곡선주행 실시간 주행성 분석을 위한 스키드 차량의 동역학 모델링

A Dynamic Modeling of 6×6 Skid Type Vehicle for Real Time Traversability Analysis over Curved Driving Path

주 상 현, 이 지 흥*
(Sang Hyun Joo¹ and Jihong Lee²)

¹Agency for Defence Development

²Chungnam National University

Abstract: Real-Time Traversability should be analyzed from the equipped sensors' data in real time for autonomous outdoor navigation. However, it is difficult to find out such traversability that considers the terrain roughness and the vehicle dynamics especially in case of skid type vehicle. The traversability based on real time dynamic analysis was proposed to solve such problem but in navigation with strait driving path. To adapt the method into the navigation with curved driving path, a path following controller should be incorporated into the dynamic model even though it cause the real time problem. In this paper, a dynamic model is proposed to solve the real time problem in the traversability analysis based on real time dynamic simulation. The dynamic model contains the control dummy which is connected to the vehicle body with a universal joint to follow the curved path without controller. Simulation and experimental results on 6×6 articulated unmanned ground vehicle demonstrate the method's effectiveness and applicability into the traversability analysis on terrain with bumps.

Keywords: real time traversability, unmanned ground vehicle, real time simulation, dynamic model

I. 서론

현대전에서의 대칭/비대칭 전투 환경에서 병사는 위험하고(dangerous), 어렵고(difficult), 지루한(dull) 임무를 수행하여야 한다. 그러나 미래 전장 환경에서는 군사용 로봇이 병사를 대체하여 어렵고 긴급한 임무를 수행할 것으로 예측된다. 이러한 미래전에서 요구되는 군사용 로봇을 개발하기 위해서는 자율주행기술의 개발이 필수적이다. 자율주행기술은 로봇 및 무인차량에 장착된 센서를 이용하여 외부환경을 인식하는 월드모델링 및 지형인지 계층과 외부인식결과를 기반으로 인식 맵 제작, 경로계획, 실시간 주행성 분석 등을 수행하는 판단계층과 판단된 결과인 경로, 속도로부터 로봇 및 무인차량을 제어하는 동작 및 제어계층으로 구분된다[1][2]. 이러한 자율주행기능이 구비된 무인차량이 전투 환경에서 긴급한 임무를 수행하기 위해서는 판단계층에서 설정된 경로를 추종하면서 최단시간 내에 이동하도록 속도를 결정하여야 한다.

야지에서의 속도결정은 안정적으로 주행할 수 있는 최대주행가능 속도를 판단하는 것이 목표이다. 즉, 야지에서 주어진 경로를 주행안정성을 보장하는 최대 속도로 주행하기 위해서는 차량의 주행안정성에 영향을 미치는 인자인 경로의 곡률, 바퀴의 성능, 차량의 동특성 및 노면 거칠기를 고

려하여 주행속도를 결정하여야 한다. 최근 이러한 인자들을 고려할 수 있는 동역학 해석모델 기반의 실시간 주행성 분석 알고리즘이 제안되었다[3]. 그러나 이 방법은 직진주행시에만 사용가능한 방법으로 이 방법에 곡선 궤적입력이 들어오면 그 궤적을 실시간으로 추종하기 위한 제어기의 추가 구성이 필요하게 된다. 그런데 제어기를 추가 구성하여 동역학 모델에 적용할 경우 그 실시간성의 보장이 어렵다.

본 논문에서는 궤적주행이 가능하면서 실시간 주행성 분석 알고리즘이 실시간성을 유지할 수 있도록 하는 동역학 모델을 제안한다. 제안된 모델에서는 가상의 추를 동역학 모델에 적용한다. 가상의 추는 차량의 무게중심에 유니버설 조인트로 연결된다고 가정하고, 또한 입력인 2차원 경로궤적에 구속되어 궤적을 강제로 추종하도록 구성하였다. 궤적을 추종하기 위한 2차원 위치 및 조향각이 궤적함수로부터 결정되어 가상의 추에 입력으로 전달되며 가상의 추는 유니버설조인트를 통해 그 입력값인 차량의 위치와 조향각만을 전달한다. 또한, 차량은 실시간 주행성 분석 알고리즘으로 부터의 속도 및 경로를 추종하기 위해 가상의 추를 강제로 운동시킴으로서 주행한다. 이와 같은 방법으로 제어기가 추가된 동역학 모델보다 더 정확한 경로추종이 가능하며 또한 노면가진에 대한 차량의 응답을 더욱 정확하게 파악하도록하는 장점이 있다.

