단일 카메라를 이용한 VFH기반의 실시간 주행 기술 개발[†]

(VFH-based Navigation using Monocular Vision)

박 세 현*, 황 지 혜**, 주 진 선***, 고 은 정***, 류 정 탁****, 김 은 이*****
(Sehyun Park, Jihye Hwang, Jin Sun Ju, Eunjeong Ko, Juangtak Ryu, and Eun Yi Kim)

요 약 본 논문에서는 단일 카메라로부터 주어진 영상을 실시간으로 장애물과 비장애물 영역으로 분류 한 후 VFH를 이용하여 안전한 경로를 선정하는 실시간 주행 시스템을 개발한다. 제안된 시스템은 배경 분류기, 점유 그리드맵 생성기와 VFH기반의 선정기로 구성된다. 배경 분류기는 입력된 320×240 영상의 색조와 명도 정보를 이용하여 실시간으로 배경과 장애물 영역을 분류한다. 점유 그리드맵 생성기는 이를 바탕으로 위험도에 따라 10개의 그레이 레벨을 가지는 32×24의 점유 그리드맵을 생성한다. VFH를 이용하여 폴라 히스토그램을 작성한 후 밀도가 낮은 곳으로 주행 경로를 결정 한다. 제안된 기술의 효율성을 증명하기 위하여 다양한 형태의 장애물을 포함하는 실내 및 실외 환경에서 평가 하였으며 센서 기반의 그 결과는 기존의 센서기반의 주행시스템과 비교 되었다. 그 결과 제안된 시스템은 88%의 정확도를 보였으며, 기존의 시스템보다 실시간으로 빠르고 안전한 주행을 수행할 수 있음이 증명되었다.

핵심 주제어 : VFH(Vision field Histogram), Occupancy Grid map, 비전 기반 내비게이션, 단일 카메라, 배경 분류기

Abstract In this paper, a real-time monocular vision based navigation system is developed for the disabled people, where online background learning and vector field histogram are used for identifying obstacles and recognizing avoidable paths. The proposed system is performed by three steps: obstacle classification, occupancy grid map generation and VFH-based path recommendation. Firstly, the obstacles are discriminated from images by subtracting with background model which is learned in real time. Thereafter, based on the classification results, an occupancy map sized at 32×24 is produced, each cell of which represents its own risk by 10 gray levels. Finally, the polar histogram is drawn from the occupancy map, then the sectors corresponding to the valley are chosen as safe paths. To assess the effectiveness of the proposed system, it was tested with a variety of obstacles at indoors and outdoors, then it showed the accuracy of 88%. Moreover, it showed the superior performance when comparing with sensor based navigation systems, which proved the feasibility of the proposed system in using assistive devices of disabled people.

Key Words : VFH (Vector Field Histogram), Occupancy Grid map, Vision-based navigation, monocular vision, Background classification

[†] 이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. KRF-2008- D00378)

* 대구대학교 정보통신공학부, 제 1 저자

** 건국대학교 신기술융합학과, 제 2 저자

*** 건국대학교 신기술융합학과

**** 대구대학교 전자공학부

***** 건국대학교 인터넷·미디어공학부, 교신저자

1. 서 론

다양한 환경에서 장애물을 자동으로 감지하고 회피할 수 있는 주행시스템은 이동로봇뿐만이 아니라 장애인을 위한 이동 보조 기기 분야 에서도 많은 관심을 받으며 개발 되고 있다[1].

그 이유는 보행자 및 건물을 비롯한 다양한 장애물과의 충돌을 막고 안전하게 회피할 수 있도록 돕는 자동 주행시스템은 장애인의 안전한 이동을 위해 필수적이기 때문이다[2].

따라서 지금까지 많은 주행시스템이 개발 되어 왔으며[8], 이들은 크게 센서 기반 주행시스템과 비전 기반의 주행시스템으로 분류된다.

센서 기반 주행시스템은 장애물의 감지를 위해 초음파 및 적외선 센서와 같은 저가의 거리 감지 센서를 이용하거나 보다 넓은 범위를 정확히 스캔할 수 있는 고가의 laser range finder 및 3D 기반의 멀티 센서를 사용한다. 이 중 대부분의 센서기반 주행시스템은 초음파 및 적외선 센서를 사용한다. 그림 1의 (a)는 초음파 센서를 이용한 센서기반의 주행시스템의 예를 보여준다.

