



# 드론의 안정적 비행을 위한 핵심요소와 도시 수평 공간 구획

## Identification of key elements for stable flight of drones and horizontal space compartment in urban area

김정훈\* · 김홍배\*\*

Kim, Jung-Hoon · Kim, Hong-Bae

### Abstract

The purpose of this study is to verify the stable flight conditions of drones within a limited urban area by using the ICAO(International Civil Aviation Organization) reich model which is using to evaluate civil aircraft stability. The results of the study are summarized as follows. First, in order for the drones flying stably, the horizontal safety separation distance between a drone and another should be at least 1,852M. Second, assuming that no obstacles within 1,852M of horizontal space, two drones can be fly into upper and lower spaces. However there are obstacles such as buildings, it is impossible to secure a 1,852M distance between drones. Third, sensitivity analysis point out that the separation interval( $s_x$ ) of drone aviation has the greatest influence on the TLS(Target Level of Safety). If future research is conducted to lower the numerical values, the safety distance between a drone and another drone will be drastically reduced, allowing more detailed urban space division, and will be presented as a scientific numerical value for establishing a dedicated path for the drones.

키 워 드 ■ 드론, 무인항공기, 레이체 모형, 스마트 시티

Keywords ■ Drone, Unmanned Aerial Vehicle, Reich Model, Smart City

### I. 연구의 배경 및 목적

과거 U-City는 통신 인프라 구축 및 시민 대상의 공공서비스 제공을 목적으로 추진되었으나, 현재의 스마트시티는 4차 산업혁명의 디지털 기술을 활용하는 데이터 및 디바이스 중심의 스마트서비스 운영 사업으로 변화하고 있다(최봉문, 2011). 또한 스마트시티의 운영 수익 모델로서 교통 분야를 중심으로 많은 수익형 서비스가 시도되고 있으며, 그 중심에는 드론이 있다(최경아·이임평, 2016).

최근 공공 정책을 보면 드론 시범 지역 지정(국토교통부, 2016), 드론 사업자 선정(국토교통부, 2018) 등 드론을 도시에서 운영하기 위한 준비 및 정책 시행이 활발함을 알 수 있다. 그러나 드론은 항공법에 의해 운항 고도, 운항 시간 등의 제한 사항과 정부의 허가된 구역에서만 비행이 가능하며, 운항 제한 사항과 비행 허가 구역을 도시 공간에 투영해보면 현재 진행 중인 국내외 드론 관련 실증 사업들은 항공법을 충족시키지 않으면 향후 드론을 도시 내 서비스로 활용하는데 상당한 제약을 가질 수밖에 없다(박철순, 2015).

\* Graduate School of Urban Studies, Hanyang University

\*\* Graduate School of Urban Studies, Hanyang University (Corresponding Author : hokim@hanyang.ac.kr)

드론 도입을 위한 도시 입체계획의 이슈와 과제에서는 항공법에 의한 드론 운항 가능 고도인 150M 이내에서 국제민간항공기구(이하 ICAO)의 안전 목표(이하 TLS, Target Level of Safety)를 만족하며 비행 가능한 드론 수량은 2대로서, 도시 공간을 2개의 수직 구역으로 분리하여 운영되어야 함을 제시하였다(김정훈·김홍배, 2018). 그러나 도시는 3차원 공간으로서 수직 공간 외에 수평 공간에서의 드론의 비행에 대해서도 논하여야 한다(유상형·전종우·조광수, 2018). 이는 차량이 이동하기 위하여 도로망을 설계하고 건설하듯이 향후 드론의 이동을 위한 비행로를 구획하고 지정하기 위한 중요하고 필수적인 단계이다(이수미·김용진, 2017).

따라서 본 논문에서는 도시 공간에서 드론의 안전한 비행을 위한 드론 간 최소 수평 분리 간격을 검증하고, 검증된 수치를 기준으로 도시 공간을 수평적으로 분리하고자 한다.

## II. 선행 연구 고찰

드론의 비행을 위한 도시 공간 분리는 드론의 비행 능력 및 드론을 활용하기 위한 정책에 대한 연구가 필요하며 이에 대한 문헌을 살펴보면 다음과 같다.

