

신호교차로에서 우회전교통류 운영방안

김영찬 · 권민영*

서울시립대학교 교통공학과

Right-Turn Traffic Operation at Signalized Intersections

KIM, Youngchan · KWON, Minyoung*

Department of Transportation Engineering, University of Seoul, Seoul 02504, Korea

*Corresponding author: alsdud8893@naver.com

Abstract

The purpose of this study is to analyze the current right-turn operation at signalized intersections and suggest appropriate right-turn operation strategy. From field investigation, right-turn signals have not only operated various type and shape, lacking of consistency, but also there was no clear regulations or standards. It could increase drivers' confusion and cause vehicle-to-pedestrian accidents. In order to improve pedestrian safety, there is urgent need to study the regulations and standards regarding to right-turn traffic control. This study suggests appropriate right-turn signal operation strategy. In case of permissive right-turn operation, it should be stated on regulations that red light means right-turn vehicles must stop temporarily at the stop line and then turn right. Necessary conditions for installing right-turn signal for protected operation are that there should have one or more exclusive right-turn lanes and right-turn signal face should contain the lenses with three-color arrow indication. In addition, we assort right-turn operation types as permissive, protected and protected/permissive right-turn and suggest specific signal operation strategy by the types.

Keywords: permissive right-turn, protected/permissive right-turn, protected right-turn, right-turn operation, right-turn signal

초록

본 연구의 목적은 국내 신호교차로에서의 우회전 운영에 관한 문제점을 분석하고, 적절한 우회전 운영 방안을 정립 및 제시하는데 있다. 현장 조사 결과 국내 우회전 전용 신호등은 다양한 종류 및 형태로 운영되고 있으며 관련 규정이나 기준도 명확하지 않다. 또한 우회전 신호등에서 사용하는 적색신호의 의미가 도로교통법 상에 명시된 적색 원형 등화의 의미에 위배되는 문제점이 있다. 이는 운전자에게 혼란을 줄 수 있고 이에 따른 사고 발생의 위험도 존재한다. 국내는 기존에 적신호시 우회전을 허용함으로써 우회전 운영에 관한 연구가 활발하게 이루어지지 않았으나 최근 우회전 교통류에 대한 제어의 필요성이 증가함에 따라 이에 관한 제도 및 운영 방안 정립이 필요하다. 본 연구에서는 우회전 운영과 관련한 기존 연구를 고찰하고 해외 여러 국가의 우회전 운영 관련 지침을 검토하여 국내 우회전 운영방안을 정립하고 제시한다. 우회전 비보호 운영시에는 적색 신호의 의미를 우회전 차량에 대하여 일단 정지 후 진행할 수 있도록 명시하는 것이 필요하다. 우회전 보호 운영을 위한 우회전 신호등 설치 시 우회전 전용차로가 하나 이상 확보된 경우에만 설치할 수 있도록 규정해야 한다. 기존 신호등과 우회전 신호등의 차별성을 위하여 삼색 화살표 신호등을 우회전 전용 신호등으로 사용할 것을 제안한다. 또한 우회전 운영방안을 비보호, 보호, 보호·비보호의 세 가지 유형으로 구분하여 각 유형별 구체적인 운영 방안을 제시한다.

J. Korean Soc. Transp.
Vol.35, No.1, pp.79-89, February 2017
<https://doi.org/10.7470/jkst.2017.35.1.079>
pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

주요어: 비보호 우회전, 보호/비보호 우회전, 보호 우회전, 우회전 운영, 우회전 신호등

서론

국내는 신호교차로에서 적신호시 우회전을 허용(RTOR, Right Turn On Red)하고 있다. 최근 우회전하는 차량과 보행자간의 사고 위험이나 차량 교통류와의 상충 문제 때문에 우회전 교통류에 대한 교통 제어의 필요성이 대두되고 있다. 2010년 교통선진화 방안으로 '우회전 전용신호등 운영방안'을 제시하고 우회전 신호제어가 필요한 일부 교차로에 우회전 신호등을 설치하여 적신호시 우회전을 금지하는 우회전 보호 운영을 하고 있다.

교차로의 차량 우회전은 횡단하는 보행자와 상충되어, 차대보행사고와 직접적으로 연관된다. 국내는 우회전 운영과 관련한 규정이나 지침 등이 명확하지 않아, 운영 상 여러 가지 문제점들을 가지고 있다. 우회전 전용 신호등 없이 우회전을 허용하는 일반 신호교차로에서 도로교통법상 차량이 우회전하기 전에 일시 정지하여야 된다는 규정이 없으므로 우회전 차량이 별도의 제어 없이 회전하게 되고 이에 따라 보행자의 상충위험이 커질 수 있다. 또한 우회전 전용 신호등이 운영되고 있는 경우에도 신호교차로마다 우회전 전용 신호등의 형태 및 운영 방식이 각기 달라 운전자에게 혼란을 주고 있는 실정이다.

우회전 운영에 관한 일관된 기준이 없고 우회전 전용 신호등도 교차로마다 상이하게 운영되고 있어 이는 교통 소통 및 안전에 악영향을 줄 수 있다. 국내 우회전 교통류를 보다 안전하고 원활하게 소통시키기 위하여 우회전에 관한 총괄적인 운영 방안의 정립 필요성이 있다. 본 연구는 우회전의 안전하고 효율적인 처리방안을 모색하기 위하여 국내외의 관련 규정 및 기존 연구를 고찰하고 국내 우회전 운영 현황을 분석하였다. 이를 토대로 우회전 운영 방안을 유형별로 정리하여 제시하고자 한다.

기존문헌고찰

1. 우회전 관련 규정 고찰

우회전 운영과 관련된 국내·외 지침을 고찰하였다. 먼저 우리나라는 적신호시 우회전(RTOR, Right Turn On Red)을 허용하고 있다. 일반적으로 우회전 신호등을 설치하지 않고 필요에 따라 우회전 전용 신호등을 설치하여 우회전을 선별적으로 제어하고 있다. 도로교통법에서는 적색 등화의 의미를 '차마는 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지하여야 한다. 다만, 신호에 따라 진행하는 다른 차마의 교통을 방해하지 아니하고 우회전할 수 있다.'로 규정하고 있다. 이는 우회전의 경우에 일시 정지 없이 회전 및 진행이 가능함을 의미하여 차량이나 보행자와의 상충 위험을 가중시킬 수 있다. 또한 삼색원형등화 우회전 신호등의 적색신호의 의미와 혼재되어 이중적인 의미를 나타내고 이는 운전자의 혼란을 초래하게 된다.