이들 시스템은 부착된 거리 센서로부터 장애물의 위치 및 사용자와의 거리를 인식하고, VFH(Vector Field Histogram)를 통해 안전한 회피 경로를 선정한다.

<그림 1> 기존 자동 주행 시스템의 예 (a) 센서 기반 시스템 (b) 비전 기반의 에지 정보를 사용한 시스템

VFH는 센서로부터 얻어진 거리 정보를 통해 장애

물의 밀도를 나타내는 폴라 히스토그램을 생성하고 경계 값을 이용하여 회피방향을 선정하는 방법으로써 빠른 실시간 동작과 구현이 용이하다는 장점이 있다. 하지만 이러한 센서기반 방법은 센서가 측정된 정보에 의존하여 폴라 히스토그램(Polar Histogram)을 생성하기 때문에 실내·외 다양한 환경에서 다양한 장애물을 정확히 인식하기 위해 많은 개수의 센서를 필요로 한다. 하지만 이는 센서간의 간섭을 야기할 뿐만 아니라 계산 비용을 증가시킨다는 단점이 있다.

이러한 단점을 보완하기 위해 비전 기반 시스템이 많이 개발 되었다. 바닥에서 돌출된 정도로 장애물을 구분하는 센서 기반 주행시스템과 달리 비전 기반 시스템은 영상에서의 에지, 색상 및 형태 등의 외관을 이용하여 장애물을 구분한다[9]. 예를 들어, 그림 1의 (b)와 같이 에지 정보를 이용해 복도의 경계를 인식하여 사용자의 주행을 유도하는 방법이 있다. 이 중 가장 많이 사용된 방법은 배경 색상을 이용한 것이다[7]. 하지만 배경 색과의 차이에 의한 장애물 분류는 조명 및 다양한 환경 변화에 영향을 많이 받는다. 이를 해결하기 위해서는 실시간의 지속적인 배경 모델의 업데이트가 필요하다. 하지만 이는 사전학습과 복잡한 계산을 필요로 하는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 실시간의 온라인 배경학습을 이용한 장애물 감지 기술 기반으로 다양한 장애물을 강건하게 인식 할 수 있는 주행시스템을 제안한다. 그림 2는 제안된 시스템의 구조를 보여준다.

<그림 2> 제안된 시스템 개요

제안된 시스템은 크게 온라인 배경 학습을 이용한 장애물 분류기, Occupancy grid map 생성기 그리고 VFH기반의 경로 선정기로 구성된다. 먼저 실시간으로 입력된 320×240 영상을 온라인 배경 학습으로부터 얻

어진 배경 모델을 이용하여 장애물과 배경으로 분류한다. 이러한 분류 결과는 점유 그리드 맵 생성기를 통해 실제 영상에 맵핑된 23×24의 점유 그리드 맵에 표현된다. 점유 그리드 맵의 각 셀은 장애물과의 밀도에 따라 0~9의 그레이 레벨로 위험도를 표현한다. 마지막으로 생성된 점유 그리드 맵은 VFH를 이용한 경로 선정기의 입력으로 주어진다. 경로 선정기는 점유 그리드 맵으로 부터 폴라 히스토그램을 생성한다. 생성된 폴라 히스토그램을 분석하여 사용자가 정지, 좌·우회전으로 보행할 수 있도록 경로를 선정해 준다.

제안된 시스템의 안정성과 효율성을 증명하기 위해 다양한 환경에서 센서기반의 방법과 비교하였다. 실험 결과 제안된 시스템은 정확도가 평균 88%로 센서기반 방식보다 20%가 더 높았고 처리 속도는 2.5배 더 빨랐다. 또한 제안된 시스템은 기존 센서기반의 시스템이 감지하지 못하는 작은 장애물도 정확히 검출해 냈다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 장애물과 배경을 분류하는 방법인 배경 분류기를 설명하였고 3장에서는 점유 그리드 맵 생성 방식에 대해 설명하였으며, 4장에서는 VFH 기반의 경로 선정기에 대해 설명하였다. 5장에서는 기존 센서 기반 시스템과 제안된 시스템을 정확도와 효율성에 대해 비교 실험 하였다. 5장의 결과를 토대로 6장은 결론으로 끝을 맺는다.

