

Dynamic Time Warping을 이용한 컨테이너 식별자 인식 성능 향상

이상린, 구경모, 차의영
부산대학교

A Performance Enhancement of Container ISO-code Recognition using Dynamic Time Warping

Sang-lyn Lee, Kyung-Mo Koo, Eui-Young Cha
Pusan National University
E-mail : sanglynn@Gmail.com

요 약

본 논문은 인식된 컨테이너 식별자 문자열과 컨테이너 작업리스트를 비교하여 작업리스트와 인식된 컨테이너 식별자 문자열을 매칭하는 효율적인 방법을 소개하고자 한다. Dynamic Time Warping 기법을 이용하여 오인식되거나 인식이 되지 않은 문자에 대하여 오독률을 최소화할 수 있는 효율적인 방법을 제안한다. 기존의 문자열 비교방식에 비하여 제안하는 방법을 사용하였을 경우 더 나은 성능을 보였다.

키워드

DTW, 컨테이너 식별자, 문자매칭, 문자 인식

1. 서 론

항만에서 양하 및 적하 작업 중인 컨테이너 영상으로부터 획득된 컨테이너 식별자 후보문자들은 컨테이너 식별자로 그대로 사용되기는 부족하다. 컨테이너 식별자의 일부가 훼손되어서 문자가 오인식 되었거나 컨테이너 식별자가 아닌 다른 문자영역이 획득된 경우가 있다. 또한 영상 처리 단계에서 컨테이너 식별자의 일부 영역을 배경으로 처리하여 인식 못하는 경우가 있다. 따라서 현재 작업 중인 컨테이너에서 획득된 식별자 문자열을 작업리스트와 비교하여 컨테이너 작업리스트에 있는지 확인함으로써 인식률을 높일 수 있다. 작업리스트는 현재 작업장에서 작업하는 컨테이너 식별자목록, 선박명, 컨테이너 크기, 작업 순서 등이 있다. 작업 리스트의 정보 중에서 현재 작업장에서 작업하는 컨테이너 목록과 획득된 식별자를 서로 비교하여 리스트에 있는 목록 중에 가장 유사한 컨테이너 식별자로 매칭하는 방법을 사용하여 인식률을 높일 수 있다.

기존의 Euclidean distance 매칭기법 등을 사용하여 위와 같은 매칭 방식을 사용할 경우 만족할 만한 결과 매칭 결과를 얻지 못한다. 왜냐하면 식별자 후보 문자열에서 오인식한 문자를 가진 문

자열에 대하여 유사도가 매우 낮게 나오게 되어 매칭에 어려움이 있다. DTW 기법을 이용했을 때는 기존의 매칭 기법을 사용했을 때와 달리 오인식된 문자를 가지는 문자열에 대하여 적절한 매칭이 가능하다. 즉 기존의 문자열 매칭기법은 오인식된 문자에 대하여 민감하게 반응하는 반면 DTW를 이용하게 될 때 더 적응적으로 문자열간의 유사도를 비교할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련 있는 DTW에 대해서 기술하였고 3장에서는 DTW를 이용한 컨테이너 식별자 인식 성능을 향상시키는 기법에 대해서, 4장에서는 실시간으로 입력받은 컨테이너 영상에 대하여 제안한 기법을 이용한 문자열 비교를 통한 컨테이너 식별자 인식에 대한 실험 및 결과에 대해서 기술한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺고자 한다.

II. 관련 연구

Dynamic Time Warping (DTW)는 음성인식, 생물정보공학, 로봇틱스, 동작인식, 필기체 문자 인식[1] 등에 널리 쓰이는 알고리즘으로 두 Time series간의 유사도를 결정하기 위해 사용된다. 일

반적으로 Time series간의 유사도를 결정할 때 Euclidean distance 등을 사용된다. 각 point 간의 차이를 제공된 값을 더하는 간단한 방법으로 매칭 한다. 하지만 Euclidean distance의 가장 큰 문제점은 동일한 time series에 대해 하나의 time series가 이동(shift) 되었을 때 유사도가 매우 낮아지는 문제점이 있다.[1]. Dynamic Time Warping(DTW)는 이러한 제약들을 해결한 거리 계산법이다. DTW를 통한 두 time series의 거리 계산할 때 시간 공간에 대하여 신호의 전역적(global), 지역적인(local) 왜곡 또는 이동(shift)에 대해 적절한 매칭이 가능하다. 아래와 같이 길이가 $|X|, |Y|$ 인 두 time series

$$X = x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_{|X|}$$

$$Y = y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_{|Y|}$$

에 대하여 boundary condition, continuity, monotonicity를 만족하는 warping path W 를 구한다.[2]

$$W = w_1, w_2, \dots, w_K$$

여기서 K 는 warping path의 길이이며 이때 warping path의 k 번째 원소는 아래와 같다.

$$w_k = (i, j)$$

warping path는 최초 시작점 $i = 1, j = 1$ 인 원소 $w_1 = (1, 1)$ 에서부터 계산되어지고 k 번째 원소인 $w_K = (|X|, |Y|)$ 까지 계산하게 된다.