반면 적색 화살표 등화의 의미는 '화살표시 방향으로 진행하려는 차마는 정지선, 횡단보도 및 교차로의 직전에서 정지하여야 한다.'로 규정된다. 이를 적색 등화의 의미와 비교해보면 적색 등화는 우회전을 허용하고, 적색 화살표 등화는 우회전을 금지한다는 차이점이 있으므로 이를 구분하여 사용할 필요가 있다. 국내의 지침에서는 이 외에 우회전 운영과 관련된 규정은 별도로 마련되어 있지 않은 실정이다.

미국은 적신호시 우회전을 허용하는 국가이다. 미국의 교통 제어 지침인 MUTCD(Manual on Uniform Traffic Control Devices, 2009)에서는 우회전 신호등을 우회전 전용 차로가 확보되어 있는 곳에 설치하고 우회전 신호가 필요한 경우 우회전 전용신호등을 우회전 전용 차로 위에 설치하도록 지침 상에 규정하고 있다. 또한 우회전 신호운영 시 교차방향 직진, 대향 좌회전, 진행방향 유턴을 고려해야 함을 명시한다. 지침에서는 우회전 교통류 운영방안을 비보호, 보호, 보호·비보호의 세 가지로 구분하고 차로 유형, 신호등 형태에 따른 운영방안을 구체적으로 제시한다. 우회전을 보호·비보호로 운영하는 경우의 비보호 운영시에는 신호등을 황색 점멸 등화하여 표출하도록 하고 있다.

미국의 신호 설계 지침인 Traffic Signal Timing Manual(2008)에서는 보행신호가 있는 신호교차로의 경우 우회

전을 보호·비보호 형태로 운영하며 비보호 우회전 운영은 인접 직진 차량현시동안 이루어지고 보호 우회전 운영은 교차방향 직진과 대향 좌회전 현시동안 허용함을 규정한다.

호주의 신호 설계 지침인 Guide to Traffic Engineering Practice Series 7(2003)은 신호 운영 형태에 따른 다양한 신호등의 종류를 소개하고 신호 운영 방식에 따른 신호등의 등화 형태를 제시한다. 우회전 운영과 관련한 신호등으로는 우회전 운영 형태에 따라 기존 3색 원형 신호등에 3색 우회전 화살표 신호를 추가하여 4-6구 형태의 다양한 신호등을 사용함을 나타낸다. 호주에서는 기본적으로 적신호시 우회전을 금지하며 이를 허용하는 경우는 표지판으로 알려준다. 표지판으로 적신호시 우회전을 허용하는 경우는 일단 정지하고, 상층 교통량이 없을 때 교통류에 유의하여 진행할 수 있다고 규정한다. 호주에서는 일반적으로 우회전 신호등을 설치하지 않으나 우회전 교통량이 많은 곳, 기하구조로 인해 우회전 교통량의 속도가 높거나 보행자에 대한 시인성이 부족한 곳에 설치하도록 하고 있다.

우회전 신호 운영과 관련한 부분에서는 보행자 횡단시간이나 현시전이시간동안 우회전 이동류를 금지하기 위해 우회전 적색 화살표가 포함된 4구, 적색 화살표와 황색화살표가 포함된 5구 신호등을 제시한다. 차량이나 보행자 교통류와의 상충이 없을 때 우회전 진행을 허용함을 표시할 수 있는 우회전 녹색 화살표가 포함된 4구, 녹색 화살표와 황색 화살표가 포함된 5구 신호등을 제시한다. 우회전 적색 화살표는 우회전 교통류나 상층 교통류가 반드시 보호될 때 켜져야 하며, 우회전 황색 화살표는 녹색 화살표 등화 후에 등화, 녹색 화살표는 오직 상층 교통류가 없을 때만 등화가 허용된다.

일본은 적색신호시 우회전을 금지하는 국가이다. 일본의 교통신호제어지침인 Manual on Traffic Signal Control에서는 우회전 전용차로가 설치되어 있는 교차로에 한정해서 우회전 전용 신호를 설치할 수 있음을 규정한다. 우회전 교통 처리 효율이 낮은 경우나 보행자의 안전도가 낮은 교차로에 별도의 우회전 현시를 부여하는데 교차방향 좌회전과 같은 우회전과 상충이 없는 현시가 움직일 때는 우회전 현시를 보호로 운영하고 보행 신호가 있을 시에는 양보 후 비보호로 운영함을 제시한다.

독일은 적색신호시 우회전을 금지하는 국가이다. 독일의 교통신호시설 지침 RiLSA : Richtlinien für Lichtsignalanlage(2010)에서는 교통섬이 없는 교차로에서 우회전 차량을 위한 신호등을 운영 할 때 우회전 전용차로가 별도로 확보된 교차로에 2단의 화살표 신호등(황,녹)을 설치하여 ‘흑-녹-황-흑’의 표출 순서로 운영되도록 하고 있다. 또한 신호등의 녹색 화살표는 상층되는 교통류가 모두 금지될 경우에만 표시될 수 있다. 간혹 대향 좌회전 교통류가 존재하지 않을 경우에는 녹색 화살표 신호만 있는 신호등을 설치하여 ‘흑-녹-흑’의 표출 순서로 운영하기도 한다. 교통섬이 있는 교차로에서는 우회전 교통류에게 횡단하는 보행자에 대한 주의를 제고시키기 위하여 1단의 보조신호등(황색점멸등)을 설치하여 운영하도록 한다. 또한 보행자의 안전을 위하여 우회전 교통량의 진행을 제어할 필요가 있는 경우에는 ‘흑-황-적-흑’의 신호순서를 갖는 2단의 화살표 신호등(적,황)을 설치할 수 있다. 3단의 우회전 전용 신호는 우회전 전용차로가 2차로 이상인 경우, 원활한 우회전 곡선 반경이 필요한 경우, 우회전 차량에 대한 시인성이 불량하거나 보행자와 자전거 교통류가 많은 경우에 설치하도록 한다.