2. 배경 분류기

배경 분류를 위해 먼저 가우시안 필터를 이용하여 입력 영상에 포함된 잡음을 제거한다. 잡음 제거 후 배경색을 이용한 장애물 분류가 수행된다. 배경색을 정의하기 위해, 본 논문에서는 전체 영상이 아니라 바닥으로부터 사다리꼴의 영역만을 참조한다(그림 3(a)). 최고 1초 이내에 참조영역 내에 존재하는 화소들의 색조와 명도 값을 누적하여 히스토그램을 작성하고 이를 배경모델로 사용한다. 이러한 배경모델은 실시간 영상이 입력됨에 따라 지속적으로 변화한다.

배경모델이 학습이 되면 입력 영상에서의 각 화소는 배경 모델을 이용하여 장애물과 비장애물로 분류된다. 이때, 사용되는 식은 다음과 같다.

$$M_t = 1 \quad \text{if } |H_B(i) - H_t(i)| \leq T_H \text{ and } |I_B(i) - I_t(i)| \leq T_I$$

$$M_t = 0 \quad \text{otherwise} \quad (1)$$

식 (1)에서 T_H 와 T_I 는 색상과 명도의 임계치이며 실험을 통해 60과 80으로 정의하였다.

그림 3(a)는 입력 이미지와 참조영역을 보여주며 그림 3(b)와 (c)는 배경 모델의 색상과 명도의 히스토그램을 보여준다. 그림 3(d)는 최종적으로 배경영역과 장애물 영역을 분류한 결과를 보여준다. 그리고 그림 3(d)에서 흰색 영역은 배경, 검정색 영역은 장애물을 나타낸다.

(a) (b) (c) (d)

<그림 3> 배경과 장애물 분류 결과

(a)입력영상 (b)색조 히스토그램 (c)명도 히스토그램 (d)배경 분류 결과

3. 점유 그리드 맵 생성기

점유그리드 맵 생성기는 배경과 장애물 영역의 분류 결과를 32×24개의 셀로 나눈 것으로 각 셀은 위험도에 따라 10개의 그레이 레벨로 표현된다. 점유 그리드 맵을 실제 환경에 매핑하기 위해 제안된 방법에서

<그림 4> 카메라 화각을 기반으로 정의한 그리드 맵

는 카메라의 화각을 기반으로 그리드 맵을 정의 하였다. 제안된 시스템에서 사용된 카메라는 실제 환경에서 120도의 화각을 가지며, 14m×50m의 촬영 범위를 가진다. 그림 4는 카메라의 화각을 기반으로 정의된 격자 맵을 보여준다.

배경 영역과 장애물 영역의 분류 결과는 점유그리드 맵 맵핑 단계를 통해 위험도에 따라 10개의 그레이 레벨을 가지는 점유그리드 맵으로 그림 5와 같이 변환 된다. 각 그레이 레벨은 $1/10 \times (\# \text{ 장애물 화소})$ 로 분류된 픽셀 개수에 의해 정해지며, 그림 6의 (c)와 같이 그레이 레벨 값이 높을수록 더 위험한 셀로 간주된다.

<그림 5> 320×240 장애물 검출 결과를 위험도에 따라 32×24의 맵으로 변환한 결과

(a) (b) (c)
<그림 6> 점유그리드 맵 경로가 (a) 입력영상 (b) 장애물 분류 결과 (c) 10 level 점유그리드 맵 생성 결과

4. VFH 기반의 경로 선정기

VFH(Vector Filed Histogram)는 장애물의 밀도를 표현하는 히스토그램을 통해 최대 경로를 선정하는 방법이다. 일반적으로 거리 감지 센서 데이터 정보를

많이 사용하지 않으며, 멀티 센서 정보도 사용 되고 있다. 제안된 시스템에서는 센서 정보 대신 비전 정보를 사용하였다. 비전 정보를 기반으로 VFH를 사용하기 위해 그림 7과 같은 마스크를 정의 한다. 그림 7에서 보이듯이 실제 공간에서의 각 장애물의 크기 및 위치는 점유 그리드 맵에 표현이 된다. 그 후 정의된 섹터 마스크와 생성된 점유그리드 맵이 맵핑되어 폴라 히스토그램을 생성한다. 생성 방법은 다음과 같다.