홍성태·김동원·박지만(2018)은 드론은 타 항공 이동 수단보다 가격이 저렴하고 안정성 또한 높기 때문에 드론의 상업적 활용이 미래에 운송 서비스로서 필요하다는 결론을 제시하였다. 권혜선(2017)은 해외의 드론 관련 추진 정책을 검토하여 공역 세분화, 드론 무게 제한, 드론 비행 의무 교육시간 도입 등의 신규 정책과 드론 자율주행 방안, 드론에 의한 안전사고 및 사생활 침해 우려에 대한 준비 등이 필요함을 살펴보았다. 장연(2018)은 항공기와 드론의 공역 분리 필요성을 지적하며 드론 표준

비행로 설정, 드론 착륙장 설치, 드론 관제소 구축을 제시하였다. Jensen(2017)은 스마트시티 물리 보안의 가장 영향력 있는 방안으로서 드론에 의한 감시 방법 활용을 언급하였다.

다음으로는 드론이 도시 상부를 비행하기 위한 안전에 대한 문제점 도출과 이를 해결하기 위한 방안이 필요하며 이에 대한 문헌을 살펴보면 다음과 같다.

Susini(2015)는 드론의 사고를 수치적으로 측정하기 위해 드론의 비행 시간당 사고에 의한 사상자 수, 비행시간 당 추락비율 등을 조합하는 연구를 진행하였다. 최병록(2017)은 드론 사고를 사생활 침해, 소음 발생, 추락사고, 공중충돌 사고로 구분하였으며, 드론 사고 발생 시 민법의 손해배상책임 규정을 적용 가능성을 살펴보았다. 이창민(2017)은 드론은 자유롭게 비행하는 물체로서 타인의 소유권이 미치는 공중공간으로 들어갈 수 있으며 이를 제지할 어떠한 규정도 존재하지 않는다는 점을 지적하며 공중 토지소유권에 대한 법제화할 필요가 있음을 강조하였다.

선행 연구를 보면 드론의 비행 능력의 활용 방안 및 드론의 안전에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나, 드론을 안정적으로 운영하기 위한 공간 구획을 검증하고 제시한 연구는 없다.

이에 본 연구는 드론의 안정적 비행을 위한 핵심요소와 수평 공간 구획 분할을 위한 기초 연구를 진행하며, 고려한 점은 다음과 같다.

첫째, 민간 항공기의 비행 위험도 측정 공식인 ICAO의 Reich 모형을 활용하여 드론의 TLS를 확인하고 드론 간 안전 이격 거리를 도출한다.

둘째, 도출된 이격 거리를 도시 공간에 대입하여 드론의 비행을 위한 수평 공간 분할을 제시한다.

셋째, TLS 민감도 분석을 통해 TLS 수치에 영향을 주는 요소를 확인하고 향후 드론의 정확한 TLS를 도출하기 위한 핵심요소를 제시한다.

### III. 모형

두 대의 드론이 <그림 1>과 같이 동일 고도에서 Route A와 반대 방향의 Route B를 V속도로 비행하고 있다고 가정한다. 두 대의 드론이 서로 근접할수록 드론 안전 목표 수준(이하 TLS, Target Level of Safety)은 높아진다(ICAO, 1998).

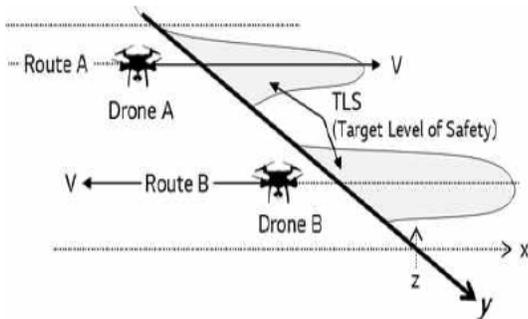


Fig 1. Parallel Direction Impact Model  
(수평방향 충돌 확률 모델)

TLS는 드론 A와 드론 B가 충돌하는 횟수를 측정하는 모델로서 ICAO에서 사용하는 Reich 모형을 적용하면 (식 1)과 같다(조현수, 2015).

$$TLS = n_y P_x P_z, \quad \dots(\text{식 1})$$

TLS : 드론 안전 목표 수준

$n_y$  : y축 항공기 간 충돌 빈도

$P_x$  : x축 항공기와 충돌 확률

$P_z$  : z축 항공기와 충돌 확률

(식 1)의  $n_y$ 는 드론의 계획된 항로 이탈에 의한 충돌 빈도로서 (식 2)과 주어진다(김장환·한재현·안미진, 2012).

$$n_y = p_y(s_y), \quad \dots(\text{식 2})$$

$p_y(s_y)$  : 횡적중첩확률

(식 1)의  $P_x$ 와  $P_z$ 를 Asia Pacific EMA Handbook과 EUROCONTROL의 안정성 평가 모델 공식에 대입하면 (식 3)과 (식 4)와 같이 제시된다.