본 논문의 II 장에서는 동역학 기반 실시간 주행성 분석 알고리즘 및 사용된 동역학 모델에 대해 설명하고, III 장에서는 제안된 가상 추를 사용한 동역학 모델에 대해 기술하며 IV 장에서는 제안된 동역학모델과 아담스 모델을 통한

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2011. 12. 30., 수정: 2012. 1. 11., 채택확정: 2012. 2. 1.

주상현: 국방과학연구소 무인자율화부(jooshee@gmail.com)

이지흥: 충남대학교 메카트로닉스 공학과(jihong@cnu.ac.kr)

비교분석하고 실제 무인차량에 적용하여 수직방향 가속도를 측정하여 모델과 비교함으로써 제안된 모델의 타당성을 검증하였다.

II. 동역학 기반 실시간 주행성 분석 알고리즘 및 스키드 차량 동역학 모델

야지에서 주행속도를 결정하기 위해서는 지형의 상태정보와 차량의 특성정보를 동시에 고려하여야 한다. 이러한 정보를 기반으로 무인차량은 주행성 분석을 수행하여 속도 등을 결정하게 된다.

무인차량의 주행성 분석을 위해서는 크게 두가지 방법이 제안되었다. 그 첫 번째는 지면의 거칠기에 따른 퍼지추론에 의한 속도결정방법으로서 지면을 격자형태로 분할 한 후 각 격자 안의 지형을 거칠기로 분류하고 각 격자에서 주행 가능한 속도를 퍼지추론에 의해 결정하는 방법이다[4]. 이 방법은 격자내의 노면의 기울기와 거칠기를 모두 고려할 수 있고 비교적 단순하게 속도를 결정할 수 있으며 저속으로 주행할 경우 거칠기에 따른 안정적인 주행 경로를 추출할 수 있는 장점이 있으므로 경로계획단계에서 주로 사용된다[3]. 그러나 이 방법은 차량의 동적특성을 고려하지 못할 뿐만 아니라, 차량의 실제 주행패자에 따르는 노면의 특성을 고려하기 어렵다.

둘째는 최근에 제안된 방법으로, 차량동역학 해석과 ISO 노면 분류에 따른 속도 결정방법이다[3]. 그림 1은 동역학 해석에 근거한 주행성분석방법을 보여준다. 이 방법은 노면을 직접 분류하지 않고 차량동역학 해석을 통해 나타나는 동적 상태를 분석하여 노면을 분류하고 동시에 속도결정 테이블을 통해 차속을 결정하는 방법으로 차량의 수직가속도를 사용하여 미리 구축된 데이터베이스와 비교한다.

동역학 해석기반 실시간 주행성 분석 알고리즘에서 사용된 6x6 차량의 운동방정식은 차체좌표계(vehicle coordinate)를 기준으로 구성되었으며 각 암과 휠에 대해서는 상대좌표 운동방정식(relative coordinate equation of motion)을 구성되었다[6]. 상대좌표 운동방정식은 조인트의 자유도에 해당하는 상태변수만을 이용해 상미분방정식을 구성하여 운동방정식을 간소화 하였다. 또한, 속도변환법(velocity

그림 2. 6X6 차량의 구성 및 자유도.

Fig. 2. Structure and degree of freedom of 6x6 vehicle.

transformation technique)을 사용하여 상대좌표 운동방정식을 구성하였다[7,8].

차량모델은 그림 4와 같이 암(arm)타입의 서스펜션을 가진 6x6차량으로서 차체의 6자유도와 각 암의 6자유도 휠의 6자유도를 포함하며 총 18자유도를 가진다[9,10].