- ① 각 섹터(i)에 분포된 점유그리드 맵의 셀을 위험도에 따라 누적한다.
- ② 폴라 히스토그램 PH(i)에서 valley와 peak를 검색한 후 그 분포에 따라 방향이 결정된다.

직진 if $70 \leq i < 110$
좌회전 if $5 \leq i < 75$
우회전 if $100 < i \leq 175$
정지 otherwise

30개의 각각의 섹터들은 해당 섹터에 포함되는 장애물의 위험 정도를 의미하는 극 장애물 밀도 값(POD, polar obstacle density)을 가지며, 이 값을 통해 폴라 히스토그램을 생성한다. 폴라 히스토그램에는 높은 POD값을 가지는 섹터들의 집합인 Peak와 낮은 POD값을 가지는 섹터들의 집합인 valley가 존재한다. 히스토그램에 valley가 분포하는 것에 따라 경로를 선정하게 되고 valley의 특징이 없을 경우 정지의 경로 선정을 한다.

<그림 7> 점유그리드 맵 기반 폴라 히스토그램 생성을 위해 정의된 섹터 마스크

<그림 8> 방향 별 폴라 히스토그램 특징 (a) 실의 사람 없고 직진인 경우 (b) 실내 사람 많은 경우 (c) 실내 사람 없고 좌회전인 경우 (d) 실내 사람 없고 우회전인 경우

그림 8 은 정의된 섹터마스크를 점유그리드 맵과 맵핑시킨 폴라 히스토그램 결과이다. 각각의 valley분포에 따라 그림 8(a)는 직진, 8(c)는 좌회전, 8(d)는 우회전의 경로를 선정하게 되고 8(b)에서는 valley의 특징 점이 없기 때문에 정지의 경로 선정을 하게 된다.

5. 실험

제안된 방법의 정확도와 효율성을 평가하기 위하여 일반적인 거리 기반 센서를 이용한 VFH방법과 제안된 방법을 비교한다. 이를 위해 두 가지 실험이 설계되었다. 첫 번째 실험은 제안된 주행시스템이 다양한 형태와 크기를 가지는 장애물을 검출하고 이를 회피할 수 있는지 확인하기 위한 정확도 측정 실험으로, 그 결과는 기존의 센서 기반의 VFH 시스템과 비교 및 분석 되었다. 두 번째 실험은 실제 환경에서 실시간으로 얼마나 빠르고 효율적으로 장애물을 회피하면 주행할 수 있는지 확인하기 위한 효율성 측정 실험이다.

5.1 정확도 측정

다양한 장애물 검출의 정확도를 비교하기 위해 제안된 방법과 센서기반의 VFH를 이용하였다. 일반적인 거리 센서기반의 VFH를 구현하기 위하여 초음파 센서 8개와 적외선 센서 4개를 $5^{\circ} \sim 175^{\circ}$ 사이에 15° 간격으로 분할하여 그림 9와 같이 센서를 배치하였다.

각각의 초음파 센서의 감지거리는 5400mm 이고 적외선 센서는 550mm 이다.

<그림 9> 센서 기반의 폴라 히스토그램 생성을 위해 정의된 센서 위치

그림 10은 거리 센서가 측정한 일반적인 직진 상황의 폴라 히스토그램을 보여준다. 그림 10(b)의 각 히스토그램 값은 12개 센서의 POD값을 나타낸다.

<그림 10> 거리센서가 측정한 일반적인 직진상황의 예 (a)원 영상 (b)히스토그램 결과

제안된 방법의 장애물 검출 정확도를 증명하기 위해 크기가 다양한 장애물로 실험하였다. 장애물은 돌출된 형태의 장애물과 중간이 비어있는 장애물(floating obstacle), 작고 평평한 장애물(flat obstacle), 작고 가는 장애물 등이 사용되었다. 그림 11은 제안된 방법과 센서를 이용한 폴라 히스토그램의 비교 결과를 보여준다.