해외의 우회전 신호 운영 형태를 종합해보면 우회전 신호등이 없는 경우에는 일단 정지 후 우회전을 하도록 규정하고 있다. 우회전 전용 신호 운영이 필요한 경우에는 공통적으로 화살표 우회전 신호등을 사용하며 우회전 전용차로가 있는 경우에만 설치를 허용하도록 한다. 신호 운영 측면에서는 첫 번째 보행자에 대한 보호가 필요한 교차로의 경우에 우회전 적색 화살표를 이용하여 우회전 진행 금지만을 표출하는 신호등이 있다. 다음으로 상층 교통류의 진행시간에 대해서만 우회전 교통류의 진행을 금지하고 녹색 화살표 운영으로 우회전 진행이 가능한 상황을 표출하는 신호등이 있다. 보호·비보호 운영시 우회전 비보호를 나타내는 신호 표출 방법은 미국의 경우는 황색 점멸, 호주와 독일의 경우는 소등하는 것으로 나타낸다.

2. 관련연구고찰

Road Traffic Authority(2010)의 연구보고서에서는 우회전 전용신호등 도입을 통해 선별적으로 적신호시 우회전을 제한하는 연구를 수행하였다. 국내에 도입될 우회전 전용신호등의 최적 설치 및 운영방안을 제시한다. 우회전

전용 신호등으로 3색 화살표 표시등을 제안하며 우회전 신호 운영 시 상충할 수 있는 교통류를 교차방향 직진 신호 시, 반대 방향 좌회전 시, 보행 신호 시로 구분하고 각 교통류에 대한 설치 준거 및 운영방안을 제시한다.

The Seoul Institute(2015)는 교통섬 및 우회전 전용 신호 운영의 효율성을 평가할 수 있는 공학적 분석체계를 제시한다. 이를 도심 보행자 교통섬과 일반 신호교차로에 적용하여 신호교차로에서 보행권을 확보할 수 있는 교통운영 개선방안을 제시하는 연구를 수행하였다. 보행 통행권을 확보하기 위한 우회전 전용신호 운영을 검토하였으며 이에 따른 효과를 분석하였다. 결과로 횡단 보행량이 200명/시 이하인 경우, 우회전 교통량에 관계없이 기존 운영방식이 효율적인 것으로 분석되었으나 그 이외의 대부분의 경우는 우회전 전용신호를 운영하는 것이 유리한 것으로 분석되었다. 이를 도심에서 RTOR로 운영 중인 9개 교차로에 적용한 결과 2개를 제외한 7개 교차로가 우회전 전용신호등을 설치하는 것이 타당하다고 분석하였다.

Lee(2015)는 교차로 신호에 대한 국내외 관련 규정을 살펴보고 국내에 설치된 우회전 보조신호등의 설치 현황과 문제점에 대해 분석한다. 일관성 없는 보조 신호등의 사용 및 운전자의 혼돈을 야기시킬 수 있는 신호 운영, 도로교통법의 규정에 부적합한 신호의 사용 등을 문제점으로 제시한다. 이에 대한 개선 방안으로 도로교통법에 적신호시에는 반드시 일시 정지 후 진행 할 것을 규정에 명시할 필요가 있으며 우회전 보조신호등을 설치하고자 한다면 운전자에게 명확한 신호전달을 위해 화살표 삼색등을 우회전 차량보조등으로 사용할 것을 제안한다.

Lim(2013)은 국내에서 운영되고 있는 RTOR 운영 교차로에서 선별적으로 우회전을 제한하고자 할 때에 NTOR 운영이 실현 가능한 교차로를 파악하고 교차로 유형 및 교통량 수준에 따른 교차로 운영방법을 제안한다. 교차로 유형은 교통섬 유무, 우회전 전용차로 유무에 따라 4가지로 구분하였다. 분석 결과 우회전 전용차로가 존재하지 않는 경우는 NTOR 시행 시 우회전 지체도가 심각해지므로 이를 지양해야 하며 교통섬이 없는 경우는 급격히 우회해야 하므로 교차형 상충으로 인한 사고 위험성이 크므로 NTOR 시행시 상충이 확연히 감소하는 것으로 분석되었다.

Yoon(2006)은 신호교차로 내 우회전 보조신호등의 명확한 설치 기준과 타당성에 관한 기준이 없으므로 보조신호등 설치 유무에 따른 비교분석을 통하여 설치 타당성을 검토하였다. 조사 자료의 통계적 분석 결과 보조신호등 설치 전·후 차량 대 차량의 상충은 5% 유의수준에서 없는 것으로 나타났으며 현장조사 결과 보조 신호등의 유무가 차량의 속도 변화에 영향을 미치지 않아 우회전 보조신호등의 효과는 없는 것으로 판단되었다.

Du(2015)는 우회전 보호·비보호 운영시 보호 현시가 보행자나 자전거 교통량이 적을 경우에 우회전 교통류의 용량을 줄어든게 할 수 있는 점을 지적하였다. 이에따라 보호 현시로 인해 야기되는 우회전 차량의 용량 감소를 최소화 할 수 있는 적절한 보호·비보호 우회전 운영을 선택하는 기법을 제안한다. 연구 결과 새로운 보호·비보호 운영 기법이 기존의 보호·비보호 운영 보다 우회전 용량을 증가시키고 보행자 또는 자전거와 차량의 상충 위험을 낮출 수 있는 것으로 나타났다.

Ling(2013)은 적색시 우회전 허용(RTOR) 제어와 보호·비보호(PPRT)제어의 두 가지 우회전 운영 방안에서의 우회전 차량과 보행자의 상충을 비교 분석 하였다. 그 결과 PPRT로 운영하는 교차로가 RTOR보다 보행자에게 양보하는 비율이 높고 보다 안전한 것으로 분석되었다.

