X 통신 기능의 요소가 됩니다 - 충돌을 방지하기 위해 V2V와 V2I 신호가 모두 전송됩니다.

교통부는 V2X 기술을 개발하는 동안 테스트를 통해 이러한 문제를 해결했으며, 각각 특정 초점을 두고 일부는 병렬로 수행되는 4개의 기간으로 편성될 수 있습니다.

첫 번째 기간은 최초의 1999년 할당의 일부로 그 직후에 발생한 반면, 원래 대역 계획 규칙이 정의되고 대략 2012년까지 실행되었습니다. 이 테스트는 5.9GHz 대역 아래 위의 간섭 가능성을 고려한 결과 5850-5855MHz에서 5MHz 보호 대역과 공간 오프셋은 대역 아래의 간섭에 대한 우려를 완화하기에 충분한 보호를 제공하는 반면, 공공 안전이 다른 전송을 "talk over" 할 수 있도록 허용하는 채널 184의 고출력 특성은 대역의 상부에서 이러한 필요를 해결했습니다.⁸⁹ 이 단계 동안의 테스트에서는 또한 대역 내에서 작동하는 DSRC 장치로 인한 자기 간섭(공동 채널 또는 인접 채널 간섭)의 가능성을 고찰하여 DSRC 장치로 하여금 가용한 스펙트럼을 식별하고 사용하도록 도움을 주는 제어 채널을 제공한 대역 계획 컨셉트를 파악했습니다.⁹⁰ 마지막으로, 이 초기 테스트에서는 군사용 레이더, 위성 업링크 또는 실내 ISM(산업, 과학 및 의료) 등의 공동 주요 이용자로부터의 간섭이나 영향을 분석했습니다.

2000년대에는 간섭이 DSRC 장치에 문제가 되지 않거나 DSRC 장치가 군사용 레이더와 같은 기존의 공동 주요 사용자가 있을 때 일시적으로 (수 마이크로 초 정도) 작동을 중단해야 할 것임을 확인한 연구가 수행되었습니다.

⁸⁹ See FCC 03-324 Report and Order, December 2003, ET Docket No. 98-95 at <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-03-324A1.pdf>. See also Amendment of the Commission's Rules Regarding Dedicated Short-Range Communication Services in the 5.850-5.925 GHz Band (5.9 GHz Band) at <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-06-110A1.pdf>.

⁹⁰ Id.

별도의 연구에서 V2X가 위성 이용자에게 영향을 미칠 가능성이 희박한 것으로 나타났습니다.⁹¹ 두 번째 기간은 FCC의 2013 NPRM에서 제안된 접근법을 기반으로 5.9 GHz 대역에서 DSRC 장치와의 미 인가 Wi-Fi 공유 규모와 영향을 평가하는 데 중점을 두었습니다. 특히, 이 대역의 공유를 허용하는 것은 간섭을 완화하고 공유를 구현하는 새로운 방법을 제안한 새로운 (당시) UNII-4 컨셉트를 기반으로 했습니다. 이 기간 동안 간섭 테스트는 문제를 이해하고 막 투자를 시작한 자동차 제조사 및 인프라 소유자/운영자에게 더 큰 확실성을 부여할 척도로서 DSRC에 대한 UNII-3 장치의 영향을 기준으로 삼는 데 중점을 두었습니다. 이 작업은 다음과 같은 보고서에서 정점에 이르렀습니다(요약 세부 정보는 부록 A에 수록):

1. *Impairing Traffic Safety from Changes in the 5.9 GHz band: Introduction of Interference from Unlicensed Users.*⁹² 이 분석에서는 구체적으로 재 채널화 접근법을 고찰했습니다. 현장 테스트에서 측정된 데이터를 사용하여, 임계 V2X 메시징의 대역 최상단 3개 채널 이동으로 인해 V2X 통신이 대폭 저하될 것이라는 결론을 내릴 수 있었습니다. 이러한 이동을 통해 UNII 전송이 기본적인 안전 메시지의 송수신 능력에 미치는 영향을 확인할 수 있습니다. 이 영향은 LTE-CV2X 교환에도 적용될 것으로 예상합니다.
2. *Analysis of 2016 Proposed Changes to Existing Out of Band Emissions (OOBE) Rules.*⁹³ 이 분석을 통해 FCC의 개정 규칙이 UNII 장치의 허용 가능한 OOBE 수준을 증가시켜 인접 채널의 간섭 위험을 5.9GHz 대역으로 높이는 것으로 확인되었습니다. 보고서는 최대 5850 MHz까지 작동하는 UNII 장치의 간섭에 초점을 맞추고 있지만, UNII-3 장치로 하여금 최대 5895 MHz까지 작동할 수 있도록 하는 새로 대역 계획안에서도 이와 동일한 영향을 예상할 수 있습니다.
3. *Preliminary Technical Assessment of Out-of-Channel Interference (Out-of-Band Emissions).*⁹⁴ 미국 교통부는 공유의 타당성을 이해하기 위해 CAMP(Crash avoidance Metrics Partnership)와 함께 이 분석을 수행했습니다. 테스트는 실험실 기반이며 낮은 45 MHz에서 작동하는 미 인가 Wi-Fi가 DSRC 작동을 방해할 것이라고 결론지었습니다. 5.9GHz 대역 이상의 미 인가 작업에서도 유사한 간섭이 발생할 것으로 예상할 수 있습니다.
4. *US DOT Spectrum Sharing Test Report.* 미국 교통부와 그 파트너들은 광범위한 실험실과 현장 조건 및 시나리오에 따라 동일 및 인접 채널에서 Wi-Fi 송신기에 의한 DSRC 간섭을 측정하고 이해하기 위한 테스트를 수행했습니다.⁹⁵

⁹¹ See DSRC/FSS Earth Station Spectrum Sharing Protocol, submitted to FCC in February 18, 2008.

⁹² See *Impairing Traffic Safety from Changes in the 5.9 GHz band: Introduction of Interference from Unlicensed Users.* Additional information can be found at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/impairing-traffic-safety-band-introduction-interference>.

⁹³ See *Analysis of 2016 Proposed Changes to Existing Out of Band Emissions (OOBE) Rules.* Additional information may be found at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/analysis-2016-proposed-changes-existing-out-band-emissions-oobe-rules>

⁹⁴ See *Vehicle-to-Vehicle Communications Research Project (V2V-CR) DSRC and Wi-Fi Baseline Cross-channel Interference Test and Measurement Report -Pre-Final Version, December 2019.* At: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/v2v-cr_dsrc_wifi_baseline_cross-channel_interference_test_report_pre_final_dec_2019-121219-v1-tag.pdf.

보고서 초안⁹⁶에서 언급된 가장 중요한 발견은 Wi-Fi 액세스 포인트(UNII-3)가 100미터 이상 떨어져 있을 때 DSRC 통신에 심각한 간섭을 유발한다는 것입니다. Wi-Fi 또는 출력 및 듀티 사이클이 유사한 미 인가 무선 서비스와의 공동 채널 공유는 우선 순위 안전 메시지를 지연시키는 강력하고 안정적인 공유 메커니즘 없이는 불가능합니다. 또한 이제 다음과 같은 데이터세트가 존재한다는 점도 중요합니다:

- 이동하는 차량이 경험하는 광범위한 환경 조건에서 예상되는 간섭에 대하여 통지.
- FCC의 NPRM에서 대역 계획안에 있는 것과 동일한 매개변수를 사용한 UNII-3 장치의 영향 증명
- 유사한 실제 조건 및 엣지 조건 케이스에 따라 현장에서 UNII-4 장치를 테스트하기 위한 기반 구축

이 단계에서 미국 교통부 테스트에는 교통부, FCC 및 통신정보관리청(NTIA) 간의 조율을 통해 시작된 "1단계 테스트"의 일환으로 2016년 가을 FCC에 전달된 프로토타입 UNII-4 장치를 테스트하는 작업도 포함되었습니다.⁹⁷ 이 테스트는 (1) DSRC 메시지를 감지하고 DSRC 메시지에 우선 순위를 부여하는 기능을 기반으로 완화를 제공하는 재 채널화 장치; (2) 사용 중인 DSRC 장치가 들리면 5.9 GHz 대역을 떠나는 감지 및 퇴거 장치 등 두 가지 유형의 UNII-4 장치에 초점을 맞추었습니다. FCC의 보고서는 2018년 말 발간되었습니다. FCC와 미국 교통부는 UNII-4 완화의 일부 유망한 측면을 관찰한 반면, 특정 결과 및 측정은 V2X 통신에 해를 끼칠 수 있는 간섭을 명확하게 보여줍니다. 이 테스트는 실험실에서만 수행되었으므로, 프로토타입을 교통부 실험실 및 현장 설정으로 옮겨 이동 중 차량을 이용하여 UNII-4 장치의 성능을 이해하기 위해 공동 테스트 계획의 "2 단계"가 구상되었습니다. 작동 가능한 재 채널화 장치는 2019년 가을에 제공되었으며 탐지 및 퇴거 장치는 2020년 2월 인수되었습니다. 이러한 유형의 장치가 DSRC와 대역을 공유할 수 있는지 여부에 대한 공개 질문에 답하기 위한 테스트가 진행 중입니다. 아직 시작되지 않은 공동 테스트 계획의 3단계에는 도로 환경에서 실제 차량을 이용한 이러한 기술 성능 테스트가 포함될 것으로 예상됩니다.

DSRC-UNII 공유 테스트와 병행하여, 교통부는 최신 기술인 LTE-CV2X를 평가하여 기능을 평가하는 추가 테스트를 개시했습니다.⁹⁸ 2019년 여름 프로토타입 장치가 나오면서 교통부는 테스트를 위해 장치를 입수했습니다. 초기 테스트 초점은 미국 교통부의 파트너 실험실에서 2019년 9월부터 진행 중인 업계의 테스트 및 시뮬레이션 결과를 검증하는 것입니다.

⁹⁵ US DOT Spectrum Sharing Analysis Plan: Effects of Unlicensed-National Information Infrastructure (U-NII) Devices on Dedicated Short-Range Communications (DSRC.) at https://www.its.dot.gov/research_archives/connected_vehicle/dsrc_testplan.htm.

⁹⁶ US DOT Spectrum Sharing Test Report: Effects of Unlicensed-National Information Infrastructure-3 (U-NII-3) Devices on Dedicated Short-Range Communications (DSRC), *see* Additional information may be found at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/us-dot-spectrum-sharing-test-report-effects-unlicensed-national-information>.

⁹⁷ As noted in the joint agency letter to Congress, located at: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-337251A1.pdf>.

⁹⁸ As noted on slide 9 at this schedule at <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/research-and-technology/363111/arnold-slides-v3-19nov2019-update.pdf>.

수백 대의 장치를 동원하는 발표와 함께,⁹⁹ 미국 교통부는 보다 까다로운 실제 조건과 옛지 조건 케이스에서 LTE-CV2X 장치를 테스트할 준비를 하고 있습니다. 수백 대의 장치를 확보함으로써 확장성, 채널 정체 및 상호운용성에 대한 의문을 테스트하고 해결할 수 있을 것입니다. 필연적으로 DSRC에 대하여 수행된 동일한 테스트가 훨씬 압축된 타임스케일로 LTE-CV2X에 적용될 것이며, 이는 DSRC 테스트에서 얻은 지식을 십분 활용함으로써 가능합니다.¹⁰⁰

마지막으로, 교통부의 간섭 테스트에서 네 번째이자 가장 최근 시작된 단계는 현재 FCC NPRM에서 대역 계획안의 규모와 효과를 평가하는 것입니다. FCC의 NPRM에서 비롯될 수 있는 간섭 가능성을 확인하려는 이 테스트의 일환으로, 교통부는 UNII-3, DSRC 및 LTE-CV2X 장치를 실험실로 가져와 각 장치의 방출 프로필을 관찰하여 인접 채널에서의 간섭 예상 가능 여부를 이해할 수 있습니다. 이 예비 작업을 통해, 교통부는 세 장치가 동일한 대역에 공존할 수 없음을 발견하고 *Preliminary Technical Assessment of Out-of-Channel Interference Out-of-Band Emissions*라는 제목의 백서에 그 결과를 발표했습니다.¹⁰¹

이 예비 보고서의 일환으로, 교통부는 예상되는 간섭을 설명하기 위해 FCC의 1단계 결과를 사용하여 분석을 수행했습니다. 결과에 따르면 대역 계획안이 UNII 전송으로부터 DSRC 또는 LTE-CV2X를 보호하기에 충분한 분리(주파수 분리 또는 공간 분리)를 제공하지 않는 것으로 나타났습니다. 표 5는 이러한 결과를 보여줍니다.¹⁰² “이렇게 되면 최소 33.7 dB의 추가 suppression이 필요하므로 OOB E 레벨이 -27 dBm/MHz에서 -60 dBm/MHz 이상까지 줄어들 것”이라고 지적하면서, OOB suppression을 -60 dBm/MHz 이상으로 달성하려면 보다 타이트한 OOB 한계를 채택해야 한다고 제안하는 것으로 미루어, 2020년 1월 24일 FCC docket의 5GAA 파일은 이러한 결론을 뒷받침하는 것으로 보입니다.¹⁰³

⁹⁹ Solicitation at <https://beta.sam.gov/opp/0678d5124e52475cbc03f6c8800c10e3/view>.

¹⁰⁰ The planned test schedule is located at <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/research-and-technology/363111/arnold-slides-v3-19nov2019-update.pdf>, slide 11.

¹⁰¹ This white paper, *Preliminary Technical Assessment of Out-of-Channel Interference (Out-of-Band Emissions)* is located at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/preliminary-technical-assessment-out-channel-interference-out-band-emissions>.

¹⁰² The full analysis is located in this working white paper, *Analysis of FCC Phase I Sharing Report: Out of Band Emissions for UNII Adjacent and Next Adjacent Channel Power* at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/analysis-fcc-phase-i-sharing-report-out-band-emissions-unii-adjacent-and>.

¹⁰³ The filing is located at <https://ecfsapi.fcc.gov/file/101242472530463/5GAA%206%20GHz%20Ex%20Parte%2001.24.20.pdf>, see pages 1-2.

표 5: FCC의 OOB E 영향

	DSRC Channel 180의 에너지	LTE-Channel 183의 에너지
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 20 MHz U-NII	-14.25	-31.31
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 20 MHz U-NII	-38.98	-16.19
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 40 MHz U-NII	-13.88	-18.97
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 40 MHz U-NII	-27.37	-15.95
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 80 MHz U-NII	-18.95	-23.33
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 80 MHz U-NII	-29.99	-18.78

이러한 분석을 근거로, 교통부는 NPRM에 포함 된 대역 계획이 최종 마무리되면 특히 안전 응용 분야의 경우 V2X를 위해 할당된 30 MHz를 저하시키거나 사용할 수 없게 만드는 유해 간섭의 중대한 위험을 크게 우려하고 있습니다. 이러한 분석은 또한 NPRM에서 제안된 장치 매개변수에 추가 분석 및 테스트가 필요함을 강조해 줍니다.

이 작업을 통해 우리는 총 30MHz 할당의 제한으로 인해 기존의 두 V2X 기술(DSRC 또는 LTE-CV2X) 중 어느 것도 30MHz 할당을 효과적으로 사용할 수 없고 미 인가 간섭 가능성으로 인해 대역에서 다 함께 해당 작업을 수용할 수 없음을 이해합니다.

에너지 누출 및 인접 채널 간섭과 연관된 문제는 다음과 같이 요약될 수 있습니다:

- 채널 180의 V2X-DSRC는 UNII 옆에 공존할 수 없습니다: 160 MHz 채널에서 최대 5.895GHz까지의 UNII 공정은 에너지를 채널 180(5.895-5.905GHz)으로 누출하여 제안된 V2X-DSRC 채널에 간섭을 일으킬 것으로 예상됩니다.
- UNII는 채널 183 이하의 LTE-CV2X에 영향을 미칠 가능성이 있습니다: 예비 테스트 결과 5.895GHz 이하의 미 인가 전송이 유사한 방식으로 LTE-CV2X에 영향을 미칠 가능성이 있는 것으로 나타났습니다 – 미 인가 Wi-Fi는 상위 30MHz로 간섭을 방출하고 LTE-CV2X 전송을 불안정하게하거나 억제합니다. 이 영향의 크기를 이해하기 위한 테스트가 진행 중입니다.
- 인접 채널의 V2X DSRC 및 LTE-CV2X: 예비 측정에 따르면 두 기술에 의해 인접 채널로 상당한 에너지 누출이 발생하여 동일한 위치에서 사용할 수 없게 되는 것으로 나타났습니다. 더불어, V2X DSRC 및 LTE-CV2X의 에너지는 채널 178로 측정되지 않았지만, 에너지가 U-NII 운용에 영향을 미치지 않을 것으로 예상할 이유가 없습니다.
- UNII는 위의 채널 183으로부터 LTE-CV2X에 영향을 미칠 가능성이 있습니다: FCC가 5.925-7.125에서 미 인가 Wi-Fi 사용을 계획하고 있다는 점을 감안하여, 미국 교통부는 유사한 문제가 (채널 183의 일부로 LTE-CV2X 운용에 사용될 것으로 예상되는) 채널 184에 영향을 미칠 것으로 예상합니다.

FCC의 NPRM은 대역 계획안에서 세 가지 기술이 공존할 수 있음을 보여주는 대체 데이터 또는 결과를 제공하지 않았습니다. 따라서 두 기술의 사용자는 대역 계획안에 포함되지 않은 보호 대역 또는 버퍼를 필요로 합니다. 즉 보호 대역이 (1) UNII와 DSRC, (2) DSRC와 LTE-CV2X 및 (3) LTE-CV2X와 UNII 사이에 존재해야 하므로 NPRM에 포함 "45-30" 분할이 실제로 V2X에 대하여 훨씬 적은 스펙트럼을 제공함을 의미합니다. 빠르게 이동하고 매우 역동적인 차량 환경에서 안전에 중요한 교환을 수행하는 장치에 대한 간섭의 크기와 영향을 확인하려면 더 많은 테스트가 필요합니다.

ii. 안전 메시지의 우선 순위

마지막으로, 간섭 방지의 중요한 측면은 설명 없이 FCC NPRM에서 제거된 기본 안전 메시지에 우선 순위가 부여된다는 점입니다. 이와 관련하여, 대역 계획안은 다른 간섭 우려가 해결 되더라도 작동하지 않을 수 있습니다:

- FCC는 OBU 섹션에서 95.3159를 완전히 삭제하고 RSU 섹션에서 90.377의 (d) 및 (e) 부분을 완전히 삭제함으로써 ITS 충돌 임박 인명 안전 통신의 목적을 무효화합니다. 이 언어를 제거하면 밀집된 혼잡 지역에서 충돌이 발생하더라도 다른 사용자가 전송을 완료할 때까지 우선순위 인명 안전 메시지가 대기해야 하는 영향이 있습니다(충돌 설정 및 발생이 3초 안에 발생할 수 있음에 주목).
- 더불어, 이 언어를 제거함으로써 FCC는 이 스펙트럼의 공공 안전 사용을 약화시켜 기본 안전 메시지를 방해하거나 V2X 전송을 억제하거나 충돌로 이어지는 자연을 유발하는 상업적 사용(더 크고 긴 메시지 교환을 기대)을 허용합니다.