$$P_x = p_z(0) \frac{\lambda_x}{s_x} \quad \dots(\text{식 3})$$

$p_z(0)$  : 동일 고도에 배정된 두 드론이 높이가 같을 확률

$\lambda_x$  : 드론 길이

$s_x$  : 드론 분리 간격의 반

$$P_z = \left[ e_y(opp) \left\{ \frac{2|\bar{V}|}{2\lambda_x} + \frac{|\bar{y}|}{2\lambda_y} + \frac{|\bar{z}|}{2\lambda_z} \right\} \right] \quad \dots(\text{식 4})$$

$e_y(opp)$  : 반대 방향 횡적 점유율

$|\bar{V}|$  : 드론 평균 대지속도(ground speed)

$|\bar{y}|$  : 배정된 횡적분리( $s_y$ )를 상실하는 두 드론 평균상대 횡적 속도(cross-track speed)

$|\bar{z}|$  : 동일 항로에 동일 고도 항공기 간 평균 상대 수직 속도

$\lambda_y$  : 드론 너비

$\lambda_z$  : 드론 높이

위의 (식 1)에 (식 2), (식 3) 그리고 (식 4)를 대입하면 (식 5)와 같이 정리된다.

$$TLS = p_y(s_y) p_z(0) \frac{\lambda_x}{s_x} \left[ e_y(opp) \left\{ \frac{2|\bar{V}|}{2\lambda_x} + \frac{|\bar{y}|}{2\lambda_y} + \frac{|\bar{z}|}{2\lambda_z} \right\} \right] \quad \dots(\text{식 5})$$

### IV. 모형 적용

#### 1. 드론 수평 중첩 분석

(식 5) 모형에 적용한 수치는 <표 1>의 ICAO 및 국내 논문의 수치를 대입한다.

Table 1. Given Variables & Values

Variables	Values		Remarks
$p_z(0)$	0.538		EMA Handbook
$p_y(s_y)$	0M	4.84E-02	Domestic Thesis Values*
	10M	4.81E-02	
	100M	4.58E-02	
	500M	3.53E-02	
	1,000M	2.23E-02	
	1,852M	7.86E-18	
$s_x$	80		ICAO Standard
$e_y(opp)$	0271		
$\bar{y}$	75Knot		
$\bar{z}$	1.5Knot		

\* Preliminary Analysis on Safety Assessment(Kim Chang-Hwan, 2012)

이후 (식 5) 모형에 총 9개의 드론 운영 시나리오를 적용하며, 변수는 드론의 평균 속도, 길이, 폭 및 높이로서 총 4종이다. 평균 속도는 25Knot, 40Knot 및 55Knot, 길이는 1m, 2m 및 3m, 폭은 2m, 3m 및 4m, 높이는 2m 3m 및 4m로서 각 변수를 변화하여 적용하였다. 이에 따른 9개의 드론 운영 시나리오는 <표 2>과 같다.

Table 2. Scenarios

Variables	Scenarios								
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9
$ \bar{V} $	25	40	45	25	40	45	25	40	45
$\lambda_x$	1m			2m			3m		
$\lambda_y$	2m			3m			4m		
$\lambda_z$	2m			3m			4m		

#### 2. 모형 결과

1) 드론 안전 목표 수준(TLS: Target Level of Safety) 만족 범위

ICAO에서 명시하고 있는 TLS는 <그림 2>과 같이 2.50E-09(4억 시간 당 1회 충돌)로 규정하고 있으며, Reich 모형에 대입한 드론 운영 시나리오의 TLS 값이 ICAO의 목표 수준의 TLS 값보다 낮다면 항공기의 안전 목표를 충족한다(ICAO, 2012).

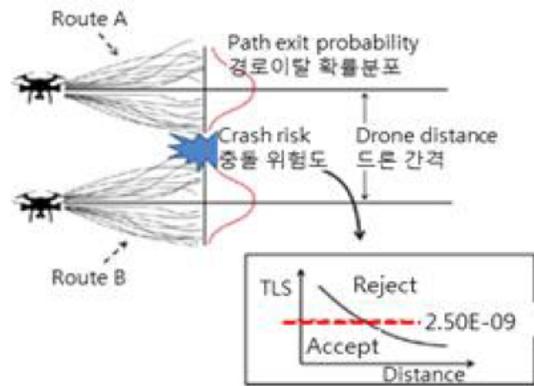


Fig 2. Drone Crash Risk and ICAO TLS

즉 <표 3>과 같이 드론 운영 시나리오의 TLS 값이 ICAO의 목표 수준의 TLS 값보다 낮다면 항공기의 안전 목표를 충족한다.