상대좌표운동방정식은 가장 최소의 연산을 수행하는 방법이지만 주행성 분석을 위한 실시간성은 물리시간보다 단순히 빠르기만 해서는 안 된다. 다시 말해, 노면이 입력되는 순간 수십 ms내에 수행되어야 한다. 이러한 실시간성은 상대좌표 운동방정식만으로 부족하다. 다물체동역학 해석에서 많은 시간이 소요되는 부분은 선형대수 방정식을 계산하는 시간 보다 운동방정식 구성을 위해 수행하는 여러 가지 위치 및 속도벡터의 계산과 속도변환 행렬을 구성하는 과정에서 발생하는 많은 행렬 연산이다. 이러한 많은 행렬 연산으로 인한 해석속도의 효율성을 높이기 위해 기호연산식(symbolic equation)을 이용하여 상태변수만으로 구성된 완전한 운동방정식을 구성하였다. 기호연산은 여러 가지 벡터 연산과 행렬 연산을 미리 수행하여 수식을 구성하기 때문에 행렬연산에 따른 반복문(for loop)이 없이 운동방정식을 구성할 수 있다[11]. 이와같은 방법으로 반복문이 제거되고 0이 곱해지는 연산이 모두 사라지는 효과로 인해 매우 빠른 해석을 수행 할 수 있다[9].

그러나 본 절에서 논의된 주행성 분석을 위한 동역학 모델은 무인차량이 곡선경로를 주행 할 경우에는 적용될 수 없는 모델로 곡선경로 주행 시에는 추가적으로 차량모델에 제어를 구성하여야 한다. 그러나 차량모델에 제어를 추가구성하여 모델을 해석할 경우 그 해석시간이 길어져서 실시간 구현이 어렵게 되며, 또한 원하는 곡선경로를 정확히 추종하기도 힘들어 경로계획단계에서 계획된 경로에 대한 실시간 주행성분석이 사실상 어려워지는 문제가 있다.

III. 제안 동역학 모델

2절에서 기술한 바와 같이 실시간 주행성 분석 알고리즘이 곡선주행구간에서도 해석을 수행하기 위해서는 동역학 모델에 제어를 구성하여야 하나 이는 실시간성의 문제를 야기시킨다. 또한, 제어를 구성하였다고 해도 주어진 곡선을 완전히 추종하기는 어렵다. 본 절에서는 주어진 곡선

그림 1. 동역학기반 실시간 주행성 분석.

Fig. 1. Real time traversability analysis based on dynamics.

그림 3. 추(Motion Control Dummy)가 포함된 차량 모델.

Fig. 3. Vehicle model including motion control dummy.

경로를 완전히 추종하도록 하면서 실시간성이 보장되는 동역학 모델을 제안한다. 제안하는 방법은 동역학 모델에 주행 중 주행경로에 구속되어 주행경로를 따라 주행하면서 차량의 몸체와 유니버설 조인트로 연결된 운동제어 추(motion control dummy)를 구성한다.

주어진 운동제어추는 그림 4와 같이 2차원 경로로 주어지는 곡선경로에 구속되어 유니버설 조인트 연결을 통하여 차체에 경로에 구속된 2차원 위치(x, y)와 경로를 추종하도록 하는 조향각을 전달한다. 또한, 지면과 수직방향인 z 방향에 대해서는 구속되어 있지 않아 지면형상으로 인한 피치, 롤방향의 모션이 차량에 그대로 전달되도록 하였다.

상기 그림 5와 같이 동역학 모델의 토폴로지를 구성할 수 있으며, 차체좌표계에서 속도변환법을 사용하여 운동방정식을 유도할 때 사용되는 자유도 수는 20개이다.

$$q = [q_{control} \ q_{body} \ q_{arm} \ q_{wheel}]$$

$$\text{where } q_{control} \in R^{6 \times 1}, q_{body} \in R^{2 \times 1}$$

$$q_{arm} \in R^{6 \times 1}, q_{wheel} \in R^{6 \times 1} \quad (2)$$

위 식에서 첨자 control은 운동제어추(motion control

그림 4. 곡선경로에 구속된 운동제어추(motion control dummy).

Fig. 4. Motion control dummy confined to curved path.

그림 5. 제안 동역학 모델의 구성 토폴로지.

Fig. 5. Structural topology of the proposed dynamic model.

그림 6. 운동방정식의 외력 정의 방안.

Fig. 6. Definition of external forces of dynamic equations.

dummy)를 의미하며, 또한 $q_{control}$, q_{arm} , q_{wheel} 은 6방향(x, y, z , pitch, yaw, roll)의 독립적인 운동성분을 가지나 q_{body} 는 유니버설 조인트로 연결되어 2방향(pitch, roll) 운동성분만이 독립적이며 나머지는 운동제어 추의 운동성분에 구속된다.