3. 기존 연구와의 차별성

우회전 운영 관련 국내 및 국외 지침과 기존 연구를 고찰 하였다. 국외에는 우회전 운영과 관련한 규정들이 상세하게 마련되어있으며 관련 연구도 활발히 진행되고 있는 것에 비해 국내에는 명확한 규정이나 설치 기준이 없다. 우회전 신호 운영과 관련된 연구 또한 활발하게 이루어지지 않았다. 국내에는 우회전 운영에 관하여 RTOR이 허용되어 왔으며 이에 따라 우회전 교통류 제어에 관련된 제도 및 운영 방안에 관한 정립이 미비한 것이 사실이다. 하지만 보행자 및 차량과의 안전 등과 밀접하게 관련되어 있는 우회전 운영에 관한 규정 및 운영 방안 정립은 필요하다고 할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 신호교차로에서의 우회전 운영 현황을 살펴보고 부적절한 우회전 운영의 문제점 지적 및 개선사항을 제시하고자 한다. 또한 국내 상황에 맞는 신호교차로에서의 우회전 운영을 우회전 전용 신

호등의 유무, 우회전 신호 운영 형태 등에 따라 유형별로 분류하고 각 유형에 따른 운영 방안을 제시하고자 한다.

국내 우회전 신호등 운영 현황 및 문제점

2010년 교통운영 선진화 사업 이후 국내에 우회전 신호등이 설치되기 시작했으며 현재 국내 다수 교차로에 우회전 전용 신호등이 운영 중이다. 서울시 내 우회전 신호등 운영 현황 조사 결과 교차로마다 신호등의 형태 및 운영 방안이 일관성 없어, 부적절한 우회전 운영이 이루어지는 교차로도 다수 존재했다. 국내 우회전 신호등 운영 현황 및 문제점은 다음과 같다.

1. 우회전 신호등 종류 및 형태

국내에서 운영되고 있는 우회전 신호등의 종류 및 형태는 일관성 없이 다양한 모습으로 설치되어 있다. 설치된 우회전 신호등의 종류는 크게 주신호등만 설치된 경우, 주신호등과 보조신호등이 함께 설치된 경우, 보조신호등만 설치된 경우로 구분된다.

주신호등만 설치된 경우의 신호등 형태는 우회전 전용차로나 직진·우회전 공용 차로에 설치된 경우 Figure 1(a)와 같이 삼색원형신호등의 우측에 녹색 화살표가 추가된 형태가 많이 사용되고 있다. 교통섬으로 도류화된 차로에 설치된 경우에는 Figure 1(b)와 같이 대부분 삼색 원형 신호등이 사용되고 있다. 또한 Figure 1(c)와 같은 삼지 교차로의 경우에는 삼색원형 신호등에서 녹색 원형 대신 녹색 화살표가 있는 형태의 신호등이 사용되고 있다.

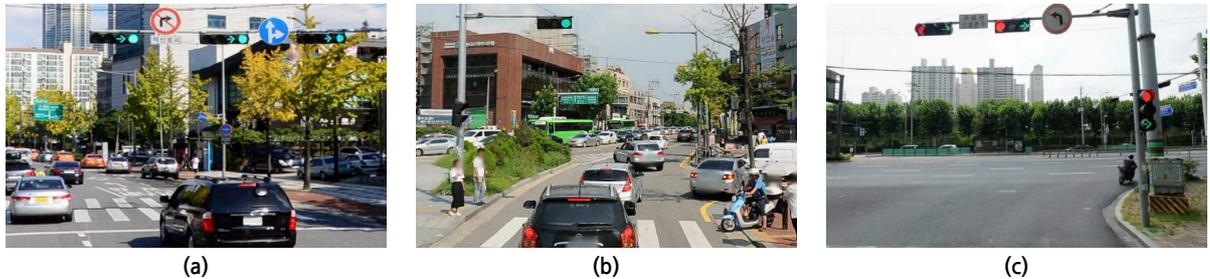


Figure 1. Examples of parallel type right-turn signals

보조신호등만 설치된 경우는 신호등의 형태가 다양하게 사용되고 있다. Figure 2(a)와 같이 삼색원형 신호등이나 Figure 2(b)와 같이 삼색원형 신호등에서 녹색 원형 대신 녹색 화살표가 있는 신호등이 설치되어 있다. 일부 교차로에서는 이색 원형 신호등이 설치되어 있는데 녹색과 적색 원형으로 구성되어 있는 경우(Figure 3(a)), 적색 원형과 녹색 화살표 신호로 구성되어 있는 경우(Figure 3(b)), 황색 원형만 2개가 있어 점멸되어 운영되는 경우(Figure 3(c)) 등 종류가 다양하다.



Figure 2. Examples of vertical type right turn signals with three lenses

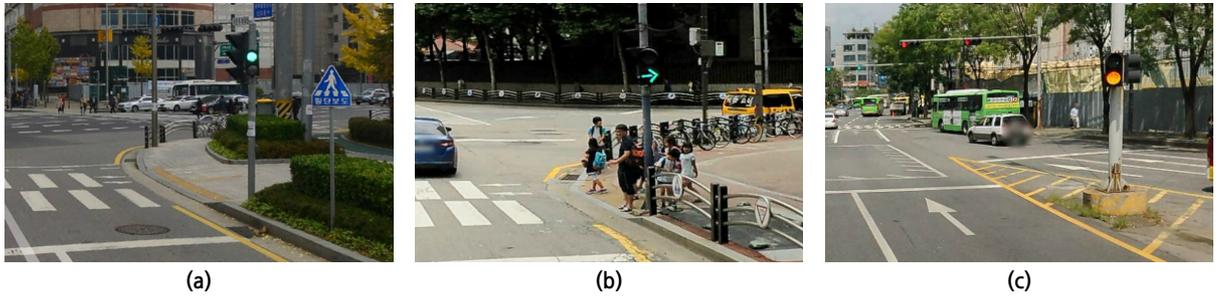


Figure 3. Examples of vertical type right-turn signal with two lenses

주신호등과 보조신호등이 함께 설치되어 있는 경우에는 우회전 전용 주신호등과 보조신호등의 형태가 혼재되어 설치되어 있다. 도로교통법 상의 보조신호등의 설치 기준은 ‘주신호등을 보조하기 위해 도로 측면에 설치할 수 있으며 필요한 경우 도로중앙에도 설치할 수 있다’고 규정되어 있다. 하지만 현재 주신호등과 보조신호등이 함께 설치되어 있는 교차로의 경우 Figure 4(a)와 같이 두 신호등의 등화 형태가 같은 경우도 있지만 Figure 4(b)와 같이 다른 경우도 다수 존재하여 이는 운전자의 혼란을 초래할 수 있다. 또한 Figure 4(c)와 같이 주신호등과 보조신호등의 형태가 다른 교차로도 존재한다.