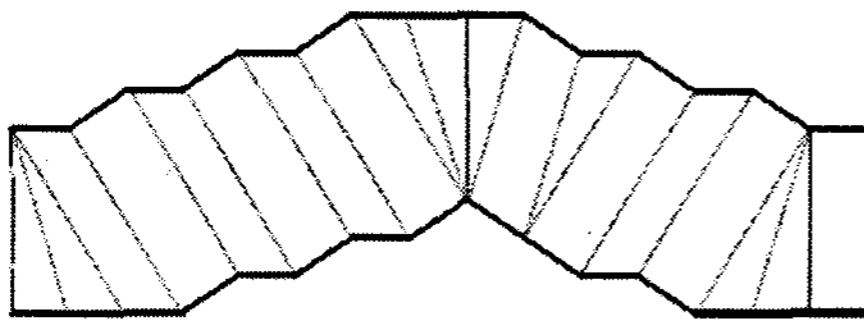


그림 1 DTW를 이용한 두 Time series의 매칭

또한 그림 1과 같이 두 time series간의 warping path가 겹치지 않도록 $j = |X|$ 와 $j = |Y|$ 인 cell까지 계산하게 된다. 아래 식으로 표현하자면

$$w_k = (i, j), w_{k+1} = (i', j')$$

$$i \leq i' \leq i+1, j \leq j' \leq j+1$$

warping path W 의 거리가 아래와 같을 때

$$D(W) = \sum_{k=1}^{K} D(w_{ki}, w_{kj})$$

$D(W)$ 는 warping path W 의 거리를 의미하며 $D(w_{ki}, w_{kj})$ 는 warping path의 k 번째 요소에 X, Y 의 data point index사이의 거리이다.

최종적으로 구하고자 하는 optimal warping path는 구해진 warping path 중에서 최소 거리(minimum-distance)를 가지는 warping path를 의미한다.

최소 거리 warping path를 구하기 위해서는 모든 $|X| \times |Y|$ 크기의 비용 행렬(cost matrix)의 cell이 다 채워져야 한다. dynamic programming을 이용하여 효과적으로 비용 행렬을 채울 수 있다.

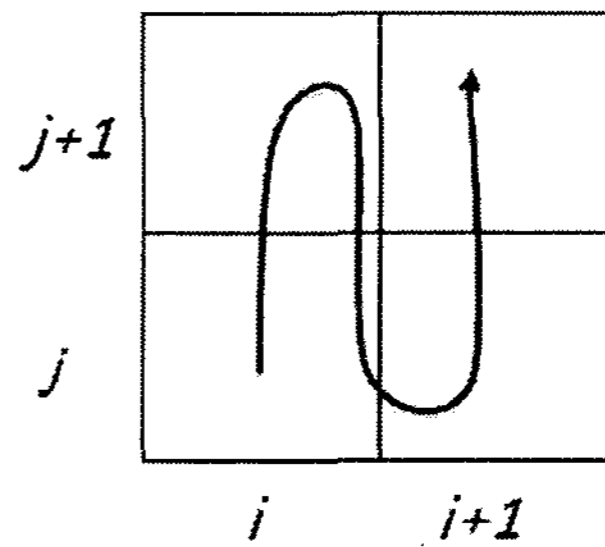


그림 2 비용 행렬(Cost Matrix)을 채워 나가는 순서

비용행렬은 그림 2와 같은 방향으로 cell의 비용값(cost value)을 채워나가게 되고 각 cell의 값은 아래의 식과 같이 정의 될 수 있다.

$$D(i, j) = d(i, j) + \min [D(i-1, j), D(i, j-1), D(i-1, j-1)]$$

여기서 $D(i, j)$ 는 현재 cell의 비용값(cost value)이고 이 값은 현재 point i 와 j 의 거리 $d(i, j)$ 의 값과 현재 cell의 왼쪽(left), 아래(down), 왼쪽아래(bottom-left)의 cell등 중에 최소인 cell의 값의 합으로 계산되어 진다. 이때 $d(i, j)$ 는 Euclidean distance와 같은 기존의 거리 측정 방법을 사용하여 계산되어 진다.