Table 3. Acceptance Range of TLS

Comparisons	Results
Scenario TLS ≤ ICAO TLS	Accept
Scenario TLS > ICAO TLS	Reject

<표 2>의 총 9개의 드론 운영 시나리오를 (식 5)의 드론 수평 중첩 분석 모형에 적용한 결과는 <표 4>와 같다.

Table 4. Model Results

Route A↔B distance	Scenarios			ICAO TLS	Results
	#1	#2	#3		
0M	1.99E-02	2.67E-02	2.89E-02	2.50E-09	X
10M	1.98E-02	2.65E-02	2.88E-02		X
100M	1.88E-02	2.52E-02	2.74E-02		X
500M	1.45E-02	1.95E-02	2.11E-02		X
1,000M	9.16E-03	1.23E-02	1.33E-02		X
<b>1,852M</b>	<b>3.23E-18</b>	<b>4.33E-18</b>	<b>4.70E-18</b>		<b>O</b>
Route A↔B distance	Scenarios			ICAO TLS	Results
	#4	#5	#6		
0M	2.28E-02	2.96E-02	3.18E-02	2.50E-09	X
10M	2.27E-02	2.94E-02	3.16E-02		X
100M	2.16E-02	2.80E-02	3.01E-02		X
500M	1.66E-02	2.16E-02	2.32E-02		X
1,000M	1.05E-02	1.36E-02	1.46E-02		X
<b>1,852M</b>	<b>3.70E-18</b>	<b>4.80E-18</b>	<b>5.16E-18</b>		<b>O</b>
Route A↔B distance	Scenarios			ICAO TLS	Results
	#7	#8	#9		
0M	2.42E-02	3.10E-02	3.33E-02	2.50E-09	X
10M	2.41E-02	3.08E-02	3.31E-02		X
100M	2.29E-02	2.93E-02	3.15E-02		X
500M	1.77E-02	2.26E-02	2.43E-02		X
1,000M	1.11E-02	1.43E-02	1.53E-02		X
<b>1,852M</b>	<b>3.93E-18</b>	<b>5.03E-18</b>	<b>5.40E-18</b>		<b>O</b>

X: Reject, O: Accept

모형 적용 결과, 드론 간 이격 거리는 최대 거리인 1,852M에서만 TLS를 만족하며, 1,852M 이하 거리는 TLS를 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 특히 거리를 1,852M 이하로 낮추면 결과 값이 급속도로 높아지므로, TLS를 만족하기 위해 드론 간 이격 거리는 최소 1,852M 이상으로 확보해야 된다.

2) 도시 수평 공간 구획

드론의 비행을 위한 이상적 공간 상황으로서 드론의 비행 루트 양 옆 총 1,852M 이내에는 어떠한 장애물(건물 등)도 없다고 가정하였다.

기존 연구 결과인 수직 공간 150M 이내에서는 최대 드론 2대의 동시 비행이 가능하다는 결과(김정훈·김홍배, 2018)를 수평 중첩 분석 모형 결과와 접목하면 도시를 Y축과 Z축으로 분할하는 2차원적 도시 수평 공간 구획이 가능하며, 그 결과는 <그림 3>와 같다.

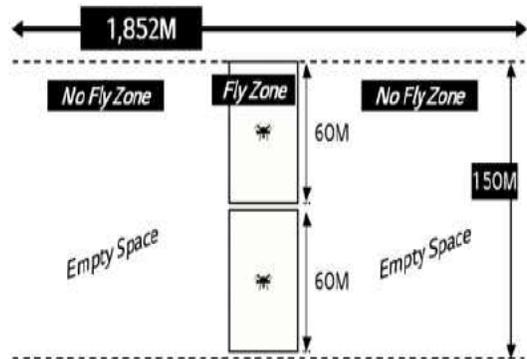


Fig 3. Drone Flight Area in Empty Space

그러나 현실적으로 도시에는 빌딩 등과 같은 장애물이 존재하므로 드론의 안전 이격 거리 1,852M를 확보하기는 사실상 불가능하며, 현재로서는 도시 내에서 TLS를 만족하는 드론의 비행은 불가능하다고 해석 가능하다.