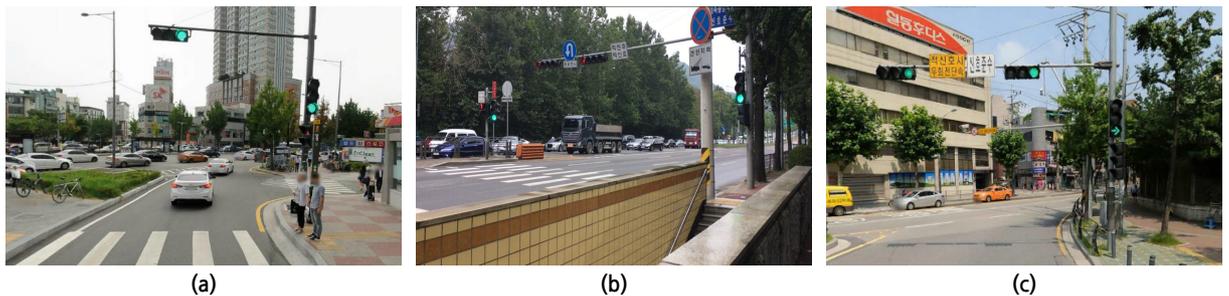


Figure 4. Examples of combined use of vertical type and parallel type right-turn signal

이와 같이 형태의 일관성이 없고 등화 형태도 각기 다른 우회전 신호등의 운영은 우회전 신호가 익숙하지 않은 운전자에게 혼란을 야기시킨다. 또한 현재 운영되고 있는 우회전 신호를 무시하는 차량이 대다수인 실정이다. 이와 관련한 우회전 운영 방안의 개선이 필요하다.

2. 우회전 차로 형태

우회전 신호등이 설치되는 곳은 크게 비도류화 교차로, 도류화 교차로, 삼지교차로로 구분할 수 있다. 국내우회전 신호가 설치된 곳은 일반적으로 도류화가 되어있는 교차로나 삼지교차로가 대다수이며 특성상 우회전 전용차로가 설치되어 있다. 또한 도류화 되지 않은 교차로의 경우도 대부분 우회전 전용차로가 있는 경우에 우회전 신호등이 운영되고 있다. 하지만 일부 교차로에서는 우회전 전용 차로 없이 직진·우회전 공용차로만 있는 경우에도 우회전 신호등이 설치되어 운영되고 있는 사례가 존재한다. 우회전 전용차로가 없는 교차로에 우회전 신호등을 운영하는 경우 우회전 차량의 대기행렬로 인하여 직진 차량의 진행을 방해하고 지체를 야기시킬 수 있다. 또한 해외의 경우에도 우회전 전용 차로가 하나 이상 있는 경우에만 우회전 신호등을 설치할 수 있도록 규정하고 있다.

3. 우회전 신호 등화 형태

우회전 신호의 등화 형태는 보행자 신호등과 연동되어 운영되는 경우와 우회전 차량 신호등으로 운영되는 경우가 있다. 이 중 보행자 신호와 연동되는 경우는 보행자 녹색신호가 켜지면 우회전 신호가 적색으로 켜지게 된다. 이는 우회전 신호등이 단순히 차량에게 보행자 녹색 신호 등화를 경고하는 역할로 사용되는 것이다. 이와 같은 경우에 보조신호등이 삼색 원형 신호로 운영되면 문제점이 발생한다. 우회전 신호등의 적색 원형신호는 우회전 금지를 위해 등화되는 것에 반해 국내 도로교통법상 적색 등화의 의미는 우회전의 경우에는 다른 교통을 방해하지 않고 진행할 수 있다고 규정하는 것과 의미가 상반되어 사용되고 있다.

또한 이와 비슷한 사례로 이단보행신호가 설치되어 있는 교차로의 경우 보행 교통의 진행을 차량에게 경고하기 위하여 보조신호등을 설치한 곳이 많다. 하지만 보행자 신호등이 녹색일 때 보조신호등이 적색이 되도록 운영되고 있어 Figure 4(b)의 경우처럼 보조신호등과 주신호등의 신호가 각기 달리 운영된다. 이러한 경우는 보조신호등의 잘못된 운영 사례에 해당하며 차량의 입장에서 주신호등과 보조신호등 중 어떤 신호를 따라야할지 혼돈을 초래할 수 있어, 시정되어야 한다.

우회전 운영방안 제시

앞서 국내 우회전 신호등 설치 현황 분석 결과 일관성과 관련 설치 규정 없이 교차로마다 다양한 형태와 현시로 운영되고 있었다. 일반적이지 못한 형태의 우회전 신호 운영으로 운전자의 혼란을 야기할 가능성이 있는 교차로도 다수 존재했다. 이에 따라 우회전 운영에 관한 유형을 구분하고 각 유형별 우회전 운영 방안의 정립의 필요성이 있으며 이를 제시하고자 한다.

선행 연구에서도 제안되었으며 해외 지침에서 공통적으로 명시하고 있는 부분에 대해 국내에서도 관련 규정의 정립이 필요하다. 우선 우회전 신호등의 형태를 삼색 화살표 신호등으로 운영하는 것이 필요하다. 삼색 화살표 신호등으로 운영 시 기존 도로교통법에서 규정하는 적색 원형 등화의 의미와 위배되는 부분, 직진을 의미하는 녹색 신호와 의미가 중복되는 부분의 문제점을 해결할 수 있다. 또한 우회전 신호등에 익숙하지 않은 운전자들에게 우회전 전용 신호등의 운영을 명확하게 전달할 수 있으며 이에 따라 혼란을 방지할 수 있다.