III. DTW를 이용한 컨테이너 식별자 인식 성능 향상

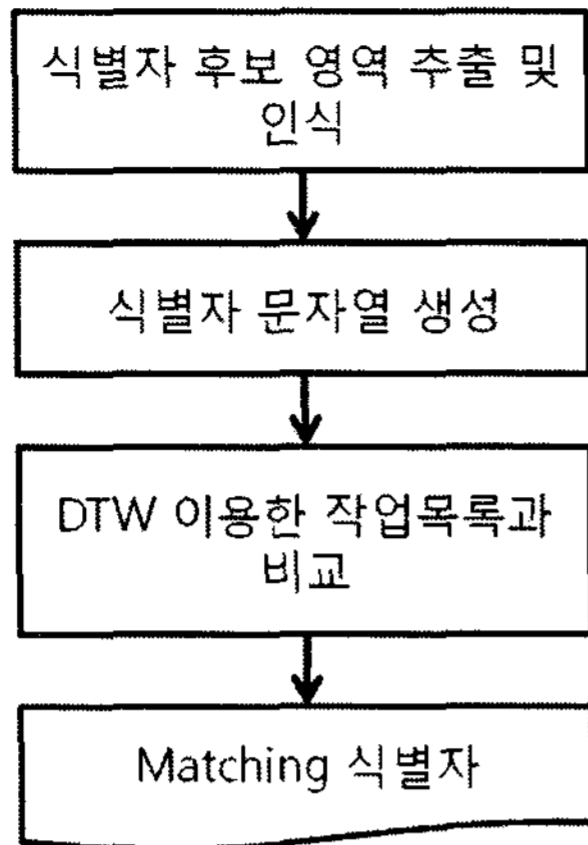


그림 3 DTW를 이용한 컨테이너 식별자 인식 성능 향상 과정

본 논문에서는 DTW를 이용한 컨테이너 식별자 향상을 하기 위해 그림 3과 같은 단계를 거치고 있다.

1. 식별자 후보 영역 추출 및 인식

컨테이너 식별자 영상이 입력되면 Top-Hat Transform을 이용하여 식별자 후보 영역을 찾고 이진화 한 뒤 Labeling된 결과를 가지고 배경과 문자영역을 구분 하고 그림 4와 같이 문자 영역이 추출된다. 추출된 문자영역에서 개별 문자들을 세그먼트 과정을 거친 이후 오류 역전파 알고리즘을 이용하여 추출된 개별문자들을 인식한다.[3] 조명상태, 식별자가 훼손된 경우, 컨테이너가 움직이는 경우 등의 이유로 인식된 개별 문자들은 오인식되거나 배경으로 인식되는 경우가 생긴다. 이러한 경우에 대해 무시하고 인식된 개별 문자를 다음단계에 이용하게 된다.