### 3. 드론의 안정적 비행을 위한 핵심요소

ICAO의 TLS 수치는 민간 항공기를 기준으로 산출되므로 드론의 이동속도, 크기 등에 의한 결과와는 큰 차이를 가질 수밖에 없다. 그러나 드론 또한 항공기로서 항공법의 규정과 ICAO의 TLS 수치를 만족하여야 한다(정훈, 2015). 즉 도시에서 드론을 운영하기 위해서는 드론에 대한 명확한 TLS 수치가 조사되고 제시되어야 한다.

그러나 본 연구의 한계로서 드론의 수치를 산출하거나 제시할 수는 없다. 왜냐하면 TLS의 수치들은 민간 항공기들의 일정 기간 비행 데이터(기후에 의한 자연적 이동폭, 속도 변화 등)를 분석하여 도출되기 때문이다(김장환·한재현·안미진, 2012).

이에 본 연구에서는 <표 1>의 수치 중 ICAO에 의해 제시되는  $p_z(0)$ ,  $e_y(opp)$  및 국제적 협력을 통해 조사되는  $p_y(s_y)$ 을 제외한 향후 국내 연구를 통해 도출이 가능하다고 판단되는  $s_x$ ,  $|\bar{y}|$  및  $|\bar{z}|$ 을 대상으로 민감도 분석을 진행하여 TLS에 영향을 주는 핵심요소를 도출한다. 민감도 분석은 드론 운영 시나리오 #1의 값을 기준으로 각 인자를 각 10%, 50%, 90% 변화하여 그 변화폭을 확인하였다.

#### 1) $s_x$ : 항공기 종적 분리 간격 민감도 분석

항공기 종적 간격은 한 항로에 있는 항공기가 한 지점을 통과할 때의 시간과 평행한 항로에 있는 항공기가 그에 대응하는 지점을 통과할 때의 시간과 비교하여 근접 항공기 수를 계산하는 방법으로서 정확한 평가를 위해서는 교통량 샘플데이터(이하 TSD, Traffic Sample Data)가 필요하다(김장환·한재현·안미진, 2012). 또한 TSD는 항공기가 공역에 진입 시간과 진출시간 동안 공역을 사용한 시간을 총합하여 공역 내 항공기 운항시간을 계산하여 도출된다(한재현, 2011).

$s_x$ 의 민감도 분석 결과는 <그림 4>과 같이 수치 10% 조절 시 TLS는 약 9.1% 하향, 50% 조절 시 TLS는 약 33.3% 하향 그리고 90% 조절 시 TLS는 약 47.4% 하향됨을 볼 수 있다.

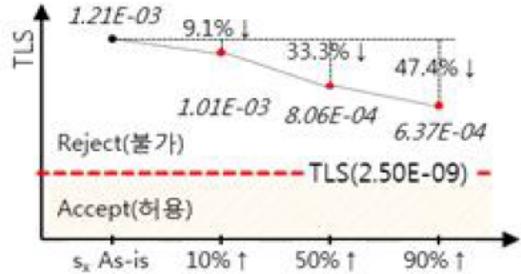


Fig 4.  $s_x$  Sensitivity Analysis

#### 2) $|\bar{y}|$ : 횡적 속도 민감도 분석

횡적 속도는 동일 고도에서 인접한 경로를 비행하는 항공기들이 횡적으로 교차하는 평균 상대속도를 의미하며, 이 값은 보통 레이더 데이터, 속도, 횡적 편차의 추정을 통해 계산된다(한재현, 2011).

$|\bar{y}|$  민감도 분석 결과는 <그림 5>과 같이 수치 10% 조절 시 TLS는 약 1.7% 하향, 50% 조절 시 TLS는 약 8.3% 하향 그리고 90% 조절 시 TLS는 약 14.9% 하향됨을 볼 수 있다.

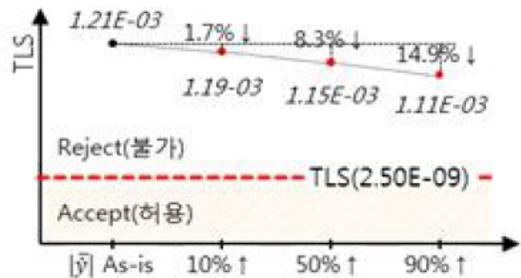


Fig 5.  $|\bar{y}|$  Sensitivity Analysis

3)  $|\vec{z}|$ : 평균 상대 수직 속도 민감도 분석

평균 상대 수직 속도는 횡적 분리를 상실한 인접항로의 동일 고도 상에 위치하는 드론 간 상대적인 수직 속도의 평균 계수를 의미하며, 해당 값은 일반적으로 NAT(North Atlantic)을 제외한 모든 기관이 동일한 수치를 사용하고 있다(한재현, 2011).