복원해야 할 안전 우선 순위라도, NPRM의 대역 계획은 인명 안전 목적으로 V2X 통신을 위태롭게 하는 유해 간섭을 초래할 가능성이 높습니다. FCC NPRM의 부록 B에 명시된 조건 및 매개변수에 대한 특정 테스트 데이터 없이는 이 대역 계획안이 교통 안전에 적합한지 여부를 결정할 수 없습니다.

부록 A: 간섭 및 기타 스펙트럼 문제에 대한 미국 교통부의 최근 테스트

A.1 NPRM의 신규 대역 계획안에서 UNII 인접 및 다음 인접 채널 출력에 대한 대역 외 방출을 검토하기 위한 FCC 1단계 공유 보고서 분석

FCC의 1 단계 결과 분석은 예상되는 간섭을 설명해줍니다¹⁰⁴

NPRM 이전에 우리는 FCC의 1단계 공유 보고서에 제시된 U-NII 채널 대역폭을 사용해서 테스트를 수행하여 FCC가 낮은 교통 지체와 고 가용성 요건에 일조할 수 있다고 주장한 인접 10MHz 및 20MHz 채널에 대한 OOB 간섭 가능성을 검토했습니다. 이 분석을 위해 미국 교통부는 이 두 대역 위아래 모두에서 U-NII '간섭 요소'로부터 DSRC 채널 180 및 LTE-CV2X 채널 183으로의 전력 누출을 관찰했습니다. 채널 177 아래 20 MHz의 에너지를 알고 있으므로, 존재하는 출력을 계산하기 위한 프로세스를 결정하기 위한 근거로 이것을 사용했습니다.

결과는 NPRM의 부록 B에 수록된 FCC 제안 대역 계획이 UNII 전송으로부터 DSRC 또는 LTE-CV2X를 보호하기에 충분한 분리(주파수 분리 또는 공간 분리)를 제공하지 않음을 보여줍니다. FCC의 2016년 OOB 법 변경으로 인해 문제가 있거나 유해한 간섭이 발생할 가능성이 높습니다. 아래 표는 분석 결과를 제공합니다.

표 6: 제안된 교통 채널로의 대역 외 방출

	DSRC Channel 180의 에너지	LTE-Channel 183의 에너지
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 20 MHz U-NII	-14.25	-31.31
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 20 MHz U-NII	-38.98	-16.19
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 40 MHz U-NII	-13.88	-18.97
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 40 MHz U-NII	-27.37	-15.95
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 80 MHz U-NII	-18.95	-23.33
제안된 신규 5.9 GHz 대역 아래 80 MHz U-NII	-29.99	-18.78

"이렇게 되면 최소 33.7 dB의 추가 suppression이 필요하므로 OOB 레벨이 -27 dBm/MHz에서 -60 dBm/MHz 이상까지 줄어들 것"이라고 지적하면서, OOB suppression을 -60 dBm/MHz 이상으로 달성하려면 보다 타이트한 OOB 한계를 채택해야 한다고 제안하는 것으로 미루어, 2020년 1월 24일 FCC docket의 5GAA 파일은 이러한 결론을 뒷받침하는 것으로 보입니다.¹⁰⁵

104 이것은 각주 102에 언급된 것과 동일한 워킹 백서입니다. <https://www.transportation.gov/research-and-technology/analysis-fcc-phase-i-sharing-report-out-band-emissions- unii-adjacent-and>에서 찾을 수 있습니다. 또한 이러한 결과를 달성하기 위해 이산 적분 기법을 사용해서 리만 합산을 완료하여 분석이 진정한 적분 정의에 접근하도록 이산 적분을 추정했습니다.

미국 교통부는 엄격한 기술적 평가가 완료되지 않으면 완전한 영향을 알 수 없다고 결론내립니다.

A.2 미국 교통부 분석: 5.9GHz 대역에서 공존하는 세 가지 기술의 기본 NPRM 전제에 대한 2019년 11월 테스트 결과

인접 채널 간섭에 대한 미국 교통부 분석 - 미국 교통부 테스트: 채널 외 간섭(대역 외부 방출)에 대한 예비 결과¹⁰⁶

FCC의 제안에서 개정된 5.9GHz 대역 할당에 대한 이해를 알리기 위해, 미국 교통부는 새로 제안된 규칙의 영향을 조사하기 위해 실험실로 이동했습니다. 대역 계획 변경안을 고려하는 과정에서, 미국 교통부는 2019년 11월 LTE-CV2X 장치를 DSRC 및 UNII 장치로 테스트를 진행 중이던 실험실로 가져와 스펙트럼 공유의 타당성을 평가했습니다(FCC-미국 교통부의 2단계 NTIA 스펙트럼 공유 테스트 계획). 이 분석에서는 처음으로 LTE-CV2X, UNII-3 및 V2X-DSRC 장치를 함께 가져와서 기본 안전 메시지를 방해하는 모든 장치의 인접 채널 간섭 가능성을 조사했습니다.

분석에서 우리는 대역 외 방출(OOBE)을 설명하기 위해 유사한 플롯에서 세 가지 기술을 모두 비교했습니다. 이 과정에서 OOBE가 지정된 채널 외부로 확장되는 다양한 에너지 범위와 함께 채널 너머로 확장되는 것을 관찰했습니다.

- 불과 17dB 아래에서 LTE-CV2X의 에너지가 인접 채널로 누출.
- 불과 20dB 아래에서 UNII의 에너지가 인접 채널로 누출
- 40dB 아래에서 DSRC의 에너지가 인접 채널 누출.

특정 장치로부터 다른 장치로의 간섭 수준을 결정하기 위해 추가 테스트가 필요하지만, 이 분석을 통해 NPRM의 기본 프레임워크가 간섭을 유발한다는 점은 분명합니다. 이러한 결과는 이 구성에서 V2X 통신의 신뢰성에 의문을 제기합니다. 높은 수준의 신뢰성 없이는 교통 안전을 보장 할 수 없습니다. 이러한 예비 결과는 또한 NPRM에 설명된 바와 같이 스펙트럼의 규칙 및 분할이 서로 다른 무선 서비스간에 상당한 인접 채널 간섭을 초래할 수 있으며 추가 고찰이 필요함을 시사합니다. 이러한 결과는 교통부의 5.9GHz 대역 웹사이트에서도 확인할 수 있습니다.

¹⁰⁵ The filing is located at <https://ecfsapi.fcc.gov/file/101242472530463/5GAA%206%20GHz%20Ex%20Parte%2001.24.20.pdf>, see pages 1-2.

¹⁰⁶ This technical assessment is the same as the one referenced in footnote 102. It can be found at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/preliminary-technical-assessment-fcc-59-ghz-nprm>.

A.3 5.9GHz 대역 변경으로 인한 교통 안전 손상: 미 인가 사용자의 간섭 초래

5.9GHz 대역 변경으로 인한 교통 안전 손상: 미 인가 사용자의 간섭 초래¹⁰⁷

미국 교통부와 테스트 파트너인 콜로라도 볼더 소재 NTIA 통신과학연구소(NTIA-ITS Boulder)는 2016년 업계에서 제안한 대로 재 채널화의 영향을 관찰하기 위해 이 분석을 개발했습니다. 이 분석은 현장 테스트에서 측정된 데이터를 사용하여 U-NII 벤더가 FCC 문서에서 제안한 대로 재 채널화에 대한 구조화된 기술적 분석을 제시합니다. 재 채널화 접근법에 대한 분석에서는 현재 5.9GHz 대역 계획에서 운용 중인 V2V, V2I 및 공공 안전 기능의 범위를 지원하는 능력과 교통 안전 통신의 상당한 부정적 저하가 있을 것이라고 결론내립니다. 이 영향은 U-NII 전송으로부터의 격리 없이 상위 대역에서 서로 바로 인접한 세 개의 V2X 채널을 이동할 때 경험하는 자기 간섭 및 인접 채널 간섭 때문입니다. 재 채널화는 BSM(Broadcast Basic Safety Message) 및 비상 차량 메시지, SPaT(신호 위상 및 타이밍) 정보, 기타 중요한 안전 및 보안 정보와 같은 유사한 메시지를 송수신하는 기능에 상당한 영향을 미칩니다. 첫 번째 보고서와 마찬가지로 이러한 유형의 간섭은 LTE-CV2X 교환에도 영향을 미칠 것으로 예상됩니다.

A.4 2016 기준 대역 외 방출(OOBE) 규칙 변경안 변경 분석

2016 기준 대역 외 방출(OOBE) 규칙 변경안 변경 분석: 미 인가 국가 정보 인프라(UNII)의 5.9 GHz 인접 채널 간섭¹⁰⁸

2013년 초 NPRM에서 FCC는 5GHz 대역에서 U-NII 장치(특히 5.9GHz 대역 바로 아래의 스펙트럼에서 작동하는 장치)의 운용을 관할하는 규칙의 Part 15를 개정할 것을 제안했습니다. 수정된 규칙은 U-NII 장치의 허용 가능한 OOBE 수준을 증가시켜 인접 채널 간섭의 위험을 5.9GHz 대역으로 높입니다. 미국 교통부의 분석에 따르면 (2016년 3월 1일 공표된) Part 15.407에서 확인된 OOBE의 증가는 Part 15.247에서 디지털 변조된 장치에 허용된 OOBE 제한보다 개선되었음을 나타내지만, Part 15.407에 설명된 새로운 OOBE 제한은 U-NII 장치에 허용되던 이전 수준보다 높으며, 잠재적인 간섭 수준은 인명 안전 채널에 대한 5.9GHz 대역 장치 액세스를 방해할 가능성이 상당한 것으로 결론이 내려졌습니다.

¹⁰⁷ This report is the same analysis referenced in footnote 92 and can be found at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/impairing-traffic-safety-changes-safety-band-introduction-interference>.

¹⁰⁸ This report is the same analysis referenced in footnote 93 and can be found at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/analysis-2016-proposed-changes-existing-out-band-emissions-oobe-rules>.

A.5 DSRC 및 Wi-Fi 베이스라인 교차 채널 간섭 테스트 및 측정 보고서

차량 간 통신 연구 프로젝트(V2V-CR) DSRC 및 Wi-Fi 기준 베이스라인 채널 간섭 테스트 및 측정 보고서¹⁰⁹

미국 교통부는 충돌 회피 지표 파트너십(CAMP, 자동차 제조 연구 기관 대표)과의 제휴를 통해 이 분석을 수행했습니다. 파트너십은 2016년부터 2018년까지 실험실 테스트를 수행했습니다. 보고서는 5.9GHz 대역(5.850-5.895MHz)의 하위 45MHz에서만 작동하는 미 인가 Wi-Fi가 DSRC가 5.9 GHz 대역의 상위 30MHz(5.895-9.25MHz)에서 작동하도록 푸시될 때 DSRC를 방해할 것이라고 결론지었습니다. 이러한 교차 채널 방출은 기본적인 (매우 역동적이거나 복잡하지 않은) 교통 이동을 복제한 현장 테스트 과정에서 측정되었습니다. 미 인가 Wi-Fi 사용이 증가함에 따라 V2X 통신에 대한 유해한 간섭이 발생할 가능성도 증가할 것이라는 결론을 내릴 수 있습니다. 보고서는 DSRC를 V2X 통신 기술로 사용했지만, 5.9GHz 대역의 최상위 20MHz(5.905-5.925MHz)에서 운용하려는 LTE-CV2X 장치의 작동 역시 미 인가 Wi-Fi의 간섭을 받을 것으로 예상됩니다. 이러한 간섭은 하위 45MHz와 미 인가 운용을 위해 용도가 변경되는 5.9GHz 대역(5.925-7.125MHz) 이상에서 사용 중인 스펙트럼 모두에서 예상됩니다. 미국 교통부는 이 보고서를 5.9GHz 대역 웹사이트에 게시했습니다.

A.6 미국 교통부 실제 조건에서 인접 채널 간섭에 대한 추가 분석 결과

미국 교통부 스펙트럼 공유 테스트 보고서: 제3 대역(U-NII-3)에서 미 인가 국가 정보 인프라 장치 전송이 단거리 전용 통신(DSRC)에 미치는 영향 보고서 초안¹¹⁰

UNII-4 장치의 성능 및 공유 기능을 결정하기 위한 FCC의 1단계 실험실 테스트와 병행하여, 미국 교통부는 V2X 통신에서의 UNII-3 전송 규모를 이해하기 위해 현장 테스트를 수행했습니다. 이 보고서는 미국 교통부가 미 인가 Wi-Fi의 V2X DSRC와의 5.9GHz 대역 공유 능력을 측정하고 이해하기 위해 수행한 테스트를 설명합니다. 또한 동일한 채널 및 인접 채널에서 Wi-Fi 송신기에 의한 V2X-DSRC 간섭의 수준과 영향을 조사했습니다. 미국 교통부는 다양한 조건과 시나리오를 테스트하여 수많은 결과를 생성했습니다. 이 테스트에서 가장 중요한 관찰 결과는 건물 내부나 인접 채널에서 Wi-Fi 액세스 포인트를 작동하거나 트래픽 부하가 보통인 경우에도 100m 이상 떨어져 있을 때 DSRC 통신에 상당한 간섭을 유발한다는 것입니다. DSRC가 차량 주변 300m 반경으로 정의된 안전 구역에서 상황 인식을 제공하도록 설계되었다는 점을 감안하면, 이는 안전에 지대한 영향을 미칩니다. 출력 및 뉴티 사이클이 Wi-Fi 또는 Wi-Fi와 유사한 미 인가 무선 서비스와의 공동 채널 공유는 우선 순위가 높은 안전 메시지를 뒤로 미루는 강력하고 안정적인 공유 메커니즘 없이 불가능합니다.

¹⁰⁹ 이 보고서는 각주 94에서 언급된 것과 동일한 분석입니다:

https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/v2v-cr_dsrc_wifi_baseline_cross-channel_interference_test_report_pre_final_dec_2019-121219-v1-tag.pdf

¹¹⁰ The draft is located at <https://www.transportation.gov/research-and-technology/us-dot-spectrum-sharing-test-report-effects-unlicensed-national-information>.

유사하게, 채널의 재 할당을 위해서는 서로 인접 채널로부터의 상호 간섭으로부터 두 무선 서비스를 보호하기 위해 보호 대역을 제공해야 합니다.

미국 교통부 테스트는 주로 공동 채널 무선 성능에 중점을 두었습니다. 하지만 테스트를 통해 인접 채널 간섭에 대한 몇 가지 예비 관찰 결과도 밝혀졌습니다. 미국 교통부의 2단계 테스트는 이러한 초기 결과를 토대로 DSRC/ITS 및 미 인가 장치를 인접 채널에 배치하기 위한 대역 재 할당의 영향을 더 잘 이해합니다. 결과: 1단계 테스트에서 원하는 결과는 다음과 같았습니다:

1. 배치 규모(범위 내 수 백에서 수 천 개의 장치)에서의 잠재적인 간섭 모델을 위해 개별 장치로부터 실험 데이터 생성
2. 공유가 불가능하고 무제한 공유가 가능할 수 있는 경계 케이스를 정의하고 설계 선택과 규제가 공유 가능성에 영향을 미치는 영역 탐색
3. 가능한 간섭 메커니즘 완화 방법에 대하여 충분히 이해.
4. 스펙트럼 공유와 관련된 교통부 정책에 대한 기술적 근거 구축.

주요 관찰 결과:

- (DSRC 출력보다 50배 적은) 최소 출력 및 가벼운 트래픽 부하(10%)를 사용하는 약한 실외 Wi-Fi 액세스 포인트로부터의 공동 채널 간섭으로 인해 액세스 포인트로부터 300m까지 불가피한 간섭이 발생했습니다.
 - 약한 액세스 포인트를 목조 건물 내부에 배치하면 간섭이 줄어들었지만 여전히 건물에서 100m 지점에서는 불가피합니다.
 - 약한 액세스 포인트를 벽돌이나 콘크리트 블록 건물 안에 배치하자 간섭이 완화되었습니다.
 - 건물에 창문이 있는 경우, 차량이 지나가면서 창문을 통해 액세스 포인트에 노출되었을 때의 간섭은 액세스 포인트가 실외에 있는 경우와 마찬가지로 불가피합니다.
- 4배 더 높은 출력(EIRP = 25dBm)에서 구동하는 고출력(EIRP = 36dBm), 고부하(70 %) 반대 DSRC 반대편의 강력한 실외 Wi-Fi 액세스 포인트로부터의 공동 채널 간섭으로 인해 액세스 포인트에서 최소 800m 거리에서 불가피한 간섭이 발생했습니다.
 - 목조 건물에 강한 액세스 포인트를 배치해도 아무런 차이가 없었습니다. 모든 범위에서 불가피했습니다.
 - 벽돌 또는 콘크리트 블록 건물에 강한 액세스 포인트를 배치하면 간섭은 줄었지만 여전히 최소 200m에서 800m까지 불가피했습니다.
- 간섭은 출력 레벨보다 Wi-Fi에 의해 전송된 트래픽 부하에 훨씬 더 민감했습니다. 앞서 언급했듯이 가장 약한 출력 레벨조차도 간섭을 유발하기에 충분했기 때문에, 공중의 Wi-Fi 패킷 수와 부하에 의해 결정되는 이들 사이의 공간이 가장 중요합니다.
- Wi-Fi 트래픽의 규칙적인 주기적 분포는 더 무작위적인 포아송 분포보다 약 10-20% 더 많은 패킷 오류를 일으켰습니다.

주기적인 Wi-Fi 트래픽을 보다 쉽게 제어할 수 있는 테스트와 보다 현실적인 Poisson 트래픽을 사용하는 테스트 간 확장에 사용할 수 있는 데이터를 제공합니다.