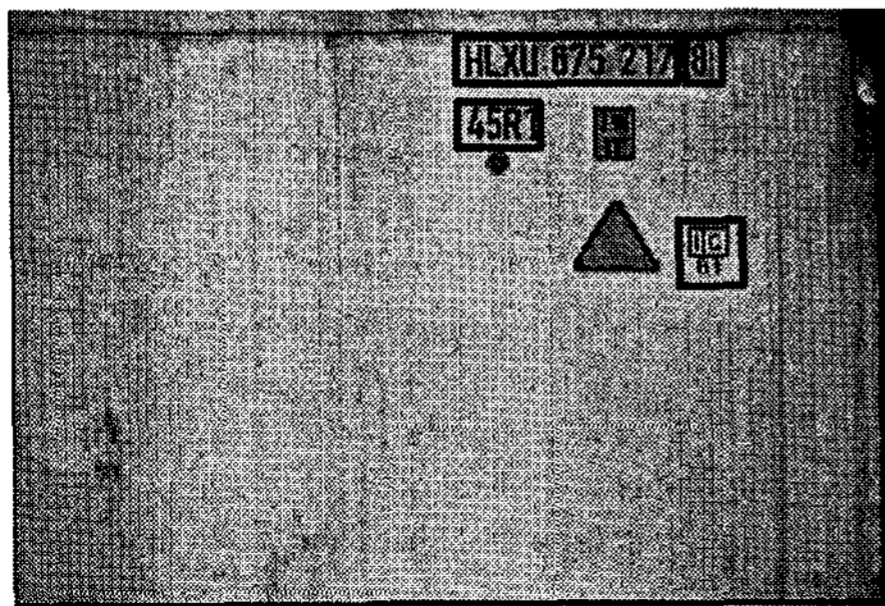


그림 4 컨테이너 식별자 후보 문자영역 추출

2. 식별자 문자열 생성

식별자 후보 영역 추출 및 인식 과정에서 획득

된 문자 영역 중에서 가장 긴 문자열을 가지는 문자영역을 식별자 문자열에 포함되는 문자 영역이라고 두고 이 문자영역이 가지는 문자열을 기준으로 식별자 문자열을 생성한다. 문자열의 길이가 컨테이너의 식별자 길이인 11자리가 안 되는 경우 이웃 문자영역을 포함시켜서 새로운 문자영역을 생성한다. 또한 컨테이너 식별자는 영어영역과 숫자 영역으로 구성되어있기 때문에 인식된 결과가 식별자의 영어부분에 숫자가 인식된 것과 숫자부분에 영어가 인식된 것에 대해서는 실험적으로 유사한 영어문자 또는 숫자로 바꾸는 선처리 과정을 거쳤다.

3. DTW 이용한 문자열 비교

식별자 문자열 생성 단계에서 만들어진 식별자 문자열과 작업리스트의 컨테이너 식별자 목록과 비교하게 된다.

작업리스트에는 현재 작업장에서 작업되는 수백 개의 컨테이너 식별자 목록을 가지고 있다. 그림5와 같이 작업리스트의 식별자 목록과 이전 단계에서 생성한 식별자 문자열을 DTW 기법을 이용하여 비교하게 된다. 식별자 목록 중에서 DTW를 이용하여 구한 warp path 최소가 되는 식별자를 Matching 식별자로 얻게 된다.

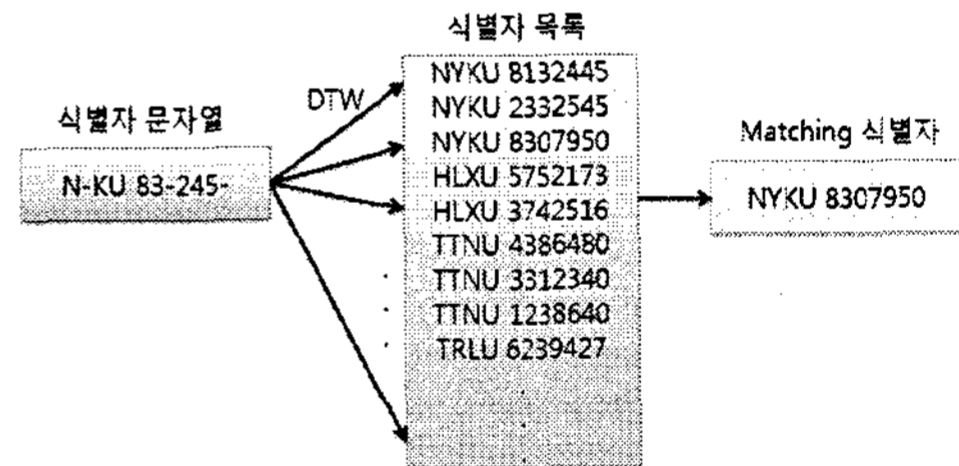


그림 5 DTW를 이용한 문자열 비교

IV. 실험 및 결론

컨테이너 양하, 적하 작업이 진행되는 동안 고정된 카메라를 통해 그림6과 같은 720x486 그레이스케일 영상을 획득하였다. 획득된 영상은 주기적으로 컨테이너 차량이 들어올 때마다 획득된 영상이며 하루 동안 획득된 영상 중에 임의로 시간에 찍힌 587개의 영상을 실험 데이터로 사용하였다. 컨테이너 식별자목록의 개수는 214개이다.

실험을 통해 획득된 컨테이너 영상에서 작업리스트의 식별자 목록과 비교 하지 않은 인식 결과, 인식된 식별자 결과와 식별자 목록과 기존의 방법으로 비교한 인식 결과, 제안한 방법을 이용하여 비교한 인식 결과를 얻었다. 실험한 결과는 다음 표 1과 같다.