$|\vec{z}|$ 의 민감도 분석 결과는 <그림 6>과 같이 수치 10% 조절 시 TLS는 약 0.1% 하향, 50% 조절 시 TLS는 약 0.4% 하향 그리고 90% 조절 시 TLS는 약 0.7%의 미미한 폭으로 하향됨을 볼 수 있다.

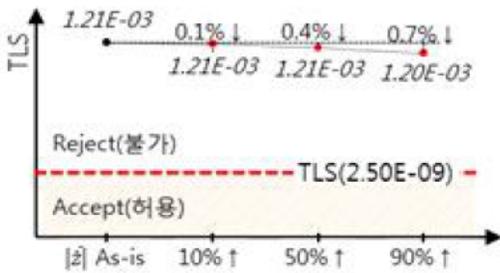


Fig 6.  $|\vec{z}|$  Sensitivity Analysis

4) 민감도 분석 결과

가장 민감한 요소는  $s_x$ 로서 도시 내에서 드론을 안정적으로 비행하기 위해서는 우선적으로 핵심 요소인  $s_x$ 의 수치를 낮추는 것이 중요하다.

$s_x$ 는 한 항로에 있는 항공기가 한 지점을 통과할 때의 시간과 평행한 항로에 있는 항공기가 그에 대응하는 지점을 통과할 때의 시간과 비교하여 근접 항공기 수를 계산하는 방법이며, 정확한 평가를 위해서는 TSD가 필요하다. 이를 위해 현재 국토교통부의 드론 시범사업과 화성에 최초로 지정된 드론 시범공역에서 드론의 서비스 테스트 외에 드론의 비행에 따른 TSD 및 기후에 의한 자연적 드론의 이동폭, 속도/높이 변화 등의 데이터를 우선적으로 확보해야 한다.

V. 결론

본 연구의 목적은 도시라는 한정된 공간 내에서 드론을 안정적으로 비행하기 위한 조건을 ICAO에서 민간 항공기의 비행 안정성을 평가하기 위해 사용하는 Reich모형을 활용하여 검증하였다. 검증을 위해 ICAO 및 국내 논문의 수치를 사용하였으며, 드론의 크기 및 속도를 가정하여 총 9개의 드론 운영 시나리오에 대입하였다.

분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 현재의 ICAO TLS를 만족하며 수평공간에서 드론이 안정적으로 비행하기 위해서는 드론과 드론 사이의 수평적 안전 이격 거리를 최소 1,852M 이상 확보해야 한다.

둘째, 비행하는 드론의 양 옆 공간 1,852M 이내에 어떠한 장애물이 없다고 가정하면, 1,852M 이내에서는 동시에 총 2대의 드론이 상하 공간을 나누어 비행이 가능하다. 그러나 도시에는 빌딩 등과 같은 장애물이 존재하므로 1,852M라는 수평적 안전 이격 거리를 확보하는 것은 불가하므로 드론에 맞는 TLS 수치를 확보하여 해당 이격 거리를 낮추어야 한다.

셋째, 민감도 분석을 통해 TLS 수치에 가장 큰 영향을 주는 요소를 도출해본 결과, 항공기간 종적 분리간격( $s_x$ )이 가장 큰 영향을 미친다.  $s_x$ 는 민간 항공기가 480kt로 20분 간 비행하는 거리(ICAO, 2012)로 간주됨으로, 향후 드론을 위한  $s_x$ 의 수치를 확보하기 위한 기준 선정 및 연구가 최우선적으로 진행되어야 한다.

이러한 결과를 도출함에 있어서 본 연구는 Reich 모형에 적용한 수치들의 현실적인 가정이라는 한계를 가진다. ICAO의 TLS를 만족하는 수치는 민간 항공기를 기준으로 산출되었기에 드론의 이동 속도, 크기 등에 의한 본 연구의 TLS 결과 수치와

는 큰 차이를 보일 수밖에 없으며, 현재 드론을 위한 적합한 TLS 수치를 도출하거나 제시하는 것 또한 불가능하다. 그 결과 드론간의 안전 이격 거리가 상식적인 수치보다 높게 나올 수밖에 없었다.