- 배치 중 실제 간섭은 이러한 고출력 고부하 및 저출력 저부하 케이스에 의해 경계가 구분됩니다. 즉 실제 간섭이 이러한 특정 측정 사이 어딘가에 있다는 의미입니다. 여기에 설명된 범위보다 적거나 크지 않을 것입니다.
- 고출력(EIRP = 36dBm)이지만 중간 트래픽 부하(15%)에서 Wi-Fi 액세스 포인트의 인접 채널 간섭으로 인해 DSRC로부터 200m에서 상당한 간섭이 발생했습니다.
- 인접 채널 Wi-Fi로부터의 간섭으로 인해 일반적으로 15% 이상의 트래픽 부하에 대하여 200-350m 떨어진 곳에서 심각한 패킷 오류가 발생했습니다. 이 간섭에는 안전과 직결되는 0.5초 이상의 DSRC 트래픽 간격이 포함될 수 있습니다. 15% 미만 트래픽 부하의 경우 패킷 오류는 0.5초 미만의 BSM 누락 간극에 몰릴 가능성이 더 컸습니다. 이는 안전 애플리케이션의 민감도와 채널 혼잡도에 따라 안전과 직결될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있습니다.

30%의 DSRC 패킷 데이터 오류율(PER)을 보여주는 측정 데이터를 예로 들 수 있습니다. (인접 채널 EIRP의 Wi-Fi는 36 dBm) 200m 범위 내에서 이 PER은 80%까지 높아질 수 있습니다. 아래 그래프는 이러한 결과를 설명해 줍니다-파란 선은 각 BSM의 것이고 빨간 선은 (PER을 설명하는) 0.5초 롤링 평균을 나타냅니다. 노란 선은 0m 지점, UNII 장치는 160m 지점에 설치되고 차량은 0 ~ 2000m 사이를 주행한 후 방향 전환합니다.

인접 채널에서도 특정 무선 서비스가 100~200m 떨어진 서비스를 방해할 수 있습니다. 이 보고서는 V2X-DSRC가 차량 주변 300m 반경으로 정의되는 안전 구역에서 상황 인식을 제공하도록 설계되었음을 전제로 안전에 미치는 중대한 영향을 나타내는 추가적인 유사 결과를 제시합니다. 높은 우선순위의 안전 메시지 뒤를 따르는 견고하고 확실한 공유 메커니즘이 없으면 U-NII-3 Wi-Fi 또는 Wi-Fi와 출력 및 듀티사이클이 유사한 미 인가 무선 서비스와의 공동 채널 공유는 불가능합니다. 마찬가지로, 채널 재할당의 경우에도 인접 채널 간섭으로부터 무선 서비스를 보호하기 위한 보호 대역을 제공해야 할 것입니다.

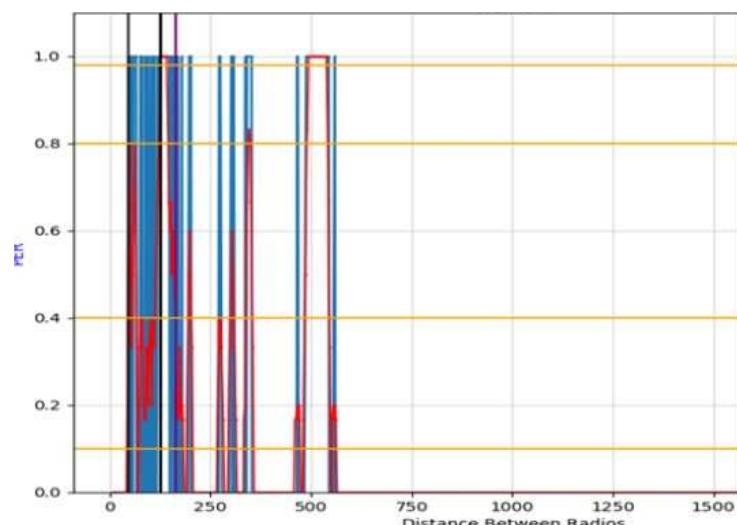


그림 8: 15% 부하에서 UNII-3의 DSRC 간섭

- DSRC는 차량 주변 300m 반경으로 정의된 안전 구역에서 상황 인식을 제공하도록 설계되었습니다. 건물이나 인접 채널에서 액세스 포인트를 운용하더라도 여전히 100m 이상 떨어진 곳에서 간섭이 발생하므로 안전에 지대한 영향을 미칩니다. 높은 우선순위의 안전 메시지 뒤를 따르는 견고하고 확실한 공유 메커니즘이 없으면 Wi-Fi 또는 Wi-Fi와 출력 및 듀티사이클이 유사한 미 인가 무선 서비스와의 공동 채널 공유는 불가능합니다. 마찬가지로, 채널 재할당의 경우에도 인접 채널 간섭으로부터 무선 서비스를 보호하기 위한 보호 대역을 제공해야 할 것입니다.
- DSRC 수신기는 DSRC 송신기보다 Wi-Fi의 간섭에 더 취약합니다. 특히 장거리에서 측정된 간섭의 대부분은 수신기에서 변질된 패킷으로 인한 것이었습니다.
- DSRC 전송 억제는 훨씬 더 짧은 범위(25-75m)에서만 발생했으며 Wi-Fi로부터 같은 거리에 있는 수신기에 대한 간섭보다 훨씬 적었습니다. 10MHz DSRC 및 20MHz Wi-Fi 라디오는 서로의 패킷을 인식하지 못하기 때문에 명확한 채널 액세스 메커니즘은 훨씬 덜 민감한 에너지 감지 임계에서만 시작됩니다.
- DSRC가 20MHz 채널에서 운용되는 경우 DSRC 전송 억제가 더 중요할 수 있습니다. DSRC와 Wi-Fi 모두 동일한 802.11 프로토콜을 기반으로 하므로 서로의 심벌을 감지할 수 있습니다. 해당 감지에는 더욱 민감한 감지 임계가 있습니다. 이 경우 훨씬 먼 거리에서 서로의 전송을 억제할 가능성이 높습니다.



교통부 장관
워싱턴 DC 20590

2019년 11월 20일

Ajit Pai
의원장님
연방통신위원회, 445 12th Street, SW
Washington, D.C. 20554

회신: 규칙제정안공고 초안
5.850-5.925 GHz 대역 사용과 관련한 문제

Pai 의장님 귀하:

5.850-5.925GHz 스펙트럼 대역(안전 대역 또는 5.9GHz 대역) 사용과 관련하여, 위원회의 2019년 11월 8일자 규칙제정안공고(NPRM) 초안 제공에 감사드립니다. 교통부(부 또는 DOT)는 이에 기꺼이 응답하고 의견을 제시하게 된것을 기쁘게 생각합니다.

DOT는 이 절차에서 제기된 중요한 문제에 대해 FCC가 지속적으로 고려해온 점에 감사드립니다. 그럼에도 불구하고, DOT는 5.9Hz 대역에 대한 FCC 규정에 주요 변화를 가져와서, 이 대역의 할당을 통해 촉진하려고 했던 중요한 교통 안전 편의를 위태롭게 하는 위원회의 제안에 대해 상당한 우려를 가지고 있습니다.

2017년에, 미국 내에서 경찰-신고된 차량 충돌은 6 백만 건 이상이었으며, 이로 인해 37,133명이 목숨을 잃고 2,746,000 명이 부상을 입었습니다. 이 같은 충돌사고는 또한 약 2,500억 달러의 직접적인 경제적 피해를 입혔고, 인명 손실, 부상 및 기타 삶의 질 요인을 금액으로 환산하면 8,000억 달러에 이르게 됩니다. 또한, 교통 혼잡 비용은 연간 1,400억 달러 이상이었으며, 계속해서 증가하고 있습니다.

이러한 사회적 위기를 줄일 수 있는 V2X(차량-사물 통신) 기술의 상당한 가능성으로 인해, 교통부에서는 5.9GHz 대역의 풀 75MHz를 안전 및 기타 지능형 운송 목적을 위해 보존하는 것이 교통부에서는 시급한 문제입니다. 이를 위해, 교통부는 기존의 목적을 위해 전체 대역을 보호하지만, 연방 정부가 아닌, 시장이 이 목적을 가장 잘 달성할 수 있는 특정 통신 기술을 결정하게 하는, 단거리 전용통신(DSRC)에서 기술 중립적 접근 방식으로의 기존 대역 계획에 대한 제안된 개정을 지원할 것입니다. 또한, DOT의 스펙트럼 공유 연구계획의 2단계와 3단계를 완료한 후, 주파수 공유 기술이 실현 가능한 것으로 입증되면, 대역 계획을 추가로 수정하여 모든 이해관계자들에게 이 가치 있는 스펙트럼의 활용을 극대화할 수 있습니다.

FCC의 제안과는 달리, 이 스펙트럼 대역은 이미 산업계와 다양한 민간 및 공공 부문 이해 관계자가 적극 사용하고 있고 계속 사용자가 추가되고 있어서 가까운 장래에 더 큰 가능성을 계속 유지하고 있습니다. 또한, 캐나다와 멕시코는 미국에서 생산되고 수출되는 차량에 대해 북미에서 단일 표준을 갖고, 보다 중요하게, 차량이 국경을 넘을 때 연결이 지속되도록 75MHz를 교통 부문에 전용으로 지정했습니다.

교통부는 제안이 공표되기 전에 위원회 및 기타 관련 기관들과 대화를 지속하고자 합니다. 이는 보다 강력하고 의미있는 여론 형성 기간을 제공하고, 스펙트럼 간섭 및 제안에서 제기한 기타 복잡한 문제에 대한 시험을 수행하는 기관의 이해를 재확인할 것입니다. 그러나, FCC가 현재 제안을 진행하는 것이 필요하고 적절하다고 판단하는 범위에서, 교통부는 NPRM이 정확하고 균형을 유지하도록 보장하고, 모든 미국인에 대한 안전과 이동성을 개선하기 위한 행정부의 약속을 반영하기 위해 의견을 제공하고 있습니다.

이러한 노력에서 위원회를 지원하기 위해, 교통부는 NPRM 초안에 대한 우려나, 초안에 대한 주석을 요약하는 제안서를 통해 의견을 제공하고 있습니다. 이러한 의견에서 설명한 바와 같이, DOT는 이전 초안에서 고려했던 '전체 비면허' 옵션을 제거하기로 한 FCC의 결정에 동의합니다. 이러한 변화에도 불구하고, 다음을 포함하여 교통 안전 및 이동성 활용을 위한 적절한 스펙트럼을 보호하기 위해, 보다 충분히 고려하고 논의해야 하는 여러 가지 중요한 문제가 있습니다:

- 비-면허 Wi-Fi에 대한 75MHz 교통 안전 스펙트럼에서 45MHz 전환;
- 교통을 위한 나머지 30 MHz에서 안전 메시지에 대한 우선 순위를 명확히 제거;
- 교통 안전 문제를 해결하기 위해, 기술-중립적 접근 방식을 장려하는 것보다 특정 형태의 기술에 과도하게 의존
- 다음과 같이, 의회의 의지와 일치하는 교통 사망률 감소 및 지능형 교통 시스템의 잘 식별된 공공 이익을 제공하는 이 스펙트럼의 잠재력 상실:
 - 매년 도로에서 수천 명이 사망하고 수백만 명이 부상을 입는 등 국가에 대한 공공 안전 혜택의 실질적인 감소;
 - 이 스펙트럼의 현재 사용자와 여행 중 시민들에 대한 중대한 영향;
 - 그리고,
 - 미국의 경쟁력을 약화시키는, 미래의 교통 기술 발전과 자동화를 위한 혁신에 대한 제한

2019년 11월 20일 수요일

Page 3

- 기관들이 위원회의 결정이 이용 가능한 최고의 과학적 근거를 갖고 있는지 확인하기 위한, 실험실 및 실제 시나리오를 모두 포함하는, 철저한 시험 노력의 중단.
- 최근 시장에 등장한, 이 스펙트럼에 대한 광대역 산업의 요구 성격을 변경할 가능성 있는 새로운 광대역 Wi-Fi 접근법인 802.11ax의 누락을 포함하여, 국가의 의사결정에 대한 기초인 비용-편익 분석의 부재;
- 하위 호환성 및 상호 운용성과 관련된 DSRC, C-V2X 및 5G의 기술 발전에 대한 가정을 포함해서, 배치 발전과 교통 안전을 위한 현재 및 예상되는 스펙트럼 사용에 대한 잘못된 가정;
- 75 MHz 할당을 분리하여 인포테인먼트를 위한 더 빠른 인터넷 스트리밍을 제공하는 근거는 현실 세계에서 실현되고 있는 중요한 국가 교통 공공 안전 혜택과 일치하지 않습니다.
- 세 가지 통신 매체의 전체 또는 일부 조합이 동일한 대역에서 제대로 작동하지 않을 수 있습니다.

이러한 우려에 비추어, 교통부의 견해는 NPRM과 그 실질적인 변화의 방향에 대해 근거가 충분하지 않다는 것입니다.

DOT는 시험에 협력할 기회를 포함하여, 5.9 GHz 대역이 새로운 대역 계획에 대해 보다 엄격하고 객관적인 분석을 도출하고, 위원회의 제안을 개선할 수 있는 경로에 대해 FCC 및 기타 이해관계자들과 보다 광범위한 논의를 할 수 있기를 기대한다. 한편, DOT의 견해는 제안서가 대중에 공개되지 않도록 보류되어야 한다는 것이며, 모든 경우에 있어서, 위원회 공개하는 제안은 이러한 우려를 해결하기 위해 더욱 개선되어야 한다는 것입니다.

감사합니다.



Elaine L. Chao

주요 논의 항목들

이 제안서는 5.850-5.925GHz 스펙트럼 대역 사용과 관련하여 제안된 규칙 제정안의 2019년 11월 8일 연방 통신위원회 (FCC)의 초안과 관련된 교통부(부 또는 DOT)의 우려 사항 및 권고를 설명합니다. 이들 사항들은 첨부된 초안 NPRM 표시부(mark-up)에서 보다 구체적으로 다룹니다. DOT는 NPRM을 발행하기 전에, FCC 및 기타 관심있는 기관과 만나 이러한 문제를 논의하고자 합니다.

교통 안전을 위한 스펙트럼 감소

이 NPRM 초안은 현재 규칙과 교통 부분을 위한 스펙트럼 할당의 극적인 변화를 보여줍니다. 이러한 변화로 인해 교통 안전을 위한 45MHz의 할당을 상실하게 될 수 있습니다. 이는 인접 채널에서 발생할 가능성이 높은 간섭 문제와 Wi-Fi 및 ITS 운영 사이에 "보호 대역"이 필요한 경우, 교통에서 사용 가능한 스펙트럼을 20MHz로 제한합니다. DOT는 미래의 커넥티드 및 자동화 차량(CAV) 애플리케이션(예, 자동화된 군집화 관리, 자동화된 차량의 보다 큰 상황 인식, 조정된 교차로 이동 등)을 수용하는 것은 물론, 이 대역의 할당과 이에 대한 후속 투자를 통해 의도한, 광범위하고 중요한 안전 및 이동성 이점을 가져오기에는 스펙트럼이 충분하지 않다는 것을 보여주는 분석 결과를 얻었습니다.

사용 가능한 스펙트럼을 20MHz만 할당하면 다음과 같이, 교통 안전에 상당한 손실이 발생합니다.

- 시스템 효율성, 도로 날씨, 교통 및 화물 물류, 공공 안전 애플리케이션과 같은 광범위한 차량-대-인프라 (V2I) 또는 인프라-대-차량 (I2V) 애플리케이션을 V2X 통신에서 수용할 수 없습니다.
- 교통 안전을 위해, 이 대역에서 현재 배치 및 운영하는 사람들 또는 이에 투자하는 사람들에게 상당한 비용이 듭니다.
- 이들 및 기타 중요한 에지 컴퓨팅, 머신-투-머신 및 인공 지능 혁신이 등장하는 시점에서, 새로운 네트워크 자동화 애플리케이션의 축소. 여기에는 민간 부문 테스트가 이를 상업적 용도로 전환하는 시점에서 예상되는 트럭 군집화 중단이 포함됩니다. 이는 화물 물류(다른 용도 중에서도)에 중요한 애플리케이션입니다.

30MHz 할당의 제한으로 인해, 논의중인 두 가지 기술인 단거리 전용통신(DSRC) 또는 4G 롱텀 에볼루션 셀룰러 V2X 통신(LTE-CV2X)은 모두 30MHz 할당을 효과적으로 사용하거나, 이 대역에서 그 운영을 할 수 없습니다(자세한 내용은 부속서 A, 예비 테스트 결과는 부록 F 참조).

- LTE-CV2X에 20MHz 채널이 할당되면, LTE-V2X¹의 예상 인접 채널 간섭으로 인해 DSRC가 나머지 10MHz에서 의도한대로 작동하지 않을 것으로 예상됩니다.
- DSRC가 30MHz에 할당되면, US DOT 테스트 결과 (FCC가 검토하고 주석을 기입한 백서 초안에 기록된 것과 같이), 낮은 45MHz의 비-면허 광대역과 5.925-7.125GHz에 대한 새로운 개획 대역의 양쪽에 대해 버퍼가 필요하다는 것이 파악되었습니다. 버퍼가 각 측면에서 5MHz 채널로 제한되더라도, DSRC는 두 개의 인접한 10MHz 채널에서 작동할 수 없으며, 여전히 충돌회피 및 기타 우선 순위가 있는 공공 안전 애플리케이션을 수행합니다.
- LTE-CV2X도 비-면허 광대역의 유사한 버퍼를 필요로 할 가능성이 높습니다. (부속서 F. 참조)

기술-중립적 접근 방식이 아닌 특정 기술에 과도하게 의존

DOT는 안전 결과에 대해 깊은 관심을 갖고 있으며, 충돌의 원인이 되는 역동적이고 복잡한 교통 시나리오에서 통신 기술이 작동하는지 확인하기 위해 노력합니다.

30MHz에서 LTE-CV2X 및 DSRC의 한계를 고려할 때, 기본 기술(본 NPRM 초안의 명시된 의도에 따라)은 LTE-CV2X가 됩니다. 이 기술은 아직 입증되지 않았으며, 기술이 충돌 회피에 적합하다는 것을 국가에 확인해줄 수 있는 방식으로 아직 입증되지 않았습니다(특히 사고 위험이 증가하는 복잡하고 역동적인 시나리오에서). 교통부의 관점에서, 보다 기술 중립적이며 혁신을 통해 교통 안전 및 스펙트럼 사용에 대한 의사 결정에 정보를 제공하는 관점에서 제안에 접근하는 것이 적절합니다.