국내 규정상에 우회전 차로가 있는 곳에만 우회전 전용 신호등을 설치하도록 하는 규정이 없으므로 이를 추가 명시하여 그렇지 못한 경우에는 우회전 신호등의 설치를 제한하는 방안이 필요하다. 우회전 전용 신호등 설치 유무, 우회전 전용 차로 유무에 따라 우회전 운영의 유형을 Table 1과 같이 보호 운영, 비보호 운영, 보호·비보호 운영으로 구분하였다. 이에 따라 각 유형별 운영 방안을 제시하고자 한다.

Table 1. Classification of right-turn operation

		Classification		
Exclusive right-turn signal		X		O
Exclusive right-turn lane	O		X	O
Right-turn operation type		Permissive	Protected	Protected/permissive

1. 우회전 신호등이 없는 경우

우회전 전용 신호등이 없는 경우는 우회전 전용차로가 있는 경우와 없는 경우로 구분된다. 우회전 신호등을 설치하지 않고 적신호시 우회전을 허용하는 비보호 운영의 경우에는 보행자의 안전을 위하여 우회전 차량은 정지선에서 일단 정지 후 진행할 것을 규정 상에 명시 할 필요가 있다. 구체적인 우회전 비보호 운영 방안은 Table 2와 같이 직진

신호가 녹색이고 보행자 신호가 적색일 때 우회전이 가능한 상황을 제외한 모든 경우에 직진 신호가 적색이라도 우회전 차량이 다른 차마의 통행을 주의하면서 일단 정지 후 진행할 수 있다. Figure 5는 4현시 상황을 가정하여 비보호 운영의 상황을 그림으로 표현한 것이다. 현시 1B의 우회전 진행이 가능한 경우를 제외하고 나머지 현시에서 모두 일시정지 후 진행할 수 있는 비보호 운영을 한다.

Table 2. Permissive right-turn operation

Vehicle signal	Pedestrian signal	Operation strategy
GREEN	GREEN	Permissive right-turn operation
	FLASHING GREEN	(must stop temporarily and then right-turn)
	RED	Permissive right-turn
RED	RED	Permissive right-turn operation (must stop temporarily and then right-turn)

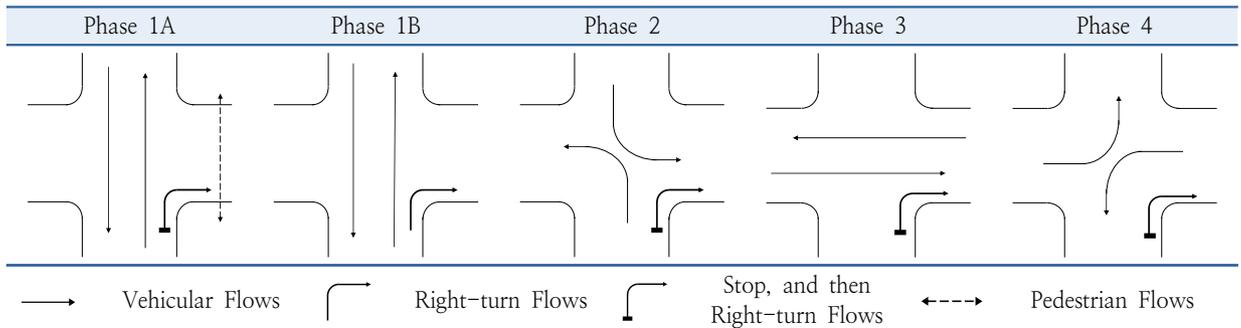


Figure 5. Permissive right-turn operation strategy

2. 우회전 신호등이 있는 경우

국내 일부 교차로에서는 우회전 전용차로가 없는 곳에도 우회전 전용 신호등을 설치하여 운영하고 있다. 하지만 이와 같은 경우 우회전 대기차량으로 인한 직진 및 좌회전 차량 진행의 지체 발생을 야기할 수 있다. 또한 해외 다수의 국가에서도 우회전 전용 신호등 설치 시 우회전 전용차로를 1차로 이상 설치하도록 규정한다. 따라서 본 연구에서도 Table 1과 같이 우회전 전용차로가 있는 경우에만 우회전 신호등을 설치하도록 우회전 운영 유형을 구분하였다.

우회전 차량을 신호등으로 제어하는 경우는 크게 보호 운영과 보호·비보호 운영으로 구분할 수 있다. 보호운영의 경우 우회전 차량은 신호등이 녹색 화살표 등화 할 때만 진행할 수 있다. 또한 적색 화살표 등화로 우회전 진행을 금지한다. 보호·비보호 우회전 운영은 우회전 차량에게 녹색 화살표 등화를 하여 진행하도록 하는 보호 운영과, 신호등이 소등되는 경우에 정지선에서 일단 정지 후 주변 교통을 주의하여 진행 할 수 있는 비보호 운영을 결합한 것이다. 우회전 신호등이 있는 경우의 구체적인 우회전 신호등 운영 방안을 다음과 같이 제시한다.

1) 보호 운영

우회전 신호등이 있는 경우 중 보호 운영시에는 우회전 차량에게 진행 가능한 우회전 신호만 주게된다. 이 경우 우회전 차량은 신호등의 우회전 녹색 화살표가 등화되었을 때만 진행 가능하며 그 이외의 우회전 교통류와 상충 가능성이 있는 현시에는 적색 화살표 신호에 따라 정지하여야 한다. 우회전 보호 운영은 우회전 차량과 보행자, 다른 방향의 차량과의 상충이 빈번하게 발생하여 우회전 사고의 위험이 높은 교차로에 적합하다. 또한 우회전 전용차로가 반드시 1차로 이상 설치되어 있어야 한다.

우회전 보호 운영시 신호등 운영 방안은 Table 3과 같다. 보행자 신호가 적색이고 우회전 차량과 상충되는 교통류가 없을 때 우회전 녹색 화살표가 등화되는 경우에만 우회전 차량의 진행이 가능하다. Figure 6은 우회전 보호 운영 예시를 나타낸 그림이다. 우회전 차량은 현시 1B와 4의 녹색 화살표 신호가 등화 될 때만 진행 가능하다. 또한 현시 1A와 2,3의 경우처럼 상충 교통류가 있는 모든 경우에 적색 화살표 신호가 등화되며 우회전 차량은 진행할 수 없다.