향후 해당 분야에 대한 연구를 통해 드론에 대한 정확하고 객관적인 수치가 확보되고 제시된다면 드론과 드론간의 안전 이격 거리가 현재 연구의 수준보다 획기적으로 감소하여 도시 공간을 더욱 세부적으로 나눌 수 있으며, 드론을 위한 전용 길 구축에도 과학적인 수치로서 제시될 것이다.

이에 대한 연구 및 논의가 본격적으로 진행되어 지길 기대한다.

인용문헌

References

1. 최봉문, 2011. "스마트 용어의 적용사례 분석을 통한 '스마트시티'의 개념정립을 위한 연구", 「한국콘텐츠학회논문지」, 11(12): 943-949
- Choi, B. M., 2011. "A Study on Setting up the Concept of Smart City through Analysis on the Term 'Smart'", *Journal of The Korea Contents Society*, 11(12): 943-949
2. 최경아, 이임평, 2016. "드론기반 공간정보산업의 가능성과 전망", 「국토」, 420: 11-16
- Choi, K. A., and Lee, I. P., 2011. "Possibilities and prospects of drones-based spatial information industry", *Planning and Policy*, 420: 11-16
3. 박철순, 2015. "항공법, 정책: 무인항공기 시장, 기술, 법제도 실태분석 및 정책적 대응방안 연구", 「한국항공우주정책 법회학지」, 30(2): 373-401
- Park, C. S., 2015. "Air Law, Policy ; A Study on the Status of Market, Technology and Legal System of the UAV and its Useful Policies", *The Korean Journal of Air & Space Law and Policy*, 30(2): 373-401
4. 김정훈, 김홍배, 2018. "드론 도입을 위한 도시 입체 계획의 방향과 과제", 「국토계획」, 53(1): 51-61
- Kim, J. H., and Kim, H. B., 2018. "Direction and Tasks of the Urban Planning in the Presence of Drones", *Journal of Korea Planning Association*, 53(1): 51-61
5. 유상형, 전종우, 조광수, 2018. "드론의 안전비행을 위한 국부 및 전역지도 인터페이스", 「로봇학회논문지」, 13(2): 113-120
- You, S. H., Jun, J. W., and Cho, G. S., 2018. "Local and Global Navigation Maps for Safe UAV Flight", *Journal of Korea Robotics Society*, 13(2): 113-120
6. 이수미, 김용진, 2017. "드론의 국내 도시 도입을 위한 국내의 사례 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 경주: 더케이호텔.
- Lee, S. M., and Kim, Y. J., 2017. "A Case Study for the Introduction of Drone", *Architecture Institute of Korea*, Gyeongju: The-K Seoul Hotel.
7. 김장환, 한재현, 안미진, 2012. "PBN 적용을 위한 B576 항공로의 정량적 안전평가 사전 분석", 「국토연구」, 19(2): 93-113
- Kim, C. H., Han, J. H. and Ahn, M. J., 2012. "Preliminary Analysis on Safety Assessment of ATS Route B576 before the Implementation of PBN Road Map", *Journal of Transport Research*, 19(2): 93-113
8. International Civil Aviation Organization. 1998. *Manual on Airspace Planning Methodology for the Determination of Separation Minima*, Canada
9. 조현수, 2015. "항공로 수직안전평가모형을 이용한 안전도 분석", 한국항공대학교 일반대학원 석사학위 논문.
- Cho, H. S., 2015. "A Study of Safety Level on Vertical Collision Risk Model for ATS Route", MPhil. Dissertation, Korea Aviation University.
10. 장현, 2018. "사업용 드론의 운용과 안전에 관한 연구", 명지대학교 대학원 박사학위 논문
- Chang, H., 2018. "A Study of the Operation and Safety of Business Drones", Ph.D. Dissertation, Myungji University.
11. Alberto, S., 2015. "A Technocritical Review of