또한, 기술 설계 및 그 표준이 아직 완전하지 않습니다. 차량 안전을 위한 상위 프로토콜 계층에 대한 하나의 초안 SAE J3161 표준은 참여 업계 회원들로부터 29 %의 승인을 받았는데 그쳤으며 표준은 계속 발전 중에 있습니다.² 장치 성능과 안전 성능 관점에서 DOT는 아직 완료되지 않은 기술 작업이 상당하다는 것을 인정하지만(pp. 15, 16), FCC는 검증되지 않은 업계 주장에 따르고 있습니다(초안 NPRM 43절). 이 기술의 성숙도에 대한 자세한 내용은 부속서 B를 참조하십시오.

이 같은 성격의 정책 전환은 기술의 스펙트럼 성능뿐만 아니라 안전 성능도 포함하는 독립적이고 객관적인 분석을 기반으로 해야 합니다. 이는 교통부와 위원회가 육성하고자 하는 테스트 프로그램의 기초이며, 위원회가 공개하는 모든 제안이 이러한 엄격한 과학적 테스트 및 분석에 입각하도록 하는 것이 적절할 것입니다.

1 DOT 기술팀은 사전 테스트에서 LTE-CV2X 장치의 에너지 방출을 확인했으며, 업계 제조사는 방출을 구두로 확인했습니다. 간섭의 크기를 측정하려면 더 많은 작업이 필요합니다.

2 예를 들어, 현재 표준 초안에는 일관되지 않은 전력 수준 매개 변수 (23dBm vs 21dBm)가 있습니다. 제조사와 업계가 전력 수준을 측정해야 하는 위치(장치 내에서)를 정의하는 작업을 계속하고 있기 때문입니다. 이 NPRM 초안에 있는 FCC의 텍스트는 이전 문서의 전력 수준 (및 기타 매개 변수)을 참조하는 것으로 보이며, 이것이 진행 중인 문제 중 하나라는 것을 인정하지 않습니다.

안전 메시지 우선 순위 제거 및 스펙트럼의 공공 안전 사용

NPRM 초안의 부속서 B에서 DOT는 협력-지능형 교통 시스템(ITS) 충돌회피 애플리케이션을 쓸모 없게 만들 수 있는 두 가지 주요 변경 사항을 언급합니다.

- FCC는 OBU 항에서 95.3159를, RSU 항에서 90.377에서 (d) 및 (e)를 완전히 제거함으로써, ITS 충돌-임박, 생명-안전 통신의 취지를 약화시킵니다. 이 언어를 제거하면 혼잡한 지역에서 우선 기본 안전 메시지가 다른 사용자가 전송을 완료할 때까지 기다려야 하는 영향이 있으며, 그 동안 충돌이 발생할 수 있습니다(FCC 직원과 이전에 비디오를 검토한 바와 같이, 충돌 설정 및 발생은 3초 내에 발생할 수 있음에 유의합니다).
- 또한, 이 언어를 제거함으로써, FCC는 이 스펙트럼의 공공 안전용도 사용을 근본적으로 제거하여, 기본 안전 메시지를 방해하거나 V2X 전송을 억제하거나, 지연을 유발하는 상업적 사용(더 크고 긴 메시지 교환을 기대 함)을 허용함으로서 충돌이 발생하게 됩니다.
- 또한, LTE-CV2X 장치와 관련하여 모호한 3GPP3 참조가 있는 부속서 B에 대해 또 다른 우려 사항이 있음에 주목합니다. Release 14는 PC5 모드 4 (LTE-CV2X) 기능 뿐만 아니라 네트워킹 인터페이스(예 : Uu 인터페이스), 네트워크 인프라 및 최종 사용자 장비 사양 및 기타 모드에 대한 사양을 포함해서, 광범위한 장치 기능을 다루는 수천 개의 참조로 구성되어 있음을 파악했습니다. 95.3189항의 참조는 무선 측면(Release 14의 무선 액세스 네트워크 또는 RAN 요소에서)과 반대로, 서비스 및 시스템 측면(SA)을 주로 논의하는 것으로 보입니다. 이 같은 모호성은 20MHz 채널에서 모든 유형의 Release 14 사용을 허용할 수 있으며, 서로 다른 LTE-CV2X 제조사가 상호 운용할 수 없는 장치를 개발할 수 있는 위험을 높입니다. 다시 말하지만 (위에서 언급했듯이), 이는 공공 안전 혜택, 충돌회피 메시지의 목적을 무효화합니다.

교통에 미치는 심각한 영향

V2I-I2V 기능 손실

현재까지 LTE-CV2X 장치 및 표준 개발은 차량-대-차량 (V2V) 메시징에 중점을 두었으며, V2I 교차로 안전에 중요한 신호현시(SPaT) 또는 MAP 기능은 다루지 않았습니다. 규칙제정안이 V2I를 다루기 시작할 때, 기술 팀이 하나의 20MHz 채널이 안전 및 기타 V2I 애플리케이션의 범위 등을 위해 모든 V2V / V2I를 수용 할 것으로 기대하는지 여부에 대한 표시가 없습니다. DOT는 V2I 애플리케이션의 범위가 하나의 20MHz 채널에 수용될 수 없을 것으로 예상합니다.

부속서 C는 커넥티드 차량 환경이 도시/교외 지역에서 사용 가능한 스펙트럼을 사용하는 방법을 보여주는 훈련에 대해 설명합니다. 이는 선택한 애플리케이션에 따라 다릅니다. 우리는 CV 배치 장소에서 사용되는 애플리케이션을 모방한 애플리케이션 및 해당 메시지 크기/데이터 속도를 포함했습니다. 이는 러시아워 또는 최대 배달 시간에 예상할 수 있는 시나리오입니다. 그 결과, 채널 172는 충돌회피를 지원하기 위해 교차로에서 소규모 V2I 안전 세트(SPaT, MAP)를 사용하는 V2V 충돌회피 애플리케이션에서 주로 사용되며, 나머지 채널은 V2I 애플리케이션에서 사용합니다.

3 통신 표준을 발전시키는 3세대 파트너십 프로젝트.

채널 184는 일반 V2I에 사용되지만, 필요한 경우 많은 양이 공공 안전 용도로 예약됩니다. 방위 산업 요건과 마찬가지로, 위기가 임박한 경우, 스펙트럼 가용성이 중요합니다.

75MHz의 모든 스펙트럼이 전국적으로 지속적으로 사용될 것으로는 예상하지 않습니다. 그러나, 업계 전문가 (Car-to-Car Consortium)가 수행한 분석에 따르면, 개별 차량은 매일 42 ~ 73MHz의 스펙트럼을 사용합니다. 수천 대의 차량이 하루 종일 러시아워에 전송하고 광범위한 V2I 애플리케이션을 사용하는 경우, 이 분석은 20MHz 또는 30MHz 할당으로는 충분하지 않다고 설명합니다. 특히, 전송된 각 V2X 메시지의 중복 (하이브리드 자동 반복 요청 또는 HARQ)을 사용한다는 점을 감안할 때 LTE-CV2X가 이러한 요구를 어떻게 수용할 것인지 의문이 생깁니다.

20MHz LTE-CV2X (HARQ on 포함)용으로 구성된 채널의 용량을 완전히 이해하기 위한 업계, 또는 자체 테스트에서 충분한 시뮬레이션 결과를 아직 얻지 못했습니다. 현재까지, LTE-CV2X 업계는 셀룰러 네트워크 통신의 사용을 제안했지만, 이것이 어떻게 작동하는지 아직 입증되지 않았으며, V2X 통신의 안전, 보안 및 개인정보 보호를 여전히 유지하고 있습니다. 또한, V2I/V2X 공공 혜택이 현재와 같이 구독이 없는 상태로 유지될 수 있는 방법에 대한 정보를 제공하지 않았습니다.

이 초안 NPRM에서 취한 접근 방식이 제정되면, V2X 설치가 다음과 같은 결과를 보여주기 시작할 때 주, 지역 및 지방 기관이 V2I (차량-대-인프라) 애플리케이션을 사용하는데 심각한 손실을 초래할 것입니다.

- 겨울 날씨로 인한 고속도로 충돌 사고의 25 %를 해결할 수 있는 **V2I 도로-날씨 애플리케이션**;
- 고속도로 구간의 속도와 변동성을 18 % -58 %, 고속도로 구간 내에서 10 % -47 % 감소시켜 후방 충돌을 줄일 수 있는 **V2I 시스템 효율성 애플리케이션**;
- 복합 복합 교통 신호 시스템이 이행될 때, 간선 도로에서의 이동 시간을 6 %에서 27 %까지 줄일 수 있는 **V2I 시스템 효율성 애플리케이션**;
- 대중 교통 차량의 이동 시간을 최대 10 %(Utah DOT는 12 %로 보고)까지 줄일 수 있는 **V2I 대중 교통 신호 우선 애플리케이션**
- 비상 차량의 경우, 이동 시간을 최대 23 %까지, 정차 횟수를 최대 15 %까지 줄일 수 있는 **V2I 공공 안전/비상 대응 애플리케이션**;
- 사고 구역 작업자에게 경고를 통해 네트워크 전체의 지연을 최대 14 %까지 줄일 수 있는 **V2I 작업 구역 애플리케이션**;
- 신호 운영 및 고속도로 차선 관리가 최적화될 때, 2 % -22 %의 연료를 절약할 수 있는 **V2I 에너지 애플리케이션**은 통합된 통로 관리 의사 결정 지원 시스템을 통해 연간 323,000-981,000 갤런의 연료를 절약할 수 있습니다.

교통 안전에 대한 배치, 운영 및 투자에 대한 부정적인 영향

혜택 손실에 더해, 이 변화가 제정되면, DOT와 교통 커뮤니티에 5억 달러 이상의 비용이 부담시키며, 미래에 사고 감소를 방해할 수 있습니다. 지능형 교통 시스템과 협력적인 커넥티드 차량으로 예방할 수 있는 불필요한 사망과 부상은 수조 달러의 비용을 초래합니다. 이러한 비용은 모든 운영 장소가 "전면 교체"에 필요한 시간으로 인해 발생하며, 이러한 변경 작업은 최대 5년이 걸릴 수 있으며, 배치 장소의 운영 시작에서와 마찬가지로, 지난 몇 년 동안의 진행도 잠시 중단될 수 있습니다.

규칙으로 제정된 경우. 이 NPRM의 적용 시 기존 배치자에게 몇 가지 옵션이 주어집니다.

- 하나는 기존 설비를 제거하고, V2X 통신을 완전히 중단하는 것입니다. 이미 테스트되고 작동하는 인프라 및 장착된 차량을 제거해야하는 경우, 배치자가 V2X를 계속 이행할 것이라는 보장은 없습니다.
- 두 번째는 이를 LTE-CV2X로 완전히 대체하는 것입니다. 이 옵션은 상당한 자금을 필요로 하며, 우리는 5 억 달러가 넘는 것으로 추정합니다 (부속서 D 참조), 그리고, V2X 애플리케이션의 사용을 최소 2년 이상 지연시킬 것입니다(최소).

경험상, 배치자는 납세자 자금 지원에 신중하며 표준(들)이 안정되고 입증되기 전에는 다른 기술로 전환할 가능성이 낮습니다. 비용 견적은 부속서 D를 참조하십시오.

FCC는 Waze 및 현재 센서 제품군을 예로 들어, 다른 기술을 통해 동일한 V2X 혜택을 제공할 수 있다고 제안합니다. US DOT가 수행한 분석⁴에서, 센서와 Waze는 이러한 문제에 대한 완전한 대응이 아니라는 점에 주목합니다.

- 센서 제품군과 카메라는 직접적인 가시성이 필요하므로, 건물, 나뭇잎 및 기타 차단기(예 : 자동차를 막는 트럭)가 방해가 되는 경우를 포함하여, 300 ~ 1000m 범위 내의 운전자/차량에 대해 360도 인식을 제공할 수 없습니다. 이에 비해 V2X 애플리케이션은, 차량 기반 센서와 카메라가 불가능한 여러 시나리오에서 경고를 제공할 수 있습니다 (예, 교차로에서 서로 접근하는 차량들).⁵ 다르게 말하면, NHTSA의 분석에 따르면 교차로 충돌은 기존 차량 센서로 잘 처리되지 않지만(레이더, 카메라), 교차로 충돌은 연간 경제 비용 및 인명 피해 조치 측면에서 지속적으로 1위인 충돌 유형입니다. 교차로 충돌은 V2V가 특히 해결하기에 적합한 충돌 시나리오 유형입니다.
- Waze 애플리케이션은 모든 사람들이 동시에 운전하지 않는 자발적인 군중 기반 교통 앱입니다. 이 경우, 충돌회피 기능을 지속적으로 제공할 수 없습니다. 또한 Waze는, 현재 사람들이 사용하는 다른 내비게이션 시스템 및 애플리케이션의 데이터와 상호운용할 수 없습니다.⁶ 이로 인해 이러한 애플리케이션에서 생성된 데이터가 정체되고 하나 또는 다른 앱을 사용하는 사용자만 이용할 수 있습니다. 특히, Waze와 인포테인먼트 시스템은 모두 중요한 차량 기반 안전 시스템만큼 안전하지 않으며, 주요 도심 이외에는 미국 전역의 셀룰러 네트워크에서 중요한 커버리지 격차가 남아 있습니다.

4 다음을 확인하십시오: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2017-01-12/pdf/2016-31059.pdf> 이는 공개적으로 사용 가능한 여러 출처 중 하나입니다. US DOT는 필요한 경우, 기꺼이 FCC에 대한 추가 리소스를 제공합니다.

5 각주에 있는 동일한 참조에서, 업계는 차량 기반 센서 및 카메라가 불가능한 여러 시나리오 (예, 교차로에서 서로 접근하는 차량)에서 경고를 제공하기 위해 V2V 기능에 대해 다음과 같은 관찰을 합니다.

- Honda Motor Col, Ltd는“... 차량이 서로 직접 통신할 수 있는 능력은 안전 능력에 크게 도움이 되며 고급 운전자 지원 및 자동화 기술을 효과적으로 배치”합니다.
- 비슷한 맥락에서 Meritor WABCO와 Automotive Safety Council은 모두 경고 기능이 있는 V2V 안전 애플리케이션이 현재 능동 안전 시스템을 향상시킬 것이라고 언급했습니다.
- Systems Research Associates, Inc.는“V2V, V2I 및 V2P 통신이 충돌을 피하고 책임감있게 탐색하며 효율적으로 교통 목표를 달성할 수 있는 자율 주행 차량의 성공적인 적시 개발에 절대적으로 중요 할 것입니다.”라고 언급했습니다.
- 마찬가지로, IEEE USA는 V2V가 혁신적인 안전 기능에 필요한 신뢰할 수 있는 지도 데이터와 상황 인식 메시지를 제공하고, 자율 주행 자동차로 교통 흐름을 지원한다고 언급했습니다.

6 최근 Waze를 구매한 Google 맵은 예외입니다.

또한, 우리는 상호 운용성이 충돌회피에 중요한 역할을한다는 점을 주목하고 문서화했습니다. 현재 상호 운용성은 V2V, V2I 및 V2X 애플리케이션과 기존 표준을 기반으로하는 협력 ITS 시스템을 통해서만 사용할 수 있습니다.

자동화를 포함한 미래(및 단기) 혁신에 대한 한계

이 초안 NPRM을 통해, FCC는 커넥티드-자동화-차량(CAV) 애플리케이션 요건을 지원하기 위해 스펙트럼에 대한 액세스를 심각하게 축소하고 있습니다. 자율 주행 시스템(ADS)의 개발은 모든 시민을 위한 교통 선택에 혁명을 일으킬 것이라는 약속을 지키고 있습니다. 커넥티드 차량 기술이 ADS 기술의 절대적인 요건은 아니지만, 거의 모든 자동차 제조사는 V2X 통신이 안전을 강화하고 운영을 확장하며, 다른 차량 및 인프라와의 상호작용을 개선하는데 중요한 역할을 할 수 있음을 인정했습니다⁷, 예를 들어, V2X를 사용하면 ADS 차량이 비상대응차량 (ERV), 교통 신호 및 기타 인프라 메시징(예, 작업 구역 위치, 임시 차선 폐쇄 및 ADS 차량이 의도한 경로를 따라 주행하는데 도움이 될 수 있는 기타 수많은 메시지)과 안정적으로 통신할 수 있습니다. 또한, V2X 메시징은 군집화 애플리케이션과 같은 조정된 차량 이동을 지원하는데 있어서 절대적인 요건입니다. FCC 제안은 사용 가능한 대역폭을 20MHz로 제한함으로써 커넥티드 자동화 차량 영역의 혁신을 효과적으로 중단하고 자동화 차량 개발에서의 미국의 리더십에 위협을 가합니다. 부속서 E는 V2X 통신으로 강화된 자동화 노력에 대한 보자 세부적인 정보를 제공합니다.

또한, 30MHz 대역 크기를 선택함으로써 FCC는 자동화 분야에서 미국의 리더십을 위협하고 있습니다. 현재 미국은 자동화 차량과 인프라 기술 및 자동화의 혜택을 받는 전략을 모두 포함해서, 자동화 기술 시장에서 선두를 달리고 있습니다. 이 NPRM 초안이 제정되면 이러한 유형의 최첨단 연구 및 기술 개발이 계속될 수 있는 기회를 제거합니다. FHWA 및 산업 연구를 통한 발전에 대해서는 부속서 E를 참조하십시오. 모든 활동은 V2V 채널 172 외부의 5.9GHz 대역에 대한 액세스에 의존합니다.

테스트 중단

NPRM에서 FCC는 간섭 및 허가되지 않은 Wi-Fi 장치의 영향과 관련하여, 이 스펙트럼 대역을 계속 테스트하기 위해 DOT 및 기타 기관과의 공동 노력을 포기한 것으로 보입니다. 이 조치는 ITS의 스펙트럼 요건에 대해 DOT와 협의하는 21 세기 교통형평법에 대한 의회의 지시를 무시하는 효과가 있습니다.

또한, FCC는 엄격한 과학적 테스트를 통해 기술에 대한 독립적이거나 객관적인 결과를 얻지 못한 채, 교통 안전에 가장 적합한 기술을 결정한 것으로 보입니다. FCC가 알고 있듯이, DOT는 이러한 결과를 얻기 위해 단계적 테스트 접근 방식에서 FCC와 협력했으며, 우리는 FCC가 함께 그 노력을 지속하도록 촉구합니다.

7 <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2017-01-12/pdf/2016-31059.pdf>.