그림 11의 (c)와 (d)는 다양한 장애물에 대해서 제안된 방법과 센서 기반의 방법을 실험한 결과를 보여준다. 돌출된 형태의 장애물의 경우 제안된 방법과 센서기반의 VFH 방법 모두 장애물 정확히 검출을 하였고 비슷한 폴라 히스토그램을 보였다. 그림 11 (c)의 폴라 히스토그램 결과에서 녹색으로 표시된 부분이 장애물을 검출한 결과이다. 그림 11의 첫 번째 이미지는 중간이 비어 있는 장애물으로써 제안된 방법으로는 검출이 되었지만 센서 기반의 방법은 정확하게 검출

<그림 11> 다양한 장애물에 대한 회피 경로 선정 결과 (a) 원영상 (b) 점유그리드 맵 (c) 제안된 시스템에 의해 생성된 플라 히스토그램 (d) 센서 기반 주행 시스템에서 생성된 플라 히스토그램

하지 못하였다. 결과적으로 제안된 방법은 센서가 감지하지 못하는 작은 장애물에 대해서도 정확한 검출을 수행하였다.

표1은 센서와 비전 기반의 실험의 정확도 결과를 나타낸다. 센서는 평균 68.4%이며 비전은 이보다 높은 88%의 정확도를 보였다. 평균적으로, 제안된 방법은 다양한 종류의 장애물을 센서 기반의 방법보다 정확하게 검출하였다.

<표 1> 장애물 정확도(%)

정확도(%)	시스템	센서 기반	비전 기반
실외		68.8	86
실내		68	90
평균		68.4	88

따라서 실험 결과는 제안된 방법이 기존의 시스템보다 보다 정확하게 다양한 형태의 장애물을 감지하고, 안전한 회피 경로를 생성할 수 있음을 증명하였다.

5.2 효율성 측정

제안된 방법이 실제 환경에서 실시간으로 빠르고 효율적으로 사용 할 수 있는지 측정하기 위하여 제안된 방법과 센서기반의 방법의 모듈 별 처리 시간과

실제 주행 시 장애물의 오검출 률을 비교 하였다. 이 실험을 위해 HPDV6700 Pentium Dual core 1.9GHz 과 2GB Memory의 성능을 가지는 노트북에 Dragonfly CCD 카메라를 연결하여 사용하였으며, 320×240영상을 12 frame/sec로 받아 처리 하였다. 표 2는 제안된 방법과 센서 기반방법의 처리 시간을 비교한 결과이다.

<표 2> 장소에 따른 모듈 별 처리시간(ms)

모듈 방법	제안된 방법		센서 기반 방법	
	홀	복도	홀	복도
장소				
장애물 검출	82	82	296	296
VFH생성	0.027	0.027	0.45	0.45
평균	83	83	297	283

모듈 별 처리 시간을 측정한 결과 제안된 방법은 장소에 영향을 받지 않고 평균 83ms로 처리 하였지만 센서 기반의 방법은 넓은 장소의 경우 처리 시간이 약 15ms 느렸다. 즉 제안된 방법보다 3배의 처리시간이 더 소요 되었다. 따라서 제안된 시스템이 센서 기반의 방법보다 실시간으로 효율적인 주행 경로 선정을 수행함을 알 수 있었다.

그림 12은 제안된 방법과 센서 기반의 방법이 실제 환경에서 안전하게 주행 할 수 있는지 비교하기 위해 수행 된 장애물의 오검출률 측정 결과이다. 실험 결과

제안된 방법이 센서 기반의 방법 보다 오검출률이 약 20% 낮았다.

<그림 12> 장애물 오검출률 결과

결과적으로 제안된 방법이 실제 환경에 적용 되었을 때 다양한 형태적 특징을 가지는 장애물들을 빠르고 정확하게 검출함으로써, 안전한 주행을 수행 할 수 있음을 증명 되었다.

