

# 딥러닝을 이용한 VTS 주의구역 선박교통류 예측 모델(STENet) 개발

김광일\* · 김주성\*\* · 정초영\*\*\* · † 이건명

\*,† 충북대학교 소프트웨어학과, \*\*목포해양대학교 항해학부, \*\*\*군산대학교 해양산업·운송과학기술학부

**요약** : 선박 및 해상교통관제에 있어서 교통 혼잡구역에 대한 선박교통밀도 예측은 선박충돌사고 예방에 중요하다. 선박 교통밀도 예측정보는 사전에 진입하는 선박들에게 속력조정, 우회항로 이용 등 사전 조치가 가능하다. 본 연구에서는 해상 선박교통상황을 딥러닝 네트워크에 학습한 주의구역 선박교통류 예측 모델(Ship Traffic Extraction Network, STENet)을 제안하여 주의구역의 선박교통류 예측을 수행하고자 한다. STENet 모델 학습을 위해 여수해역 AIS 데이터를 전처리하고, 생성된 입력(해상교통상황)-출력(주의구역 교통밀도) 쌍 데이터를 적용하여 STENet 모델을 학습하였다. 학습된 모델을 이용하여 선박교통류 예측을 한 결과, 중기예측은 표준 절대 오차(mean absolute error)가 0.4-0.5척이였으며, 장기예측은 0.7-0.8척의 오차로 기존의 Dead Reckoning에 의한 방법보다 50% 이상 교통밀도 예측성능이 향상되었다.

**핵심용어** : VTS, STENet, AIS, 선박교통밀도, 해상교통관제

### 연구 배경

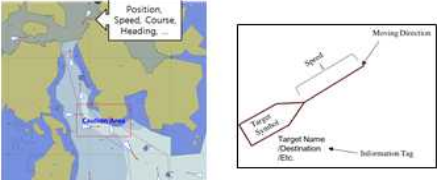
- ❖ 항만의 입구의 선박교통 밀집구역에는 많은 선박들이 입출항 하고 있어, 선박 항해자 및 교통관제사들에게 주의가 필요
- ❖ 교통 밀집정보를 미리 선박 및 관제사들이 알면, 주의구역 진입 전에 선박에 선박주의 경각심 부여(견시원 배치), 속력조정, 대체 항로 이용 등 선행 조치가 가능함.
- ❖ 이에 본 연구에서는 CNN을 이용하여 주의구역에서 선박교통류를 예측하고자 함.



<주의구역 선박교통 밀집 상황>

### 선박 데이터 현황

- ❖ 선박 교통데이터는 선박의 속력 및 침로 변화에 따라 2-10초마다 선박의 정보를 전송함. 전송된 정보는 다음과 같음.
  - 정적 정보 : 선박 ID, 목적지, 선박종류, 선박크기 등
  - 동적 정보 : 선박위치, 속력, 침로, 선수방향 등



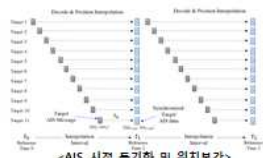
### 기존 방법

- ❖ 기존 교통 밀도 평가 방법은 선박 현재 위치에서 진행방향 각도, 속력에 의해 선박 추측위치를 계산하여 밀도를 평가함.
- ❖ 이 방법은 굵은 항로, 선박 속력변화 영향을 고려하지 못하며, 장기간 선박 교통 예측에 한계가 있음.



### 학습데이터 구성

- ❖ 선박 목적지 예측에 필요한 학습데이터를 다음과 같이 구성함.
  - Input : 대상해역 항해 선박 교통 데이터
  - Output: 주의구역 내 선박 척수
- ❖ 입력된 선박 교통 데이터는 다음의 전처리 과정 수행
  - 각 선박의 정적정보(선박길이, 선박종류) 추출
  - 각 선박의 목적지 및 도선유무 정보 추출
  - 분석 시점의 선박 시각 동기화 및 위치보간

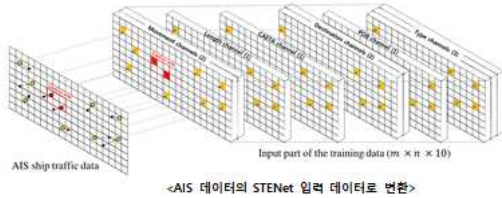


<AIS 시점 동기화 및 위치보간>

† 교신저자 : 정회원, kmlee@cbnu.ac.kr  
 \* 정회원, kikum82@cbnu.ac.kr  
 \*\* 중신회원, jskim@mmu.ac.kr  
 \*\*\* 중신회원, wjdchdud@kunsan.ac.kr

### 학습데이터 구성

- ❖ 대상 해역 선박 위치를 360m x 360m 그리드셀로 구성된  $m \times n$  그리드 상의 위치  $(p, q)$ 에 투영함.
- ❖  $m \times n \times 10$  로 구성된 입력 데이터셋의 각 채널의 각 선박 그리드셀  $(p, q)$  에 선박 이동정보, 선박길이정보, 주의구역 ETA(CAETA), 목적지 정보, 도선정보, 선박종류 정보 입력



### STENet 모델 구성

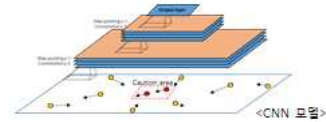
#### ❖ Convolution Neural Network (CNN) model

- CNN 모델은 영상인식 분야에서 좋은 성능을 나타내고 있는 모델로서, 수 개의 Convolutional kernel을 영상에 이동시켜 kernel의 weight를 학습 하는 구조임.