2020년 5월 초까지 DOT는 FCC의 제안에 정보를 제공하기 위해 이 기술에 대한 강력한 증거를 확보해야 합니다.

위에서 언급한 바와 같이, 기술 변경이 보장되는 경우, 전환 기간이 필요한 몇 가지 중요한 단계가 있습니다. 탄탄한 데이터 기반을 확보하는 것은 기술과 표준을 신속하게 개선하는 수단으로 작용합니다; 그리고, 배치자에게 신뢰할 수 있고 투명한 변경 근거를 제공하는 수단으로 사용됩니다. 이 같은 단계에는 다음이 포함되어야 합니다:

- FCC는 DSRC 경험에 4-6년이 걸렸음을 언급하면서 새로운 규칙 및 대역 계획을 완료하는 데 시간이 필요할 것입니다(할당은 1999년에 있었고, 2004년에 첫 번째 보고서 및 주문이었으며, 대역 계획 규칙을 완료한 마지막 수정은 2006년에 있었습니다).
- 업계는 V2V 표준을 완료하고, V2I 표준(노변 장치 사양 재작성 포함)을 개발하고, 인증 테스트 절차(표준 기반)를 완료하고, 적절한 인증 프로세스가 있는지 검증해야 합니다. 모든 LTE-CV2X 벤더는 인증 절차를 거쳐야 합니다.
- DOT는 LTE-CV2X로 전환하는 방법에 대한 배치자 지침을 개발해야 합니다.
- LTE-CV2X에 전념하는 OEM(Ford)은 단 하나뿐입니다. NPRM이 제정되면, 다른 OEM은 LTE-CV2X로 전환하거나 V2X 애플리케이션 사용을 거부하는 두 가지 선택적 경로에 직면하게 됩니다. DOT는 전환 여부를 결정하기 위해, 다른 OEM과 협력할 시간이 필요합니다.

LTE-CV2X는 새로운 기술이 아닙니다. 특히, LTE-CV2X는 오래된 기술을 기반으로 할 것입니다. LTE 4G는 14년(대략 DSRC의 세대)이 지난 기술이며, 통신 산업이 5G에 집중하면 크게 발전하지 않을 것입니다. LTE-CV2X는 5G로 가는 경로로 판매되고 있지만, 현재까지 기본 안전 사용 사례를 지원하기 위해 단순히 통합되었으며, 더 발전된 V2X 사용 사례를 지원하도록 발전할 가능성은 낮습니다. 5G V2X는 LTE-CV2X 기술이 동일한 채널에서 공존할 수 없기 때문에 LTE-CV2X 기술의 진화보다는 보조 또는 대체 기술로 등장할 가능성이 더 큽니다. DOT와 업계는 5G V2X 사용 사례가 개발되고 테스트 될 때까지, LTE-CV2X 표준 및 기술을 유지하는 방법에 대한 계획을 개발해야 합니다. 5G 장치는 교통 안전 요구를 충족하기 위해 수정이 필요하며, 5G V2X가 이에 의존해야 하는 경우, 5G 스몰 셀 인프라 기능이 전국에 크게 배치됩니다.

즉, CV2X는 5G로의 진화 경로가 없는 기술이거나, 4G LTE 기반 기술의 성능을 지속적으로 업데이트하고 개선할 진화 경로가 없는 것으로 보입니다. 이는 본질적으로 정체되어 있는 기술을 기반으로 합니다. 반대로, DSRC 표준을 감독하는 IEEE 802.11위원회는 "차세대" DSRC(802.11 b/d라고도 함)를 개발하고 DSRC의 향후 개선을 보장하기 위한 계획(및 업계 참여자들의 약속)을 가지고 있어서 이전 버전과의 호환성을 유지합니다.⁸ 명확하게 말하면, USDOT은 어떤 통신 기술이 교통 산업의 요구에 가장 잘 부합하는지와 관련하여 기술 중립을 유지하며 CV2X보다 DSRC를 응호하지 않습니다. 우리는 이전 버전과의 호환성 및 상호 운용성 문제를 해결하면서 지속적인 제품 개선을 가능하게 하는 기술 진화 경로를 포함하여, 시장(및 FCC)이 고려해야 할 몇 가지 중요한 요소가 있음을 지적하고 있습니다.

8 <https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/18/11-18-0861-08-0ngv-ieee-802-11-ngv-sq-proposed-par.docx>
에서 PAR 참고

비용-편익 분석의 부재

이러한 중대한 정책 변화에는 Pai 의장이 과거에 요구한 것처럼, 관련 비용 및 혜택을 고려해야 합니다.⁹ 이 경우, 이들 고려 사항에는 다음 사항이 포함되어야 합니다.

- 국가의 다음 혜택에 대한 엄격한 분석 :
 - 교통 안전을 위해 전체 스펙트럼 유지.
 - 비-면허 Wi-Fi 사이의 스펙트럼을 나누고, 교통 안전에 제한된 할당을 제공한다.
- 다음을 포함한 대안 분석 고려:
 - Wi-Fi 광대역 비즈니스 모델 목표를 달성할 수 있는 다른 기술에 대한 철저한 검토; 그리고,
 - 스펙트럼의 가장 효율적인 사용 결정.
 - 스펙트럼 공유 기술이 주어진 제안의 전체 스펙트럼 효율성에 영향을 미칠 수 있는지 여부와 그 방법을 포함하여, 의도한 사용 사례 및 애플리케이션을 고려하고 다양한 기술 대안의 스펙트럼 효율성에 대한 철저한 조사.

교통 안전을 위해 대역 유지의 이점

공공 안전 혜택의 규모에 대한 이해는 부속서 C를 참조하십시오. FCC 또는 기타 기관이 V2X 이행에 대해 "일시중지"를 할 수 있는 경우, 매년 국가는 V2X 기술이 해결하고 다를 수 있는 충돌로 인해 지속적으로 상당한 손실을 입습니다.

대역 나누기

이 초안 NPRM의 텍스트에서, FCC가 Wi-Fi 산업을 위해 대역의 60 %를 재 할당하고 있음을 알 수 있습니다. 이 결정에 대한 근거의 상당 부분은 경제적 이익 재할당을 과장하고, 교통 공공 안전 비용 및 이익을 어떤 식으로든 다루지 않으므로 다음과 같은 불안정한 분석을 제공하는 FCC의 RAND 연구에 의존한 것으로 보이며, 따라서, 이 초안 NPRM에서와 같이 불안정한 분석을 제공합니다. 이 분석은 독자로 하여금 비-면허 Wi-Fi에 45MHz를 사용함으로써 얻는 이점이 교통 안전에 대한 이점을 능가하는 것으로 믿게 만든다. 부속서 C의 작업은 공공 안전 혜택에 대한 보다 전체적인 이해를 제공하며, 보다 엄격한 접근 방식이 의사 결정 과정에서 모두에게 도움이 될 수 있음을 시사합니다.

비-면허 Wi-Fi에 대한 NPRM의 텍스트와 제안된 45MHz 할당 논의에서 FCC는 소비자 잉여 및 수익 성장 측면에서 RAND의 모호한 추정치를 참조합니다 (GDP, fn.96과 동일), 하지만, RAND의 시장 가치 추정치는 언급하지 않습니다. 75MHz의 경우, 177억 달러로 이 추정치는 훨씬 더 적으며, 의미상 45MHz의 경우, 104 억 달러(177 억 달러 x 0.6)로 여전히 더 작습니다. NPRM은 45MHz에 대한 추정치를 조정하지 않습니다.

NPRM은 FCC가 업계에 무료로 할당할 것을 제안한 귀중한 스펙트럼 서비스에 대해 광대역 업계가 가입비를 부과할 수 있음을 명확히하지 않습니다. 이 스펙트럼은 교통안전 개선을 통한 충돌 방지, 이동성 및 시스템 효율성 향상, 연료 절감, 및 공공 안전 상황에 대한 신속한 대응으로 수십억 달러의 비용 절감 효과를 제공할 수 있습니다.

9 <https://www.multichannel.com/news/fcc-gets-ok-for-new-economic-analysis-office>

또한, C-V2X가 나머지 20MHz-30MHz에서 작동하지 않을 수 있다는 위험 평가도 수행해야 합니다.¹⁰ (부속서 F 참조, 20MHz 채널 근처에서 비-면허 Wi-Fi의 잠재적인 간섭을 시사합니다.) 이 NPRM 초안에서 특정 기술을 불필요하게 선호하는 것처럼 보이면, FCC는 특정 기술이 선호되는 이유에 대한 근거를 제공하기 위해, 이 효과와 기타 경제적 효과를 계산해야 합니다.¹¹ 제정되면 새로운 초안 규칙은 경쟁력 있는 기존 기술에 대한 시장 접근을 거부합니다. LTE-CV2X 기술(작동이 입증된 경우)로 전환하기 위해 실패하거나 재정적 지원이 필요한 DSRC 산업 회사가 있습니다.

마지막으로, 우리는 이러한 정책 변경이 경쟁을 방해하는 경향이 있다는 점에 주목합니다. 현재 미국에 기반을 둔 칩 제조사는 단 하나뿐이며, 이는 시장에 진출하기로 결정한 다른 제조사와의 상호 운용성에 대한 의문을 제기합니다. 이것은 시장 진입에 장벽을 설정할 수 있습니다.

광대역 업계의 요구에 부응하기 위해 802.11ax 기능을 포함하는 대안 분석의 누락

또한, 대안 분석은 국가의 시민과 다양한(종종 경쟁하는) 산업 주체를 위한 최상의 결과를 결정하는 중요한 부분입니다.

주요 누락 사항들 중 하나는 802.11ax 기반 Wi-Fi 6에 대한 논의입니다. FCC는 802.11ax의 출현을 언급하지만, FCC는 이 새로운 Wi-Fi 혁신이 비 연속 대역폭을 집계하여 최대 160MHz 채널에 이르는 더 큰 채널을 생성할 수 있다는 정보를 포함하지 않습니다. 이들 기술이 시장에 출시됨에 따라, DOT는 비-면허 광대역이 현재 면허가 있는 사용자로부터 취하게 되는 대량의 중대역 스펙트럼을 필요로 하며, 이는 그들의 삶, 운영 및 운영 및 그 비즈니스 모델에 중대한 영향을 미칠 수 있다는 업계의 주장에 의문을 제기합니다.

스펙트럼의 배치 및 사용에 대한 가장 빠른 경로에 대한 가정

배치 경로에 대한 FCC의 가정에서, DOT는 FCC가 기존 배치 장소와 그 진행 상황을 생략했음을 발견했습니다. FCC는 장소가 존재하지만, 전국에 걸친 설치 규모에 영향을 미치지 않는다고 언급합니다. 이전 페이지와 부속서 C에서 언급했듯이, 다른 기술로 교체하는데 드는 인건비와 장비 비용은 5억 달러가 넘습니다. 따라서, DOT는 FCC가 이러한 비용을 충당하기 위해 주 및 지역 기관을 지원하고, 갑작스러운 시장 손실에 직면한 DSRC 제조사 및 회사의 우려 사항을 해결하기 위해 어떤 제안을 할 것인지 묻습니다.

10 우리는 FCC의 제안서에서 LTE-CV2X가 다른 공공 안전 효율성과 함께 충돌회피 안전 이점을 얻기 위해, 매우 혼잡하고 역동적인 교통 시나리오에서 작동하지 않는 경우, 대역의 40 % 손실을 초래할 수 있다는 것에 주목합니다.

11 FCC는 기술적인 이유로 DSRC의 실패에 대한 우려를 표명하지 않으며, 특정 규제 목표, 목표 또는 이정표가 충족되지 않았음을 나타내지 않습니다. 따라서, FCC는 지속적인 투자 및 배치를 고려하여 DSRC의 현재 상태와 잠재력에 대한 추가 고려 사항을 제공해야 합니다.

또한 캐나다와 멕시코는 동일한 75MHz를 교통에 전용으로 사용하여 북미에서 미국에서 생산되고 수출되는 차량에 대한 단일 표준을 보유하고 있습니다. 중요한 것은, 국경을 넘어서 상호 운용성을 달성하면 차량이 국경을 넘어 이동할 때 커넥티드 차량 기능이 끊어지는 것을 방지할 수 있다는 것입니다. 이를 통해, 미국 시민과 환승 및 화물운송사들은 국경을 넘어 여행할 때 안전이 유지되고 도착시 일관되게 작동하는 시스템을 갖게 됩니다. 또한 캐나다 및 멕시코 운전자가 미국을 여행할 때 안전 시스템에 참여할 것임을 시민들에게 보장합니다.

마지막으로, 이 NPRM 초안이 제정되면 심각한 배치의 일시 중지 또는 V2X 운영이 완전히 중단될 것이며, 국가가 부속서 C에 설명된 충돌회피 및 기타 중요한 공공 혜택을 실현하는데 더 오랜 시간이 걸릴 것입니다.

세 가지 통신 매체(또는 다양한 조합) 간의 공존에 대한 가정

2017년, 미국 DOT는 FCC에 두 건의 백서를 제공했습니다. 하나는 두 개의 고전력, 공공 안전 및 V2V 채널을 나란히 배치했을 때의 효과를 측정했습니다. 다른 백서는 당시 FCC에서 제안한 새로운 규칙을 사용하여 비-면허 Wi-Fi (UNII-3)의 대역 외 방출 (OOBE)을 시연했습니다. 또한, 9월 27일 대면 회의에서 미국 DOT, FCC 및 NTIA 기술 직원은 LTE-CV2X 장치에서 관찰된 인접 채널 에너지 방출에 대해 논의했습니다.

이러한 유형의 인접 채널 간섭 기회에 대한 지식을 감안할 때, 미국 DOT는 FCC가 세 가지 매체 (또는 일부 조합)가 문제없이 대역을 점유할 수 있다고 결론을 내리는 방법에 대해 더 충분한 근거를 추구합니다. 부속서 B의 제안된 규칙을 살펴보면, FCC는 현재 OOBE 수준 및 필터 요구를 포함하여 더 낮은 45MHz 대역에서 UNII-3 규칙이 작동하도록 허용합니다. 또한, FCC는 진화하는 산업 장치 매개 변수를 사용했음을 볼 수 있습니다.

보다 근거있는 논의를 지원하기 위해 US DOT는 모든 장치를 실험실로 가져와 인접 채널 방출을 측정했습니다. 예비 결과는 부속서 F에 포함되어 있습니다. 방출의 크기를 측정하기 위해 더 많은 테스트가 필요하지만 부속서 F는 서로 다른 무선 서비스 간의 상당한 인접 채널 간섭 가능성을 보여줍니다. 따라서, 제안된 규칙은 상당한 재검토가 필요할 수 있습니다.

부속서 A V2X 기술을 30MHz로 제한하는 영향

- **DSRC를 사용하는 경우 제한:**

- 160MHz 채널에서 최대 5.895GHz의 UNII 운영은 에너지를 180 채널(5.895-5.905)로 방출하여 최소한 DSRC V2V 메시지에 간섭을 일으킬 것으로 예상됩니다. 따라서, 채널 180이 버퍼로 사용될 것으로 예상됩니다. (예비 테스트 결과는 부속서 F를 참조하십시오.)
- FCC가 5.925-7.125에서 비-면허 Wi-Fi 사용을 계획하고 있다는 점을 감안할 때, 채널 184에 대해서 유사한 문제가 예상되므로 채널 184가 버퍼로 사용될 것으로 예상됩니다. (역시, 부속서 F를 참조하십시오.)
- USDOT는 비-면허 Wi-Fi 방출 매개 변수에 대한 분석을 수행하고, 이를 백서 초안에서 FCC에 지적했습니다. 그리고, 최근에 이들 기술을 실험실에 적용하여 그 배출량을 조사했습니다 (부속서 F).
- 채널 180 및 184가 버퍼로 사용되지 않더라도(비면허 장치가 현재 FCC 방출 매개 변수를 초과하는 더 나은 필터를 사용한다고 가정하는 경우), 중요한 DSRC 기능은 3개의 10MHz 채널에서 작동할 수 없습니다. 즉, USDOT은 이에 대해 분석했으며, 그 결과를 FCC에 백서 초안으로 여러 차례 제공했습니다. LTE- CV2X에 두 개의 20MHz 채널이 필요한 경우, 서로 인접할 수 없을 것으로 예상됩니다(하지만 확인을 위해 테스트할 것입니다).
- 이는 DSRC를 하나의 10MHz 채널(182)로 제한합니다.
- 가장 밀집된 도시 지역에서 DSRC V2V 전송은 10MHz 채널을 채울 수 있으므로, 혼잡 완화 알고리즘을 사용해야 합니다. 이로 인해, 모든 V2I 애플리케이션은 아니지만 대부분의 사용이 배제됩니다. 우리는 주 및 지방 기관이 활용률이 낮은 노변 장치에 투자할 때 혜택을 보지 못할 것으로 예상합니다.

- **LTE-CV2X를 사용하는 경우 제한:**

- 5.895까지의 비-면허 전송은 채널 180과 유사한 방식으로 LTE-CV2X에 영향을 미칠 것으로 예상됩니다 (LTE-CV2X에 대한 비-면허 전송의 영향은 아직 측정되지 않았습니다). LTE-CV2X는 채널 183에서 전송하므로, 채널 180과 채널 182의 일부를 버퍼로 남겨둡니다.
- 그러나, 예비 측정에서 LTE-CV2X는 채널 180으로 에너지를 방출하므로 사용할 수 없게 됩니다. LTE-CV2X에 의해 채널 178로 추가 블리드가 발생하는 경우, 이는 제안된 FCC 계획에 중대한 영향을 미치며, LTE-CV2X 운영에도 영향을 미칠 수 있습니다.
- LTE-CV2X는 전체 20MHz 채널을 사용하여 DSRC가 하나의 10MHz 채널에서 수행하는 작업을 복제합니다. 이는 수신 차량에서 더 많은 메시지 정확도를 얻기 위해 각 전송을 복제해야 하기 때문입니다. 이는 스펙트럼적으로 비효율적일 뿐만 아니라, V2I 애플리케이션을 수용할 여지가 거의 없습니다.