Table 3. Protected right-turn signal operation

Vehicle signal	Pedestrian signal	Right-turn light	Operation strategy
GREEN	GREEN	RED ARROW	Stop
	FLASHING GREEN	RED ARROW	
	RED	GREEN ARROW	Protected right-turn operation
RED	RED	GREEN ARROW	Protected right-turn operation
	RED	RED ARROW	Stop

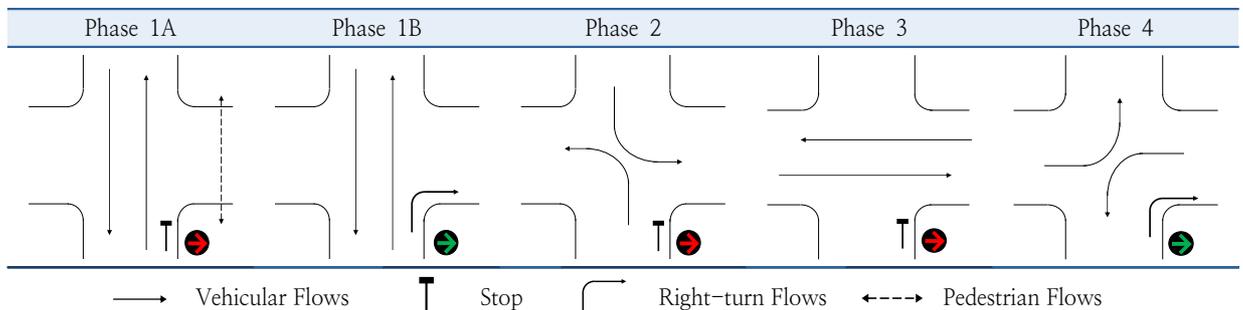


Figure 6. Protected right-turn operation strategy

2) 보호·비보호 운영

우회전 신호를 보호로만 운영할 경우에는 우회전 차량의 진행 가능한 시간이 짧아져 우회전 교통류 처리 용량을 감소시킬 수 있다. 특히, 국내 도심부와 같은 혼잡 교차로에서 우회전 신호를 보호로만 운영하게 되면 지체 상황을 더욱 악화시킬 가능성이 있다. 따라서 우회전 차량에게 진행할 수 있는 녹색 신호시간을 주는 보호와 녹색 신호가 없어도 주변 교통에 주의하며 진행할 수 있게 하는 비보호 운영을 결합한 우회전 보호·비보호 운영 방안을 제시한다.

보호·비보호 운영을 하는 교차로의 신호등 운영방안은 보호의 경우에는 녹색 화살표 신호를 주고 비보호의 경우에는 신호등을 소등하여 우회전 차량이 진행할 수 있도록 한다. 또한 상충 위험이 높아 우회전 진행의 제한이 필요한 현시에는 적색 화살표를 등화하여 우회전 차량의 진행을 제한할 수 있다.

미국의 경우에는 보호·비보호 운영시에 우회전 비보호를 황색 점멸을 통해 표시한다. 하지만 이를 국내에 적용할 시 익숙하지 않은 등화 방식으로 운전자의 혼란을 야기할 가능성이 있다. 이에 따라 본 연구에서는 미국보다는 호주나 독일 사례와 같이 비보호시에는 우회전 전용 신호등을 완전 소등하는 방안을 제안한다.

우회전 보호·비보호 운영시 신호등 운영 방안은 Table 4와 같다. 보행자 신호가 적색이고 상충 교통류가 없을 경우 우회전 녹색 화살표를 등화하여 우회전 차량이 진행할 수 있는 보호 현시를 준다. 또한 보행자 신호가 녹색이라도 우회전 차량이 정지선에 일단 정지 후 보행자나 다른 차마에 주의하며 진행할 수 있도록 우회전 신호등을 소등하여 비보호로 진행할 수 있게 한다. 상충의 위험이 있어 우회전 차량의 진행을 제한하여야 하는 경우에는 우회전 적색 화살표를 등화하여 우회전 차량이 진행할 수 없게 한다. Figure 7은 보호·비보호 운영 예시를 나타낸 그림이다. 현시

1B와 4와 같이 녹색 화살표가 등화 될 때만 우회전 진행이 가능하다. 우회전 차량과 상충 가능 교통류가 있는 현시 1A, 현시2, 현시3을 우회전 신호등을 소등하여 우회전 비보호로 운영할 수 있다. 이 중 상충 위험 정도가 큰 현시에는 적색 화살표를 등화하여 선택적으로 우회전 진행을 금지할 수 있다.

Table 4. Protected/permisive right-turn signal operation

traight signal	Pedestrian signal	Right-turn light	Operation strategy
GREEN	GREEN	BLACK	● Permissive right-turn operation (must stop temporarily and then right-turn)
	FLASHING GREEN	BLACK	● Permissive right-turn operation (must stop temporarily and then right-turn)
	RED	GREEN ARROW	➔ Protected right-turn operation
RED	GREEN ARROW	➔	Protected right-turn operation
	RED	RED ARROW	⊘ Stop