6. 결 론

본 논문에서는 다양한 실내·외 환경에서의 안전한 자동 주행을 위해 단일 카메라를 이용한 비전 기반의 시스템을 제안하였다. 이를 위해, 본 연구에서는 온라인 배경 학습과 VFH를 이용하였다. 제안된 시스템의 안정성과 효율성을 증명하기 위해 다양한 환경에서 실험이 수행되었고, 그 결과 센서기반의 방법과 비교 되었다. 실험결과 제안된 시스템은 정확도가 평균 88%로 센서기반 방식보다 20%가 더 높았고 처리 속도는 2.5배 더 빨랐다. 또한 제안된 시스템은 기존 센서기반의 시스템이 감지하지 못하는 작은 장애물도 정확히 검출을 수행해 냈다. 결과적으로 실시간으로 장애물을 감지하고 회피하는데 더 효율적이라는 것을 증명하였고, 장애인의 안전한 주행 보조 시스템의 실용가능성을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Ju. et al, "Vision-based interface system for hands free control of an Intelligent Wheelchair," JNER, Vol.6, 2009
- [2] DeSouza. et al, "Vision for Mobile Robot Navigation: A Survey," IEEE Trans. on PAMI, Vol.24, No.2, 2002
- [3] Levine. et al, "The NavChair Assistive Wheelchair Navigation System," IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering, Vol.7, No.4, 1999
- [4] Ju. et al, "EYECane: Navigating with camera embedded white cane for visually impaired person," Eleventh International ACM SIGACCESS, 2009
- [5] Minguez. et al, " An architecture for Sensor-Based Navigation in Realistic Dynamic and Troublesome Scenarios." IEEE Int. Conf. on Intelligent Robot and systems, 2004
- [6] Yuwei. et al, "Multi-sensors Based 3D Mobile Navigation and Its Application on Telecommunication Services and Social Networking." TKK Technical Report in Computer Science and Engineering, BTKK-CSE-B1, 2008
- [7] Gaspar. et al, "Vision-based Navigation and Environmental Representations with an Omni-directional Camera." IEEE Transavtions on Robotics and automation, Vol. 16, No. 6, December 2000.
- [8] 김태의, 이상윤, 권경수, 박세현, "시선 인식을 이용한 자율 주행 휠체어 시스템" 한국산업정보학회 논문지 제 14권 제4호 pp.91-100 2009. 12
- [9] 신윤희, 주진선, 김은이, 박세현, 정기철, "HCI를 위한 트리 구조 기반의 자동 얼굴 표정 인식" 한국산업정보학회논문지 제 12권 제3호 pp.60-68 2007

박 세 현 (Sehyun Park)

- 경북대학교 공학박사(컴퓨터비전 전공)
- (전)조선대학교 교수
- (현)대구대학교 정보통신공학부 교수

- 정보처리학회 이사
- 관심분야: 컴퓨터비전

류 정 탁 (Juantak Ryu)

- (일)학술진흥재단 특별연구원
- (일)OSAKA공대 벤처 비즈니스 연구소 강사
- 구미국가산업단지 산업기술자문 위원

- 경북테크노파크 대구대특화센터 센터장
- (미)Duke Univ. 전자공학부 연구교수
- 대구대학교 전자공학부 교수
- 관심분야: 센서시스템 및 나노전자기술

황 지 혜 (Jihye Hwang)

- 2011년 건국대학교 멀티미디어 졸업(학사)
- 2011년 건국대학교 신기술융합학과 입학(석사)

- 관심분야: 컴퓨터 비전, 시각장애인용 길안내 시스템

김 은 이 (Eun Yi Kim)

- 1999년 경북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(석사)
- 2001년 경북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(박사)

- 2002년~ 건국대학교 인터넷·미디어공학부 교수
- 관심분야: 컴퓨터 비전, 패턴인식, 사용자 인터페이스, 디지털 콘텐츠, 생체인증 시스템

주 진 선 (Jin Sun Ju)

- 2008년 건국대학교 신기술융합학과 졸업(석사)
- 2008년~ 건국대학교 신기술융합학과 재학 (박사)

- 관심분야: 로봇 내비게이션, 패턴인식, 지능형 휠체어

고 은 정 (Eunjeong Ko)

- 2008년 건국대학교 인터넷미디어 공학부 멀티미디어과 졸업(학사)
- 2011년 건국대학교 신기술융합학과 졸업 예정(석사)

- 관심분야: 보행 안내 시스템, 컴퓨터비전, 로봇 내비게이션

논문접수일: 2011년 01월 20일
1차수정완료일: 2011년 03월 09일
2차수정완료일: 2011년 03월 22일
게재확정일: 2011년 03월 29일