부속서 B 특정 형태의 기술에 대한 과도한 의존

- LTE-CV2X가 선택된 기술인 경우, LTE-CV2X에 대한 규칙을 다시 설계해야 합니다. 이들 규칙은 아직 알려지지 않았습니다. FCC는 LTE-CV2X를 시험하는 소수의 회사를 기반으로 하는 잠재적 매개변수를 포함하고 있습니다.
- LTE-CV2X는 개발 중이며 아직 성숙하지 않았습니다.
 - 표준은 아직 개발 중이며, 새로운 테스트를 통해 변경되고 있습니다. 우리는 마지막 초안에서 장치 전력 레벨이 23dBm에서 21dBm으로 이동했음에 주목합니다. FCC 초안 NPRM은 이전 매개 변수를 인용하고 있으며, 표준 초안을 살펴보도록 권고했습니다.
 - 첫 번째 DSRC 표준이 승인 및 게시되는데(2004년 11월 - 2010년 7월) 5년 이상이 걸렸고, 테스트 과정에서 6년이 더 걸렸습니다(현재 표준은 2016년부터). LTE-V2X는 DSRC 표준의 일부를 통합할 뿐만 아니라, DSRC 교훈을 기반으로 구축할 수 있지만, LTE-CV2X 표준은 (a) 여전히 시간이 필요하며, (b) 현재는 V2V 프로파일에만 초점을 맞추고 있습니다. 20MHz가 노변 장치를 사용하는 교차로 안전과 관련된 소형 V2I 전송 세트를 포함하려면, 프로파일을 확장하기 위해 더 많은 작업이 필요합니다(LTE-CV2X에 대해 다른 사양이 변경됨).
- 배치자는 표준이 안정되고 입증되기 전에, LTE-CV2X로 전환할 가능성이 낮습니다.
- 현재 LTE-CV2X 칩셋 제조사는 단 하나뿐이며, 적어도 단기적으로 독점이 발생하고, 다른 제조사가 시장에 진입하기로 결정하면 상호 운용성에 대한 질문을 제기됩니다. 이것은 시장 진입에 장벽을 설정할 수 있습니다. DSRC에는 많은 제조사와 벤더가 있습니다.
- 특히, LTE-CV2X는 14년된 기술입니다. 한 제조사가 장기적으로 기술을 유지하거나, 교통 업계가 LTE-CV2X에서 전환하기로 결정할 때, 공개적인 약속이 없었습니다.

**부속서 C 혜택 손실 – V2I 및 기타 V2X 혜택을 달성하는데 30MHz 이상 필요 – FCC 및 기타
조직의 혜택에 대한 상당한 과소 평가에 주목
(RAND)**

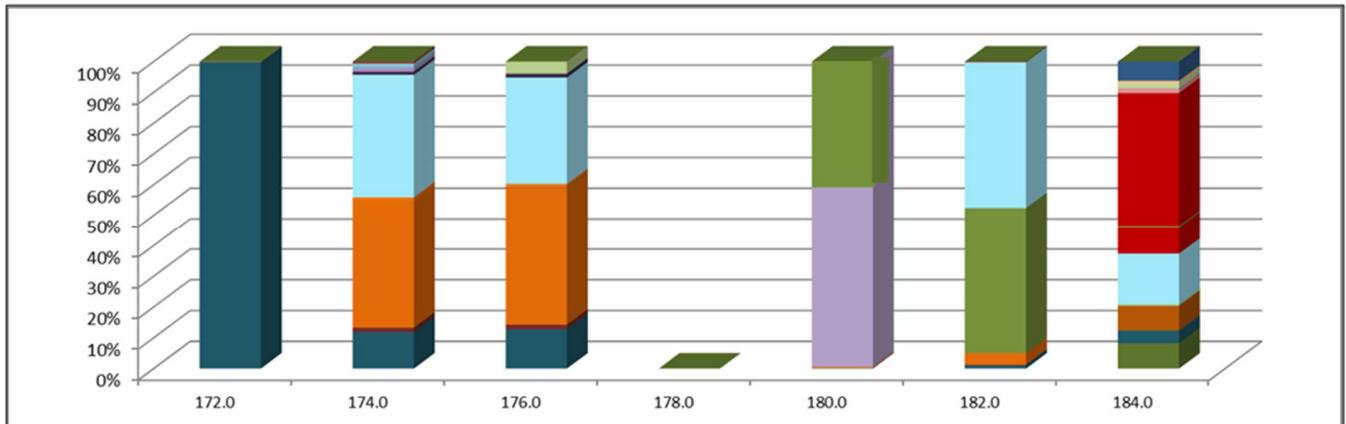
스펙트럼의 V2X 애플리케이션 사용은 다음과 같은 이유로 역동적입니다.

- V2X 장치는 사고가 발생할 가능성이 있는 차량에 더 자주 메시지를 전송하기 위해 사고가 발생하는 시간에 전력 수준 및/또는 데이터 속도를 조정할 수 있습니다.
- V2X 장치는 밀집된 도시 지역의 스펙트럼 혼잡에 따라 조정할 수 있습니다.
- V2X 사용은 도시 지역에서 그다지 밀집되지는 않지만 더 치명적인 충돌 유형을 해결하고 보다 즉각적인 비상 대응을 촉진합니다.
- V2X 애플리케이션에는 다양한 크기의 메시지를 사용합니다.
- 교통 상황은 특히, 악천후의 경우 매순간 크게 다릅니다.

스펙트럼 및 배치 팀은 스펙트럼을 분할하고 일부를 비-면허 광대역에 할당할 경우, 국가의 잠재적 이익 손실을 추정하기 위해 내부 분석을 수행하고 있습니다.

요점은 다음과 같습니다:

- 다음 그래픽은 내장된 커넥티드 차량 환경에 대한 가정을 기반으로 하는, 도시/교외 지역의 스펙트럼 사용을 보여줍니다. 스펙트럼의 좋은 부분이 활용됩니다. 이 그림은 러시아워 또는 최대 배송/물류 시간 동안의 시나리오를 보여줍니다.
- 채널 172는 V2V 상호 작용을 지원하기 위해 사용되는 교차점에서 소규모 V2I 안전 (SPaT, MAP) 세트를 사용하는 V2V 충돌회피 애플리케이션에서 주로 사용됩니다. 다음 페이지의 차트를 참조하십시오.



불법 좌회전, 신호현시 (SPAT) 또는 횡단보도의 철도 건널목 위반 경고와 횡단보도 신호 등 충돌회피 애플리케이션	긴급통신 및 대피, 비상차량 우선 슈위 및 예방, 감속/작업 구역 경고, 비상대응자를 위한 사고현장 사전 도착 준비 안내 등 비상대응/공공안전 애플리케이션
협력 탭티브 크루즈 컨트롤 또는 군집화, 첨단 자동 충돌 알림 릴레이와 같은 시스템 효율성 애플리케이션	화물 시호 우선순위, 동적 교통 운영과 같은 교통 효율적 애플리케이션
교통신호우선순위, 정지신호 간격 보조, 통합경로내 적응형 교통신호시스템, 교통혼잡경보 등 교통신호 효율성 애플리케이션	제어 상실 경고, 곡선 속도 경고, 노면 경고, 스팟날씨 영향 경고, 정지신호 간격보조, 낮은 다리 경고 같은 V2I 안전 애플리케이션

- 스펙트럼을 20MHz로 제한하면 다음을 사용할 수 없습니다:
 - 겨울 날씨로 인한 고속도로 충돌 사고의 25 %를 해결할 수 있는 **V2I 도로-날씨 애플리케이션**
 - 고속도로 구간의 속도와 변동성을 18 % -58 %, 고속도로 구간 내에서 10 % -47 % 감소시켜 후방 충돌을 줄일 수 있는 **V2I 시스템 효율성 애플리케이션**
 - 복합 복합 교통 신호 시스템이 이행될 때, 간선 도로에서의 이동 시간을 6 %에서 27 %까지 줄일 수 있는 **V2I 시스템 효율성 애플리케이션**
 - 대중 교통 차량의 이동 시간을 최대 10 %(Utah는 12 %로 보고)까지 줄일 수 있는 **V2I 대중 교통 신호 우선 애플리케이션**
 - 비상 차량의 경우, 이동 시간을 최대 23 %까지, 정차 횟수를 최대 15 %까지 줄일 수 있는 **V2I 공공 안전/비상 대응 애플리케이션**
 - 사고 구역 작업자에게 경고를 통해 네트워크 전체의 지역을 최대 14 %까지 줄일 수 있는 **V2I 작업 구역 애플리케이션**
 - 신호 운영 및 고속도로 차선 관리가 최적화될 때, 2 % -22 %의 연료를 절약할 수 있는 **V2I 에너지 애플리케이션**은 통합된 통로 관리 의사 결정 지원 시스템을 통해 연간 323,000-981,000 갤런의 연료를 절약할 수 있습니다

이들 애플리케이션 기회는 부속서 A에 설명된대로 V2X 작업을 채널 180-184 (5.895-5.925GHz에서 30MHz에서 30MHz)로 이동하려는 초안 NPRM의 계획과 스펙트럼의 물리적 한계에 따라 상실됩니다.

- 정확한 비교는 아니지만, ITS 전문가들은 개별 차량이 매일 42 ~ 73MHz의 스펙트럼을 필요로 한다고 추정한 2019년 분석을 얻었습니다. 러시아워에 수천 대의 차량이 다양한 애플리케이션을 전송하고 사용하는 경우(그리고 복잡한 시골 상황에서), 이 최대 사용량은 위의 그래픽과 유사하게 보일 수 있습니다. 이 분석은 2018년 의견 요청서(Car-to-Car Consortium12에서 제공)를 통해 US DOT에 제공되었습니다. CV 배치 장소는 자체 가정과 함께 분석 프레임워크를 사용했으며 유사한 스펙트럼 사용 결과를 발견했습니다. 아래 표2는 제출된 표입니다.

메시지 유형/환경	도시	교외	어려운 상황		
			교외 (고속도로) 가벼운 통행량, 높은 속도	도시에 더한, 도시 광장	트럭 주차 구역/요금소, 시골지역 외에 매우 조밀한 트럭 침투율
CAM 협업 인식 메시지	6,21	6,98	9,70		
DENM 부산 환경 알림 메시지	3,32	1,87	1,04		
SPACP, MAP 신호등	0,12	0,06	0,15		
PCM 규칙화 제어 메시지	1,45	2,91	7,27		
PSM 개인 안전 메시지	4,24	0,17	무시가능		
지리위치 강화 메시지(DENM과 유사)	3,32	1,87	1,04	34,87	14,55
PCM 집단 인식 메시지	10,86	12,22	16,97		
MCM 기동 조정 메시지 400바이트	6,21	6,98	9,70		
MCM 기동 조정 메시지 추가. 800Bvt	6,21	6,98	9,70		
필요한 총 스펙트럼, MHz 도시 및 시골지역의 두전적인 상황에 대한 총계, MHz	42	40	56	73	70

- 이들 시나리오는 국가에 대한 V2X 혜택의 중요한 손실을 초래합니다. FCC는 비-면허 Wi-Fi 업계에서 비용을 지불한 2018년 RAND Corporation의 분석 결과에 의존하기 때문에, NPRM 초안에서 이러한 이점을 크게 과소 평가했습니다. NPRM은 전체 Wi-Fi 산업이 2018년 2.4GHz와 5GHz에서 660Hz를 사용할 때 약 930억 달러 규모로 평가되고 있다는 결론을 고려할 때, 5MHz의 대역폭만 추가하면 국가에 누적될 것으로 예상되는 598 ~ 968억 달러의 놀라운 경제적 이익 잠재력을 인용합니다.
- OST-R의 경제 분석팀은 V2X에 대해 620만 달러 가치에 대한 믿을 수 없는 추정치를 포함하여, RAND 연구에서 중대한 결함을 확인했습니다.

NHTSA NPRM 분석(OMB 매개변수 기반)을 사용하면, 4개의 V2X 충돌회피 애플리케이션만으로 납세자의 부담을 1090- 3190억 달러 줄이고, 7,000 명 이상의 생명을 구하며, 180만 명의 부상 방지, 470만 대의 차량 및 그 재산 피해를 줄였습니다.

12

https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/General_Documents/C2CCC_TR_2050_Spectrum_Needs.pdf

13 This is estimate is on the higher end in viewing analyses from market growth reports such as marketing for this report: <https://www.marketresearchreports.com/wifi>

V2V 애플리케이션으로 해결할 수 있는 총 충돌 인구를 전체적으로 살펴볼 때, NHTSA는 7,200억 달러 (2014년 달러 기준)의 절감 효과를 예상합니다. 이러한 비용은 현재의 충돌 수준에서 매년 국가에 발생합니다. 최근 감소에도 불구하고(2019년 첫 6개월 동안 3.4 %¹⁴⁾, 충돌 수준과 유형은 여전히 높습니다. 도로에서 발생되는 위협 및 위험에 대한 강력한 360도 센서로 사용되는 V2X 통신은 업계가 무사고를 향해 나아가는 혁신이자 돌파구입니다. 또한, V2X 통신이 자동화되지 않은 차량과 함께 사용되어 자동화 도입을 강화하고, 충돌을 계속 방지할 수 있다는 강한 기대가 있습니다.

마지막으로, 기존 배치 장소에서는 상실되는 혜택을 보고할 수 있습니다.

- Utah —UDOT은 4년 동안 DSRC를 배치했으며, 현재 DSRC 장비가 설치 및 운영되고 있는 127개의 교차로와 82대의 차량들을 보유하고 있습니다. 유타의 DSRC 통로는 환승 신뢰성을 12% 향상시키고 늦은 버스 도착을 40% 줄였습니다. 유타는 이번 겨울 악천후 동안, 제설기에 신호 선점 우선권을 부여하고 있습니다.
- 아래조나는 4개의 신호 제어 애플리케이션이 배치 및 조정(화물 및 교통 신호 우선 순위 포함)되어 차량 이동 시간이 6-27% 감소했다고 보고했습니다.
- 워싱턴 주 — 워싱턴의 I-90에서 안전하지 않은 날씨 감소(VSL) 시스템으로 인해, 가변 속도 제한을 적용하는 애플리케이션은 시스템이 평균 속도를 최대 13%까지 감소시켰음을 보여주었습니다.
- 순차적인 동적 곡선 경고 안내 시스템은 보고된 충돌을 최대 77%까지 줄일 수 있습니다.
- 트럭 군집화 기술은 앨라배마에 있는 I-85의 5마일 구간에서 차량 당 이동 시간을 최대 13초까지 줄일 수 있습니다. 연방고속도로국의 연구를 기반으로 하는 부속서 E의 자세한 결과를 참조하십시오.
- 텍사스의 트럭 군집화 시연에서는 추종 차량의 경우 40%, 리더 차량의 경우 20%의 연료 절약 범위 상한을 관찰했습니다.
- 공공 안전 애플리케이션은 주요 사고 대응 중에 네트워크 전체의 평균 지역을 최대 14%까지 줄일 수 있습니다. 다른 V2V/V2I 애플리케이션은 잠재적으로 긴급 차량의 이동 시간을 최대 23%까지 줄이고 정차 횟수를 최대 15%까지 줄일 수 있습니다.

14 <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812824>

부속서 D: 대역 계획 변경과 관련된 비용 - 5억 달러 이상

주파수 팀은 CV 파일럿 팀과 협력하여 무선의 조달, 수신 및 테스트, 설치 및 테스트(관할권 간 양해각서 또는 MOU 제정 포함)에, 작동 기술로 전환하는 과정에서 취한 단계를 평가해 왔습니다. 이러한 단계는 충돌 방지 및 기타 안전 및 시스템 효율성 사용에 사용될 새로운 협업 기술로 배치 사이트에서 기대하는 것과 유사한 단계입니다.

세 장소에 대한 평가는 각 DSRC 설치를 종료하고 대역 계획 변경 (예, 새 채널을 기반으로 라디오 재조정 및 다시 테스트)으로 인해 변경되거나 새 무선(예, LTE-CV2X)으로 교체하는 것으로 나타났으며, 이는 상당한 비용이 발생하고 변경하는데 상당한 시간이 필요합니다. 수치는 임시적이지만, 보수적으로 말해서 다음을 포함할 것으로 예상됩니다:

- 인건비, 테스트 및 재설치 비용: 3백만 - 1200만 달러
 - 1,200만 달러는 밀집된 설치 지역을 더 잘 나타내는 것에 주목합니다.
 - 평균 도시 지역 추정치는 약 700 만 달러입니다.
 - 전원 지역은 주 전역의 통로를 따라 설치되는 시설 수가 적어서 4 백만 달러로 추정할 수 있지만, 최근 미국트립운수협회(ATA)가 DSRC 무선기를 설치하고 V2I 참여를 늘리기 위해 트럭 회사를 포함하도록 요청하면 비용이 증가할 가능성성이 높습니다.
- 모든 면허부여, MOU, 조달, 테스트, 설치 및 운영 시스템으로의 통합을 재실행하는데 24-60 개월이 소요되며, 이 기간 동안 LTE-CV2X가 선택된 기술이 되거나(시간이 더 길어지면), 채널 할당이 변경되면(짧지만 여전히 일시 정지 포함), 모든 V2V/V2I 설치를 중단할 수 있습니다.
- 53 개의 기존 운영 장소와 계획에서 운영 단계로 이동하는 23 개의 장소를 추정할 때, 다음과 같은 계산이 가능합니다:
 - 배치 장소에 평균 550만 달러를 사용하지만, 현재 장소 1개를 유지하는 것은 1개의 조밀하게 설치된 장소에 대한 비용은 개별적입니다:
52개 운영 장소 x 550만 달러 + 밀집 설치의 경우 1,200 만 달러 = 2 억9,800만 달러
 - 23 개의 계획된 장소 x 550 만 달러 = 1억2,650만 달러
 - 총 = 4억2450만 달러
- LTE-CV2X로의 전환은 새로운 기술 조달이 포함되지 않으며, 현재는 2000 - 5000달러의 기기 구매 비용을 기준으로 하고 있음에 주목합니다.
운영 상태에 있는 21,521대의 장치와 계획된 4,068대의 장치를 배치 맵에 따라 계획하면(총 25,589대), 다음과 같은 비용 대체 범위에 약 52,000 - 128,000 달러가 추가되어 계는 다음과 같아집니다:
476,500 – 552,500 달러.
- 이 추정치는 미국 DOT가 시행자에게 제공한 자금을 포함하여, ITS JPO가 7 억 달러로 추정한 현재까지 연구 및 시행에 대한 매몰 비용을 포함하지 않습니다.