표1 실험 결과

	문자인식	문자 인식률(%)
비교 방법 사용 없음	223/587	37.99%
기존의 비교 방법	370/587	63.03%
제안한 방법	480/587	81.77%

영상의 처리 단계나 입력되어 들어오는 식별자 자체의 영상의 품질이 낮은 경우가 많았기 때문에 인식된 식별자의 결과를 그대로 사용할 경우 매우 낮은 문자 인식률을 보였다. 기존의 비교방법을 사용함으로써 문자 인식률을 많이 높일 수 있었지만 식별자 중간에 훼손된 문자가 있었을 때 비슷한 식별자로 매칭하지 못하는 경우가 발생하였기 때문에 인식률을 더 높일 수 없었다. 제안하는 방법을 적용했을 때 식별자 중간에 문자가 훼손되어 오인식된 문자되거나 인식 안 된 문자에 대하여 적응적으로 매칭하기 때문에 문자의 인식률이 높게 나타남을 볼 수 있다.

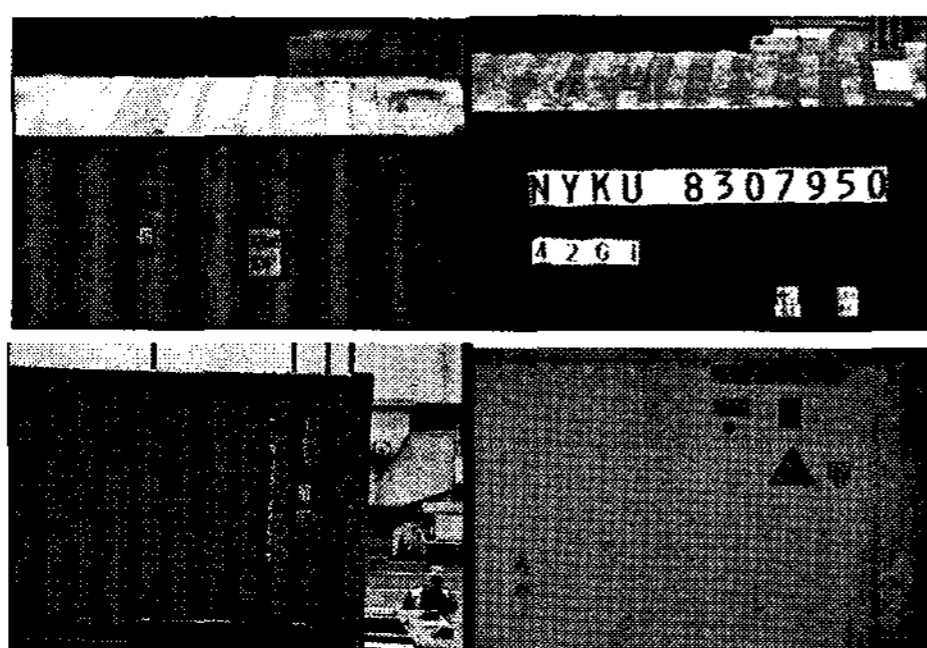


그림6 실험에 사용된 컨테이너 영상

V. 결 론

본 논문에서는 DTW를 이용하여 컨테이너 영상으로부터 인식된 컨테이너 식별자 후보 문자열과 컨테이너 작업 목록을 비교하는 방법을 통해 인식 되었거나 컨테이너 식별자가 아닌 다른 문자영역이 획득된 경우에 대하여 인식률을 높일 수 있는 효율적인 방법 제안을 제안하였다.

입력되는 컨테이너 영상에서 문자영역을 추정 한 뒤 개별 문자를 획득, 식별자 후보 문자열을 만들었다. 식별자 후보 문자열 중에서 가장 긴 문자열을 기준으로 DTW 기법을 이용하여 현재 진행 중인 작업 목록과 비교하였다.

식별자 후보 문자열과 작업 목록과 비교할 때 두 문자열이 warp path 길이의 임계값에 따라 결과가 차이가 생겼다. 따라서 적절한 임계값을 설정하는 것이 중요하다.

실험을 통하여 제안된 기법이 컨테이너 식별자

의 후보 문자열과 작업 리스트 비교 방식에 비해 더 나은 성능을 보여 주었다.

참고문헌

- [1] 배윤지, 김황수, Dynamic Time Warping을 이용한 자기파형 인식, 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, Vol. 30, No. 2, 2003
- [2] Eamonn J. Keogh and Michael J. Pazzani. Scaling up Dynamic Time Warping to Massive Datasets. In PKDD99, number 1704 of LNA1, Prague, Czech Republic, pages 1-11,1999.
- [3] 구경모, 차의영, 항만 영상정보시스템 구축을 위한 컨테이너 식별자 인식, 한국 해양정보 통신학회 추계종합학술대회, Vol.11 , No.1 pages 721-723, 2007