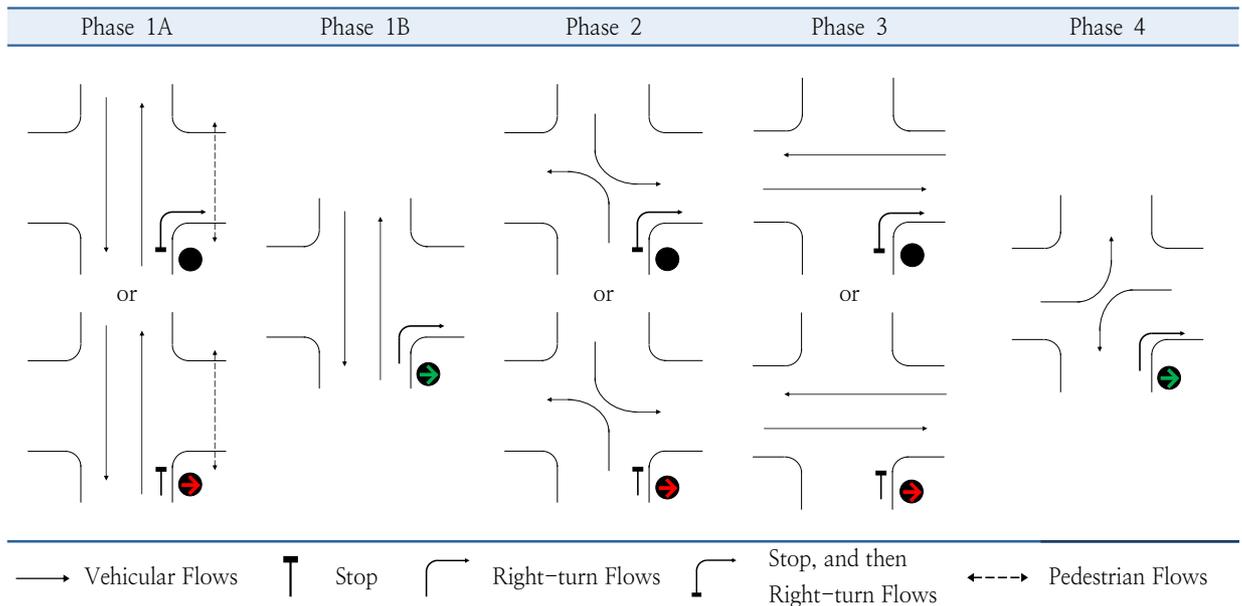


Figure 7. Protected/permisive right-turn operation strategy

결론

신호교차로에서 우회전 신호등의 운영 방안에 관한 연구 결과 국내에서 운영되고 있는 우회전 전용 신호등은 교차로마다 형태 및 운영 방식이 각기 다르며 우회전 전용 신호등 설치와 관련된 규정 또한 없는 것으로 나타났다. 최근에는 우회전 차량과 관련한 안전 및 소통 증진을 위해 우회전 전용 신호등을 확대 설치하는 추세이다. 하지만 우회전 운영과 관련된 명확한 규정 및 운영 방안 없이 우회전 전용 신호등을 설치한다면 오히려 도로 소통 및 안전에 위협 요인이 될 수 있다. 신호교차로에서의 우회전 운영에 관한 규정 명시 및 운영 방안 정립이 필요하다.

국내 우회전 전용 신호등 운영 현장조사 결과 우회전 신호등의 형태가 다양하고 주신호등과 보조신호등이 같이 설치되어 있는 경우에 두 신호등의 등화 형태가 달라 우회전 전용 신호등에 익숙하지 않은 운전자에게 혼란을 줄 수 있다. 또한 설치되어 있는 우회전 신호등과 국내 도로교통법상의 신호등 등화 의미가 달라 법률상 의미에 위배되어 운영되는 경우도 있다. 이는 우회전 신호위반의 가능성을 증가시켜 심각한 사고로 이어질 가능성도 존재한다.

이에 따라 국내 상황에 맞는 우회전 운영에 관한 규정을 정립할 것을 제시한다. 먼저, 우회전 비보호 운영 시에 정지선에서 일단 정지 후 다른 차마의 통행에 주의하여 진행할 것을 명시할 필요가 있다. 또한, 국내 규정상에 우회전 신호등 설치에 관하여 우회전 차로가 있는 곳에만 신호등을 설치하도록 하는 규정이 없으므로 이를 추가 명시하여야 한다. 그렇지 못한 경우에는 우회전 신호등의 설치를 제한하는 방안이 필요하다. 그리고 우회전 신호등 운영에 익숙하지 않은 운전자들을 위하여 우회전 신호등을 삼색 녹색 화살표 신호등으로 설치할 것을 제안한다. 마지막으로 신호교차로에서 우회전 운영 방안을 비보호, 보호, 보호·비보호 운영의 세 가지로 구분하고 각 유형별 운영 방안을 구체적으로 제시하였다.

본 연구는 국내 우회전 운영 방안에 관한 문제점을 분석하고 이에 따라 구체적인 신호교차로에서의 우회전 운영 방안을 제시하였다. 향후 연구에서는 우회전 운영 유형에 따른 설치 기준에 관한 분석이 필요하고, 향후 트램, 자전거 등의 특수 교통의 도입에 대비한 우회전 운영 방안에 관한 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the 2016 sabbatical year research grant of the University of Seoul.

REFERENCES

- Austrroads (2003), Guide to Traffic Engineering Practice Series 7, Australia, 23-46.
- Du Y., Yu S., Zhang X., Bai Y. (2015), Prohibited – Permitted Right-turn Phasing Strategy Based on Capacity Analysis of Right-turn Movements, Elsevier, 457-479.
- FHWA (2008), Traffic Signal Timing Manual, United State, 4-20.
- FHWA (2010), Manual on Uniform Traffic Control Devices, United State, 474-488.
- Lee N. S., Kim Y. C., Lim J. B., Kim Y. C. (2015), Right-Turn Vehicle Supplementary Signal Improvement at Intersections, J. Korean Soc. Transp., 33(5), Korean Society of Transportation, 441-448.
- Lee S. H. (2014), Guidelines for Traffic Signal Control, Chungmungak, 20-22.
- Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr (2010), RiLSA: Richtlinien für Lichtsignalanlage, Germany.
- Lim Y. J., Kim D. K. (2013), An Analysis of Right-turn Treatment Considering for Traffic Conflicts and Delay at Intersections, Journal of Transport Research, 20(3), 65-81.
- Ministry of Government Legislation(2016), The Road Traffic Laws, Korea.
- Ministry of Land of Japan (2007), Manual on Traffic Signal Control, Japan, 104-117.
- Road Traffic Authority (2010), Right-turn Traffic Lights Operation Strategy, 7-15.
- The Seoul Institute (2015), Traffic Operation Strategy to Improve Pedestrian Safety at Signalized Intersections, 30-110.
- Yoon H. C., Che J. S. (2006), A Study of How Secondary Traffic Lights Are Used to Direct Right-turning Cars on at Intersections, graduate school of University of Seoul master's thesis.
- Ziwen L., Ying N., Keping L. (2013), Analysis of Conflicts Between Right-turn Vehicles and Pedestrians Under Different Right-turn Control Schemes: A comparative study, ICTIS, 206-214.