또한, 우리는 RSU 포지셔닝 및 GPS 수정의 복잡성으로 인해, 추가 테스트가 중요하며 변경으로 인해 실패 위험이 증가한다는 것에 주목합니다.¹⁵

국가에 발생하는 추가 비용은 다른 대역 계획으로 전환하는데 필요한 시간으로 인해 진행중인 충돌 및 사고 비용입니다. 이 시간은 5년까지 길어질 수 있으며, 이는 수십만 명의 추가 사망, 부상 및 재산 피해와 충돌로 인한 혼잡을 초래할 수 있지만, 정기적으로 반복되는 이동성으로 인한 완화책이 없습니다. 또한, V2X 통신이 공공 안전 및 응급 구조 대원이 목적지(예, 충돌 현장 또는 기타 응급 상황 또는 병원)에 도달하는데 걸리는 시간을 줄이는데 효과적인 것으로 입증되었습니다. 이 혜택은 이미 이 같은 애플리케이션을 사용하고 있는 주 및 지역에서는 상실됩니다.

15 이 분석의 기본 가정과 제약은 다음과 같습니다:

- 이 정보는 대역 계획의 변경이 CV 파일럿 장소에 어떤 영향을 미칠 수 있는지에 대한 질문을 던지는 평가입니다. 평가에서 우리는 변경 사항이 CV 파일럿에 대해 현재 적용되는 것과 동일한 수준 이상의 서비스를 제공한다고 가정합니다.
- 변경으로 인해 운영 시스템이 운영을 안전하고 비용 효율적으로 만드는 수준에서 작동할 수 있다고 가정합니다.
- 대역 계획 변경을 이행하기 위해, 모든 표준이 완료/업데이트되었다고 가정합니다. 우리는 실제 조건에서의 테스트를 통해서만 표준을 완성할 수 있다는 것을 알고 있습니다. 장소는 변경의 일환으로 이들 표준에 대한 피드백을 제공해야 합니다.
- 벤더가 새로운 요건 및 표준을 충족하기 위해 장비를 업데이트 할 의향이 있다고 가정합니다.
- 비용 및 기간은 현재 CV 파일럿 장소 운영, 자금 가용성 및 일정에 추가됩니다.
- 변경을 위한 추가 인력에 대한 인건비는 현재 GSA 명세에서 가져옵니다. 시스템 및 네트워크 엔지니어와 같은 전문 인력 분야의 경우, 비용은 CV 파일럿 장소에서 가져와 평균을 냅니다.
- 전환하는 동안 모든 CV 작업이 유지된다고 가정합니다. 이는 FCC의 변경으로 인해 전환 중에 채널을 계속 사용할 수 있는지 여부에 따라 달라집니다.

적절하게 재 설계, 설치, 테스트, 개선(필요한 경우) 및 재테스트 (필요한 경우)하는 단계를 포함하여, 변경을 이행하는데 시스템 엔지니어링 방법이 사용된다고 가정합니다. 비용에는 시스템 엔지니어링 모범 관행에 필요한 계획, 조달 및 문서화가 포함됩니다. 그리고, 이는 CV 파일럿과 미국 전역의 다른 배치에서 뒤를 이었습니다. (시스템 엔지니어링은 ITS 설치 프로세스에 포함될 뿐만 아니라, 첫 번째 또는 첫 번째 작업 세트에서 작동하는 통합되고 상호운용 가능한 시스템의 성공률을 높입니다)

부속서 E: 자동화를 위한 스펙트럼 손실

자동화 차량과의 V2X 통신의 이점에 대한 NHTSA 연구 외에도, 연방고속도로국(FHWA)은 혁신적인 교통 영향과 이점을 보여주는 분석을 수행했습니다. 이들 중대한 영향은 다음과 같습니다:

- 고속도로의 수용력을 안전하게 두 배로 늘리는 차량 군집화;
- 안전을 개선하고 연료 소비를 7-10 % 줄이며, 운전자의 스트레스를 줄이는 상업용 트럭 군집화
- 차량 군집화는 신호화된 통로를 따라 인프라와의 협력을 통해 차량 흐름과 원활한 교통을 최적화하고 안전성과 효율성을 개선합니다.

메모에서 앞서 언급했듯이, 자율주행시스템(ADS)에는 작업 구역, 사고, 날씨 및 교통 신호와 같은 동적 도로 상황을 탐색하는 성능 제한이 있습니다. 연결을 이용해서 실시간 데이터를 공유하는 인프라를 통해, ADS는 더 나은 상황 인식을 제공하고 더 안전하고 효율적으로 운영할 수 있습니다. 안전 대역은 차량 연결 및 다른 차량 및 인프라와의 협력을 통해, 이 같은 안전, 효율성 및 경제적 이익을 얻는데 중요한 링크입니다.

이 NPRM 전환 초안은 세 가지 중요한 이니셔티브에 영향을 미칩니다:

- 자동화 연구를 가속화하고 자율주행(ADS)을 활성화하여 복잡한 교통 시나리오에서 전술적 기동을 촉진하는 협력 자동화 연구 이동성 애플리케이션(CARMA) 오픈 소스 플랫폼.
- 특히, 더 높은 시장 침투율에서 보다 부드러운 트래픽 흐름을 제공하고, 총 지역, 중지된 지역 및 총 이동 시간의 이동성 측면에서 네트워크 수준의 이점을 제공하는 신호화된 통로에 대한 트래픽 최적화
- 상당한 연료 절감을 가져오는 협력 자동화 트럭 군집화(Cooperative Automated Truck Platooning)
- 시스템 성능 및 안전을 개선하기 위해 ADS 성능 제한을 확장하는 기술을 포함하는 협력 자동화 통합 고속도로
- ADS를 지원하는 협력 커뮤니케이션을 정의하기 위한, SAE International 표준 설정 노력에 대한 참여.

CARMA

기술의 발전과 사용 가속화를 지원하기 위해, FHWA는 서로 연결되고 협력하는 차량과 안전 대역을 사용하는 인프라의 안전성, 효율성 및 경제적 이점을 입증하기 위해, 혁신적인 CARMA 오픈 소스 연구 플랫폼을 개발했습니다. 독특한 오픈 소스 플랫폼은 차량과 기술에 구애받지 않도록 만들어졌습니다. CARMA는 협력 자율주행시스템(CADS) 기능의 연구 개발 (R&D)을 통해 TSMO로 알려진 교통 시스템 성능을 향상시킵니다. CARMA는 작업 영역, 교통사고 관리(TIM) 등 다양한 TSMO 전략에 대한 운영 개념과, ADS와 상호작용하며 운영자와 최초 대응자에게 새로운 전략을 제공하는 기상 시나리오에 대해 이행자(OEM 및 배치/운영 기관)와 협력하는 결과를 유도합니다.

교통 혼잡을 줄이고 교통 안전을 개선하는 것 외에도, CARMA 연구 플랫폼은 기존 자동화 기능을 확장하고 R&D 시간을 단축하며 협동 자동 운전 기술을 발전시키기 위해 업계 협업 및 R&D를 지원합니다¹⁶

신호화된 통로에 대한 교통 최적화

신호화된 통로에 대한 교통 최적화(TOSCo)를 사용하면 신호현시 정보를 안전 대역을 사용하는 차량과 공유하고, 차량의 향상된 이동성과 연비를 통해 시스템 전반의 이점을 극대화할 수 있습니다. 안전 대역이 제공하는 연결 없이는, 이러한 경제적, 안전 및 성능 이점을 얻을 수 없습니다.

차량 자동화와 V2X 통신을 통해 공중에서 공유되는 교통 신호 정보를 결합함으로써, FHWA는 차량이 신호에 접근할 때 일렬로 정렬하고 녹색불이 들어오면 조정된 방식으로 출발시켜서 정차 수를 감소시켜서 교통 시스템의 안전성과 효율성을 높일 수 있다는 것을 알았습니다. 이는 ITS JPO, FHWA, 커넥티드 자량 풀 펀드 연구(Connected Vehicle Pooled Fund Study)의 주 DOT 및 CAMP Consortium의 경차 OEM (Original Equipment Manufacturer) 간의 공동 협력 자동화 현장 테스트를 통해 입증되었습니다. TOSCo 결과는 다음을 입증합니다:

- 특히, 높은 시장 침투율에서 원활한 트래픽 흐름
- 전체 지역, 중지된 지역 및 총 이동 시간의 이동성 측면에서 네트워크 수준의 이점.

다음 단계는 텍사스 콘로(Conroe)에 있는 SH 105를 따라 이들 기술을 배치하는 것입니다.

협력적 자동화 트럭 군집화

FHWA는 V2X 통신을 통한 차량-대-차량 (V2V) 통신을 통합하는 군집화의 속도와 위치에 따라, 추적 거리 30-50 피트에서 7-10 %의 연료 절약 이점을 입증했습니다. 인적 요인 연구에 따르면 트럭 운전자는 다음 거리에서 편안함을 느낍니다. 안전 대역이 제공하는 연결 없이는, 이러한 경제적, 안전 및 성능 이점을 얻을 수 없습니다.

트럭 군집화 기술은 어댑티브 크루즈 컨트롤 시스템을 기반으로, 트럭의 브레이크와 가속페달을 자동으로 제어하여 트럭이 군집을 따라 밀착되도록 만듭니다. 트럭의 근접 추적은 공기 역학적 항력을 줄이고(예, NASCAR 운전자와 유사) 연료를 절약하며 배기 가스를 감소시킵니다. 최근 연구에 따르면 군집화 트럭의 연료 절감 추정치는 7 ~ 10 % 범위입니다. 트럭 군집화 기술은 오늘날의 트럭 안전 시스템(예, 자동 비상 제동 (AEB), 에어 디스크 브레이크 등)을 기반으로 하며, V2V 통신을 결합하여 더 빠른 반응 시간과 안전성 향상 가능성을 제공합니다. 트럭 사이의 거리가 가까울수록 고속도로의 공간을 절약할 수 있으므로 통행량이 많은 트럭 통로의 교통량을 늘릴 수 있습니다. 자동 브레이크 및 가속 제어를 통해, 트럭 운전자의 작업 부하가 줄어들어 트럭 운전자의 스트레스가 줄어 듭니다.¹⁷

16 보다 자세한 정보는 다음에서 확인할 수 있습니다. <https://highways.dot.gov/research/research-programs/operations/CARMA>

17 추가 정보는 다음에서 확인할 수 있습니다. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/ear/17045/index.cfm>.

또한, 협력적 어댑티브 크루즈 컨트롤과 결합된 차량 군집은 고속도로 용량을 두 배로 늘립니다. 시뮬레이션 및 모델링에서, FHWA는 V2X 통신이 80-100 % 포화 상태의 고속도로에서 차량 열 또는 군집이 도로의 성능과 효율성을 안전하게 두 배로 높일 수 있음을 보여주었습니다. 예를 들어, 군집 내에서 주행속도는 100% 기능 적용 시, 0.8초일 때와 주행속도가 1.3초일 때, 각 차선들은 시간 당 4200대를 넘는 차량을 수용할 수 있습니다.¹⁸

협력 자동화 통합 고속도로

연방고속도로국(FHWA)은 V2X 통신을 자동 제어 시스템과 결합하여 ADS (협력적 자율 주행 시스템) 기술을 만들어서 교통 인프라의 용량을 늘리고 안전을 개선하는데 대한 잠재적 가치를 인식하고 있습니다. ADS에는 동적 도로 상황을 탐색하는 성능 제한이 있습니다. FHWA는 연결 및 협력이 함께 ADS 성능 제한을 확장하여 교통 시스템의 성능과 안전을 개선할 수 있는 방법을 현장 테스트에서 시연했습니다.

협력 커뮤니케이션

SAE International은 업계 조직들의 참여로 현재 "도로 주행 차량에 대한 협력 주행 자동화와 관련한 용어 분류 및 정의 J3216"라는 프로젝트로 주행 자동화 및 도로 주행 차량에 적용되는 협력 커뮤니케이션을 정의하기 위한 표준 제정 노력에 참여하고 있습니다.¹⁹

SAE International의 설명에 따르면,

이 문서에서는 대상 차량과 다른 참가자들 간의 협력을 가능하게 하는 사물통신(M2M)에 대해 설명합니다. 이 협력은 주행 자동화 기능이 적용된 대상 차량에 대한 동적 운전 임무(DDT)의 수행을 지원하거나 가능하게 합니다. 다른 참여자들에는 운전 자동화 기능이 있는 다른 차량, 공유 도로 사용자 (예, 수동 작동 차량 또는 개인 장치) 또는 인프라 소유자 및 운영자(예, 교통 신호, 작업 구역)가 포함될 수 있습니다. 협력 주행 자동화(CDA)는 서로 근접한 여러 차량의 이동을 조정하여 교통 흐름을 개선하고/또는 도로 운영을 용이하게 하는 것을 목표로 합니다. 이는 예를 들어, 동적 주행 작업에(직 간접적으로) 영향을 미치는데 사용할 수 있는 정보를 공유함으로써 수행됩니다. 교통에 대한 여러 참가자와 관점들 간의 협력은 안전, 이동성, 상황 인식 및 운영을 향상시킬 수 있습니다.

협력 전략은 주어진 애플리케이션의 요구를 충족하는 방식으로 정보를 공유함으로써 가능할 수 있습니다. 요구는 지연, 전송 모드 (예, 단방향, 양방향), 범위, 개인정보, 정보 콘텐츠 및 품질과 같은 성능 특성으로 표현할 수 있습니다. 대상 차량과 다른 참가자간에 정보를 전달하기 위한 몇 가지 가능한 기술이 있습니다.

18 추가 정보는 다음에서 확인할 수 있습니다.

<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/19006/19006.pdf>.

19 Link for SAE J3216: <https://www.sae.org/standards/content/j3216/>

부속서 F 예비 테스트: 채널 외 간섭

1. 서론

미국 DOT가 FCC의 NPRM 초안에 대해 갖고 있는 우려를 알리기 위해, 미국 DOT는 새로운 규칙 제안의 결과를 조사하기 위해 실험을 했습니다. 특히, 작동중인 세 가지 매체(DSRC, LTE-CV2X 및 비-면허 Wi-Fi (UNII))의 성능을 인접 채널에 배치했을 때의 성능을 살펴보았습니다. 제안에는 UNII가 채널 177 (5850-5895MHz 통합), 채널 180내 DSRC (5895-5905MHz), 채널 183의 LTE-CV2X (5905-5925)까지 확장하도록 허용하는 것이 포함됩니다. 이 논문에서는 제안된 시나리오를 검토합니다.

2. 프로세스

여기에서 설명된 프로세스는 인접 채널 간섭의 가능성은 설명하는 것이 목적인입니다. 간섭 수준을 설정하려면 추가 테스트가 필요합니다. 세 가지 기술은 모두 실험실 환경에서 개별적으로 설정되었으며 송신기에서 수신기로 중요한 데이터를 전달할 수 있도록 구성되었습니다. 그림 1은 테스트 구성의 보여줍니다.

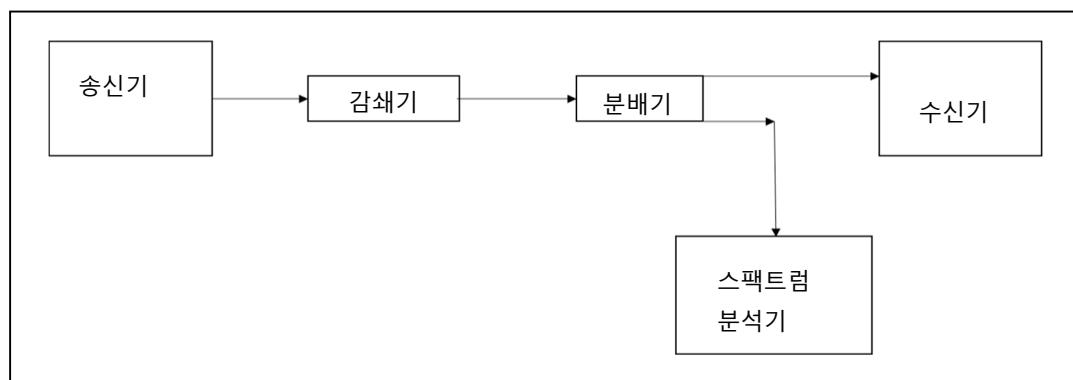


그림 1. 장비 구성

빠른 전환으로 인해, 이 예비 조사는 인접 채널의 배출에 중점을 두었습니다. 스펙트럼 분석기는 유사한 선도에서 세 가지 기술을 모두 비교하도록 설정되었습니다.

3. 스펙트럼 선도

5.9GHz 안전 대역 상단에서 시작하여, LTE C-V2X의 선도는 그림 2에 나타나 있습니다. 이것은 최대 유지 선도며 대역-외 방출 (OOBE)을 보여줍니다. 이 선도는 5915MHz와 50MHz의 범위를 중심으로 합니다. 메인 채널은 이 기술을 위해 지정된 20MHz에 있지만, OOBE는 상당한 에너지로 양쪽으로 20MHz를 추가로 확장하는 것을 볼 수 있습니다. 다시 말해서, 이 데이터는 인접 채널에 대한 잠재적인 간섭을 나타냅니다. 간섭 수준을 정량화하려면 더 많은 테스트가 필요합니다. 그림 3과 4는 DSRC 및 UNII 장치에 대한 유사한 선도입니다.