$$C^n = f \left( \sum_{i=1}^{C^{n-1}} \sum_{j=1}^{C^{n-1}} C_{(i,j)}^{n-1} * W_{(i,j)}^n + b^n \right) \text{ <CNN 연산 산식>}$$

- STENet에서 CNN 모델 구성:

Input( $m, n, 2$ )-[Conv-Conv-Conv-Maxpool]x2-Output( $m, n, 4, 2$ )

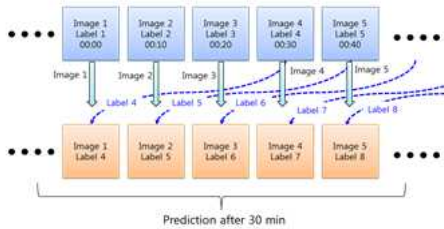


### 학습데이터 구성

#### ❖ 교통 밀도 예측을 위한 학습 데이터 구성

- 현 시점의 데이터셋에 예측하고자 하는 구간 이후의 이미지상 Label 값을 1개의 입력-출력 데이터 쌍으로 구성

<  $t_0$  시점의 데이터셋 ( $m \times n \times 10$ ),  $t_{0+n}$  시점의 Label >



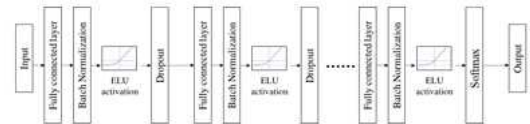
### STENet 모델 구성

#### ❖ Fully Connected Neural Network (FCNN) model

- FCNN은 신경망 레이어의 노드들이 완전 연결된 신경망 네트워크를 의미함

$$N_i^{l+1} = f \left( \sum_{j=1}^n w_{ij}^{l+1} N_j^l + b_i^{l+1} \right) \text{ <Fully connected layer 연산>}$$

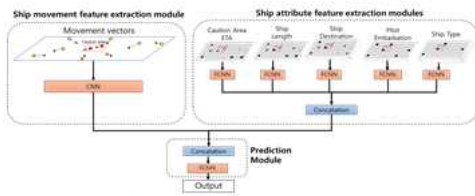
- FCNN의 구성은 Fully connected layer, Batch normalization, Elu activation, Dropout으로 구성.



### STENet 모델 구성

#### ❖ 제안하는 Ship Traffic Extraction Network(STENet)은 다음의 모듈들에 의해 구성됨.

- Ship movement feature extraction module : 선박 이동 정보 추출
- Ship attribute feature extraction modules : Caution area와 관련된 각 선박의 특성 정보 추출
- Prediction Module : Ship movement feature extraction module와 attribute feature extraction modules의 결과를 결합(concatenation)하여 주의구역 교통밀도 예측

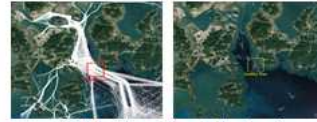


### 학습 및 성능평가

#### ❖ 학습데이터

- 대상 해역 및 데이터 : 여수해역 / 2016-2017년 AIS 데이터

- Input : 선박교통 데이터 set (100x100x10)
- Output : 주의구역 교통밀도 (0-9척, 연속형)



#### ❖ 학습데이터 구분

- Training : 70% / Test: 30%

## 학습 및 성능평가

### ❖ 성능 평가

▪ Mean absolute error(MAE):  $MAE = \sum_{j=1}^n \frac{|y_j - \hat{y}_j|}{n}$  <  $y_j$ : 관측값  $\hat{y}_j$ : 예측값 >

▪ Standard deviation(SD):  $SD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (e_j - \bar{e})^2}{n-1}}$  <  $e_j$ : 관측값-예측값  
 $\bar{e}$ : 관측값-예측값의 평균 >

### ❖ 실험 결과

			DR	VGGNet	STENet
Middle-term Prediction	20-min prediction	MAE	1.004	0.821	0.415
		SD	1.105	1.031	0.566
	30-min prediction	MAE	1.541	1.152	0.651
		SD	1.714	1.441	0.859
Long-term Prediction	40-min prediction	MAE	2.510	1.153	0.717
		SD	2.822	1.591	0.779
	50-min prediction	MAE	3.5413	1.436	0.829
		SD	3.673	1.754	1.077

## 결론

- ❖ 본 연구는 해역의 해상교통 데이터를 기반으로 선박동향 주의구역의 교통밀도를 예측을 위해 STENet 모델을 제안함.
- ❖ 또한 STENet 모델 적용을 위한 학습데이터 구성 방안을 제시함.
- ❖ 전처리한 선박교통데이터와 제안한 모델을 이용하여 기존의 DR에 의한 방법보다 50% 이상 주의구역 예측 성능이 향상됨.
- ❖ 하지만 제안한 모델로 선박교통 특징을 추출하기 위해서는 더 많은 선박교통 데이터가 필요하며, 실 VTS적용은 향후 연구과제로 남음.

14

## 후기

“이 논문은 해양경찰청의 재원으로 수행된 해상교통관제(VTS) 인력 효율적 증장기 운영방안 연구용역 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(20180604FF5).”

“이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 해상교통관제(VTS)에서 선박 교통 빅데이터 기반의 선박충돌 위험도 평가기술 개발 연구사업임(NRF-2016R1A6A3A11935806).“

“이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 사용자 개입 최소화를 위한 고성능 자율 기계학습 플랫폼 기초 원천기술 개발사업임(NRF-2017M3C4A7069432).“