- Drones Crash Risk Probabilistic Consequences and its Societal Acceptance", Paper presented at the annual conference of the Deutsche Gesellschaft für Kartographie, 1290 Versoix: Switzerland.
12. 최병록, 2017. "무인항공기(드론) 사고의 법적책임 연구", 한국기술혁신학회 춘계학술대회, 대전: 충남대학교
  - Choi, B. R., 2017. "Legal responsibility of unmanned aircraft accident", *Korea Technology Innovation Society*, Daejeon, Chungnam University.
  13. 이창민, 2017. "드론의 상업적 활용의 전제로서 공중공간 활용의 자유", 「서울대학교 기술과법센터」, 13(1): 44-60.
  - Lee, C. M., 2017. "The Liberty of the use of Airspace, as the conditions of Commercial use of Drone", *LAW & TECHNOLOGY*, 13(1): 44-60
  14. 홍성태, 김동원, 박지만, 2017. "드론의 상업적 활용과 비즈니스 모델 개발 방향에 관한 연구", 한국항공경영학회 춘계학술대회, 제주: 제주대학교
  - Hong, S. T., Kim, D. W., and Park, J. M., 2017. A Study on Commercial Use of Drones and Development Direction of Business Models", *Aviation Management Society of Korea*, Jeju: Jeju University.
  15. Jenson, O. B., 2016. "Drone city - power, design and aerial mobility in the age of "smart cities"", *Geographica Helvetica*, 71: 67-75
  16. 권혜선, 2017. "국내 민간·상업용 드론 생태계에 대한 연구: 행위자 연결망 분석을 중심으로", 고려대학교 언론학과 박사학위 논문.
  - Kwan, H. S., 2017. "Study on the market, technology and policy of Korean civil drones : focusing on the actor network theory", Ph. D. Dissertation, Korea University.
  17. 이응규, 2018. "대규모 군집 드론을 위한 경쟁 기반 시분할 채널 접근 기법", 아주대학교 일반대학원 석사학위 논문.
  - Lee, E. K., 2018. "A contention-based time-division channel access scheme for large-scale swarming", MPhil. Dissertation, Ajou University.
  18. 김동준, 2018. "교통조사부문 드론 활용시 비용절감 효과 분석 연구: 해외사업을 중심으로", 한국교통대학교 교통대학원 석사학위 논문.
  - Kim, D. J., 2018. "A Study on Cost Reduction Effect of Drone Implementation in Traffic Survey : focused on oversea project", MPhil. Dissertation, Korea National University of Transportation.
  19. 정순채, 비투무기자 조셉, 차재상, 2017. "드론비행과 사생활침해 등 법률위반 위험성 연구", 「한국위성정보통신학회」, 12(1): 22-27.
  - Jung, S. C., Joseph, M. and Cha, J. S., 2017. "Drones flying and violations of privacy laws, such as riskon", *Journal of Satellite, Information and Communications*, 12(1): 22-27
  20. Wu, J., 2017. "중국 드론 택배의 경쟁력 강화방안에 관한 연구", 세종대학교 대학원 석사학위 논문.
  - Wu, J., 2017. "Research on the Strengthening of China's Drone Distribution Competitiveness", MPhil. Dissertation, Sejong University.
  21. 박준기, 서봉교, 오철, 2017. "첨단산업의 부상과 중국 산업정책의 진화: 중국 드론산업의 사례", 「현대중국연구」, 19(1): 175-210.
  - Park, J. K., Seo, B. K. and Oh, C., 2017. "Development of High-tech industry and the evolution of Chinese industrial policy: Case of drone industry", *The Journal of modern China studies*, 19(1): 175-210
  22. 이성훈, 2018. "공간정보 분야의 드론 기술 동향", 「한국BIM학회」, 7(4): 36-45.
  - Lee, S. H., 2018. "Technology Trends of Drone in Geospatial Information", *KIBIM Magazine*, 7(4): 36-45
  23. 조준모, 2018. "고속도로 상의 교통위반 단속을 위한 드론 패트럴 네트워크의 MANET 라우팅 프로토콜 성능비교", 「한국전자통신학회」, 13(1): 107-112.
  - Cho, J. M., 2018. "Performance Comparison among MANET Routing Protocols of Drone

- Patrol Network for Traffic Violation Enforcement on a Highway", *Journal of the KIECS*, 13(1): 107-112.
24. International Civil Aviation Organization. 2012. *Manual on a 300 m (1 000 ft) Vertical Separation Minimum Between FL290 and FL410 Inclusive*, Canada.
25. 정훈, 2016. "드론을 활용한 화물 배송시스템 구축 방향", 한국경영과학회 학술대회논문집, 대전: KAIST.
- Jung, H., 2016. "Direction of cargo delivery system using drones", *Korean Operations Research And Management Society*, Daejeon: KAIST.

Date Received 2018-08-25  
Reviewed(1<sup>st</sup>) 2018-10-25  
Date Revised 2018-11-13  
Reviewed(2<sup>nd</sup>) 2018-11-19  
Date Accepted 2018-11-19  
Final Received 2018-11-22