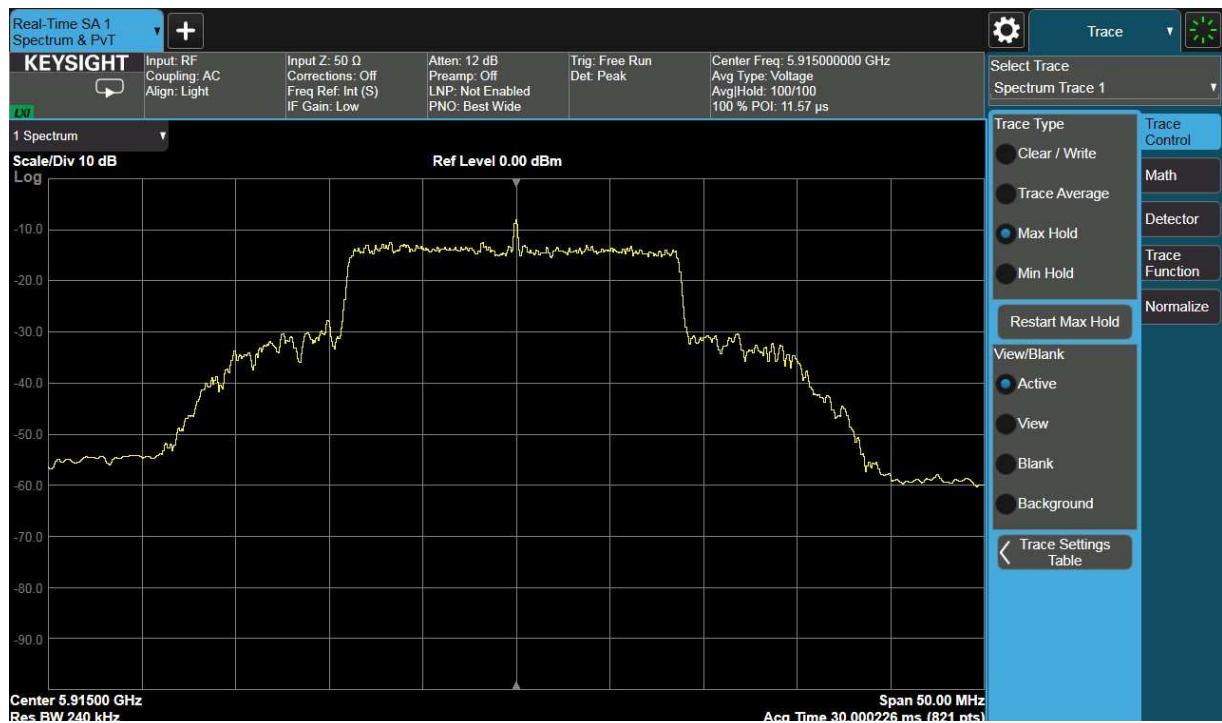


그림 2. LTE-V2X 스펙트럼 선도

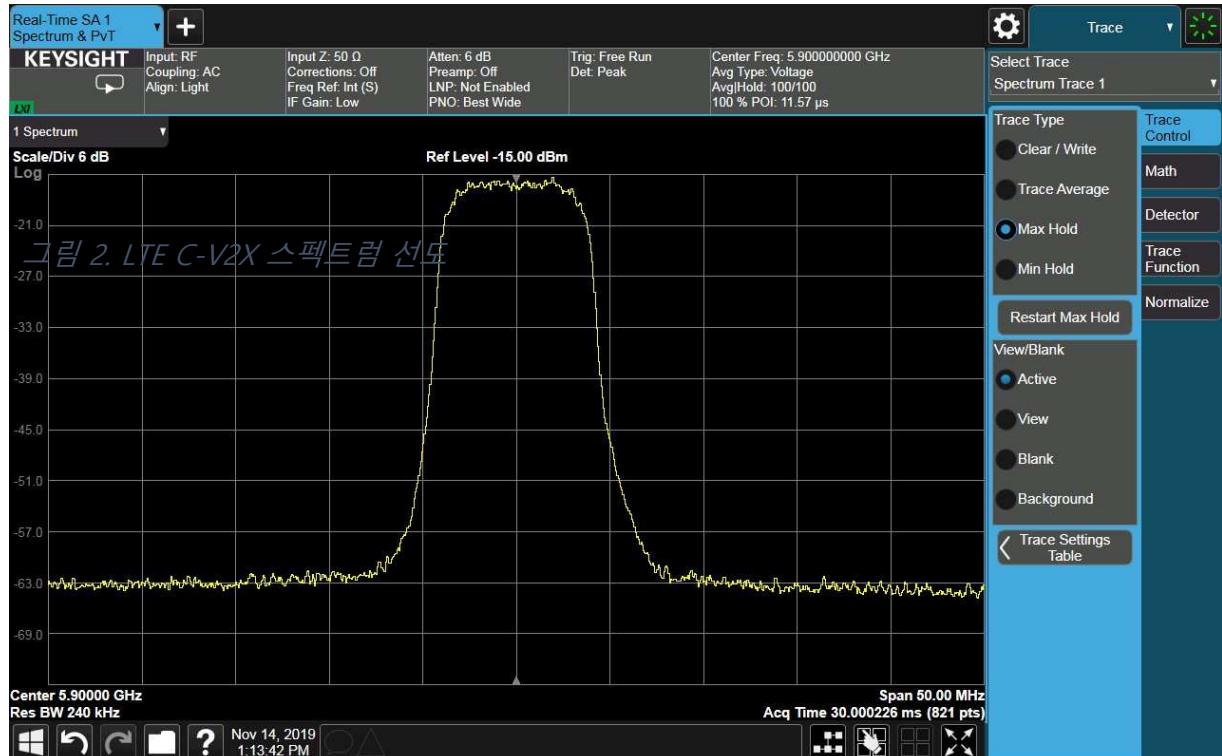


그림 3. DSRC 스펙트럼 선도

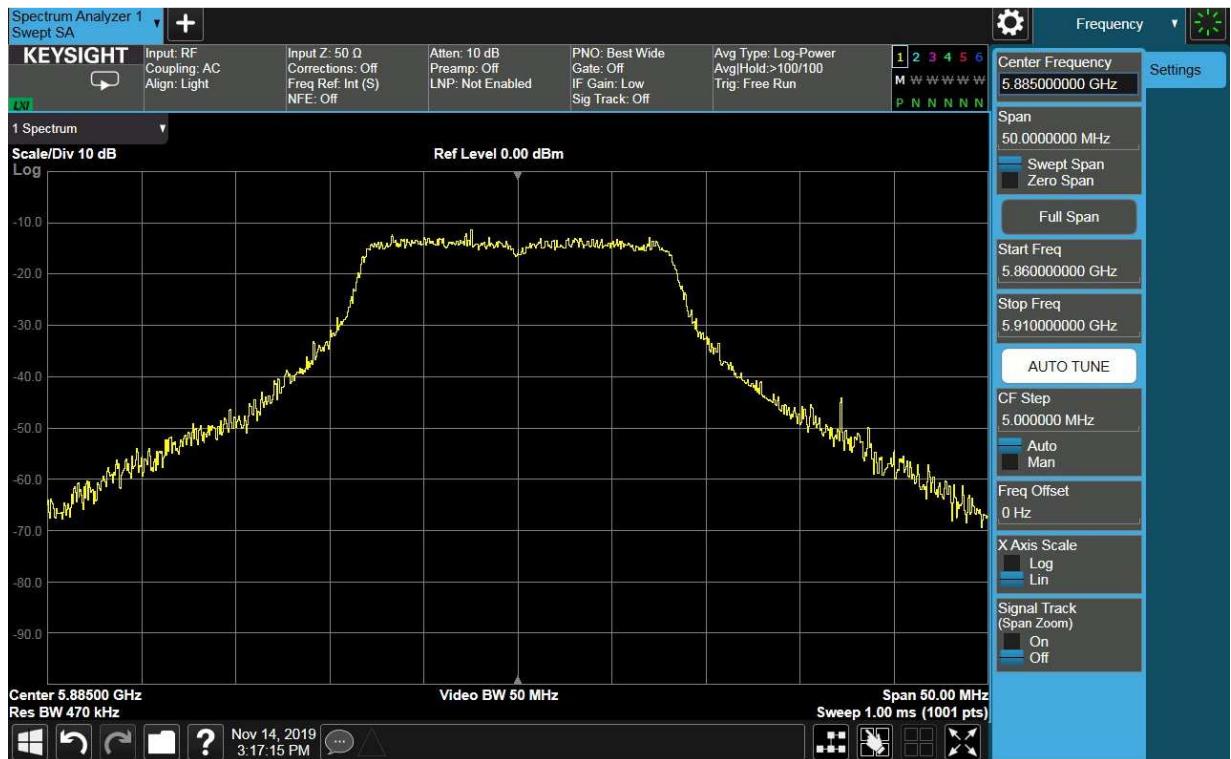


그림 4. UNII 스펙트럼 선도

이 그림 외에도, 5875 ~ 5925MHz 스펙트럼에서 "폭포" 모양 선도를 포착할 수 있었습니다. 다시 그림 5의 LTE C-V2X의 맨 위부터 시작하여, 차트의 위쪽 절반은 스펙트럼의 순간적인 캡처를 나타냅니다. 아래쪽 절반은 시간 경과에 따른 스펙트럼 사용 상태입니다. 색상 코딩은 대역의 좁은 양자화된 부분에서 dBm 단위의 에너지를 반영합니다. 빨간색은 약 -20dBm에서 가장 높은 전력을 나타냅니다. 진한 파란색은 대략 -72dBm에서 스펙트럼 분석기의 노이즈 층을 나타냅니다.

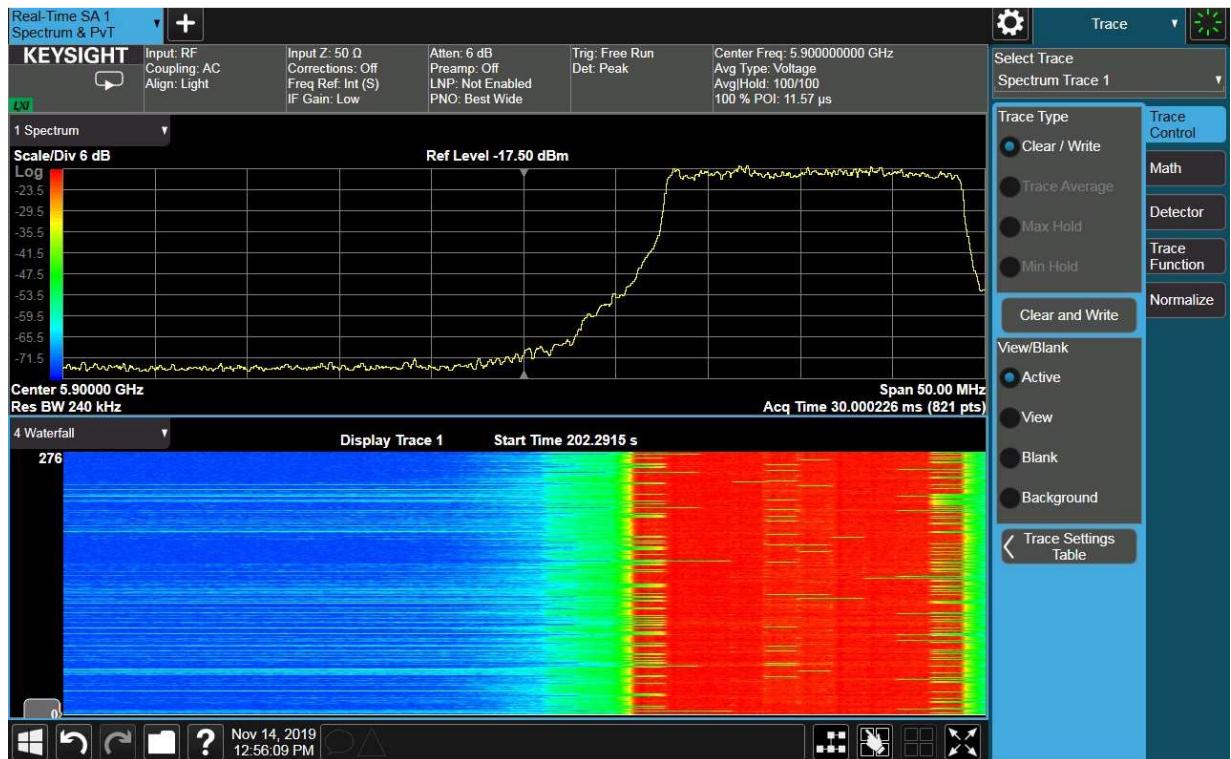


그림 5. 폭포모양 선도가 있는, 5875 ~ 5925MHz 스펙트럼의 LTE C-V2X

그림 6과 7은 DSRC 및 UNII에 대한 유사한 선도입니다.

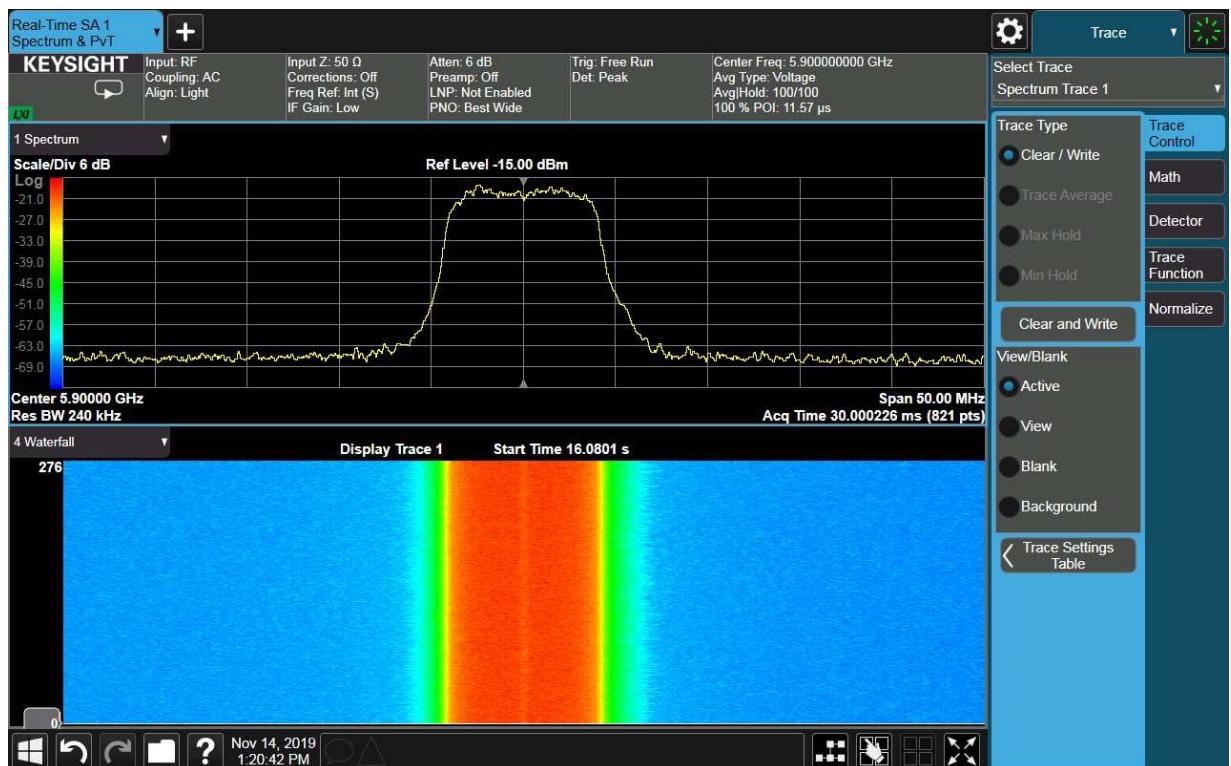


그림 6. 폭포모양 선도가 있는, 5875 ~ 5925MHz 스펙트럼의 DSRC

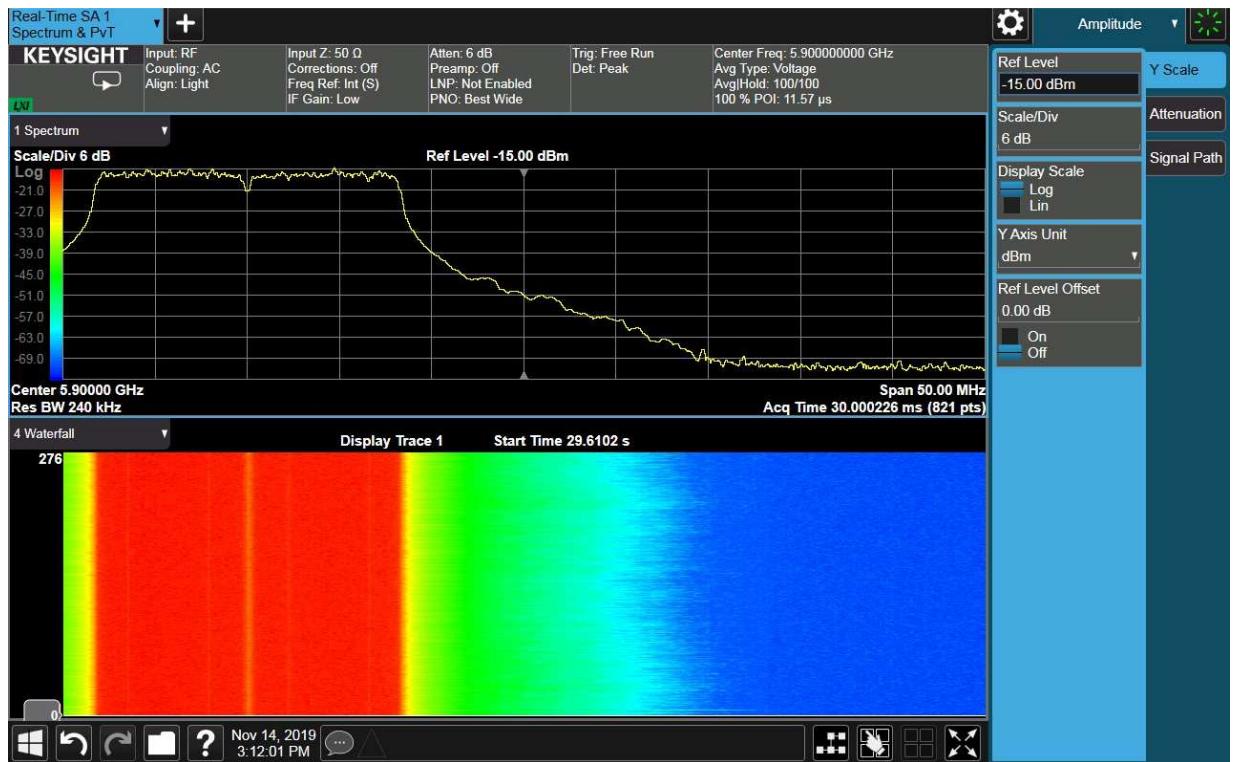


그림 7. 폭포모양 선도가 있는, 5875 ~ 5925MHz 스펙트럼의 UNII

세 가지 모두에서 에너지는 지정된 채널 외부로 확장됩니다.

- LTE-CV2X의 에너지는 17dB 낮지만, 인접 채널로 누출됩니다.
- UNII의 에너지는 20dB 낮지만, 인접 채널로 누출됩니다.
- DSRC의 에너지는 40dB 내려가면 인접 채널로 누출됩니다.

4. 결론:

한 장치에서 다른 장치로의 간섭 수준을 결정하기 위해 추가 테스트가 필요하지만, 간섭이 발생할 것이 분명하므로, 이 구성에서 V2X 통신의 신뢰성에 대한 의문이 제기됩니다. 높은 수준의 신뢰성이 없으면, 교통 안전에 영향을 미치게 됩니다. 이들 초안 결과는 또한 NPRM 초안에 설명된 바와 같이 규칙과 스펙트럼 분할이 서로 다양한 무선 서비스들 간에 상당한 인접 채널 간섭을 초래할 수 있으므로 재검토가 필요할 수 있음을 시사합니다.