운동방정식을 구성하기 위해 먼저 속도변환 행렬을 정의하면 다음과 같다. 속도변환 행렬은 조인트의 상대좌표 값을 추의 기준좌표에 대한 값으로 변환한다.

$$\dot{x} = B\dot{q}$$

$$\ddot{x} = B\ddot{q} + \dot{B}\dot{q} \quad (1)$$

여기서 B 는 속도변환 행렬, x 는 차체좌표, q 는 상대좌표를 의미한다.

식 (2)는 속도변환법을 이용한 운동방정식의 구성을 나타내며 여기서 M 은 차체좌표계기준의 질량행렬, F 는 차체좌표계 기준의 외력, h 는 코리올리 힘을 의미한다.

$$\overline{M}\ddot{q} = \overline{F}$$

$$\overline{M} = B^T M B, \overline{F} = B^T (F - M\dot{B}\dot{q} - h) \quad (2)$$

또한, 식 (2)에 작용하는 힘의 성분(F)은 다음 그림과 같이 타이어 및 지면 모델을 통한 반력 입력으로부터, 힘이 작용하는 각 부분(운동제어추, 차체, 암, 휠)의 6방향 힘성분을 순차적으로 유도할 수 있다.

$$F = [F_1 F_2 F_3 \dots F_n \dots F_{14}]^T$$

$$\text{where } F_n \in R^{6 \times 1} \quad (3)$$

식 (3)에서 F_1 은 운동제어 추에 작용하는 힘, F_2 는 차체에 작용하는 힘, $F_3 \sim F_8$ 은 암에 작용하는 힘 그리고 $F_9 \sim F_{14}$ 은 휠에 작용하는 힘을 나타낸다.

그리고 각 암에는 회전 스프링과 댐퍼가 장착되어 있으며 스프링은 각도에 따라 강성이 증가하는 비선형특성을 가지며 댐퍼는 각속도에 따른 선형감쇠와 마찰감쇠특성을

그림 7. 스프링(좌) 및 댐퍼(우) 곡선.

Fig. 7. Spring (left) and damper (right) curve.

공히 가지고 있다. 스프링 특성은 3차 다항식(polynomial)을 이용하여 모델링 하였으며 댐퍼의 마찰특성은 Arctangent 함수를 이용하여 모델링 하였으며 그 결과는 그림 7에 도시하였다.

IV. 모델검증 및 실험

제안된 모델은 주어진 경로를 정확하게 추종하기 위해서 차량의 휠 모터에 의한 구동 토크입력으로 주행하는 것이 아니라 운동제어추를 경로함수에 구축한 후 운동제어 추가 강제적으로 정해진 속도와 경로로 주행하도록 제안되었다. 먼저, 로봇 적용 이전에 제안 모델의 검증을 위해서 ADAMS 모델과의 비교를 통해 모델의 정확성 및 타당성을 보았다. 구체적으로, 제안된 모델을 Matlab으로 구현하여 동일 시뮬레이션 조건(그림 8)의 ADAMS 동역학 해석 결과와 차량 상태값 비교를 통하여 그 일치 여부를 확인하였다. 제안된 모델은 토크로 구동되는 것이 아니므로 휠에 일정 방향의 힘을 가하여 차량의 움직임을 발생시킨 후, 운동제어추의 운동과 차량의 상태값을 비교함으로써 모델의 타당성을 검증하였다. 비교한 상태값은 운동제어추의 가속도와 각 가속도, 차체의 롤과 피치각, 암의 각속도 및 휠의 각속도이다. 그림 8에는 ADAMS 모델상에서 힘의 크기와 작용 방향을 도시하였다.

그림 8과 같은 조건의 시뮬레이션을 수행함으로써, ADAMS 모델과 Matlab 모델의 운동제어추의 가속도와 각 가속도 비교로부터 동일한 궤적을 주행하는지의 여부를 확인하고자 하였으며 또한 차체의 롤, 피치각, 암의 각속도 및 휠의 각속도를 비교함으로써 개발된 모델이 ADAMS 모델과 비교하여 어느 정도 정확성을 가지는지를 확인하고자 하였다.

그림 9-13은 ADAMS의 해석결과와 Matlab의 해석결과를 비교한 그림이다. 운동제어추의 가속도, 운동제어추의 각 가속도, 차체의 롤과 피치각, 암의 각속도 및 휠의 각속도의 순서로 나타내었다.

그림에서 Last_Run은 ADAMS의 결과를 matlab_results는 matlab의 결과를 표시하며, 그림 9에서는 세방향의 가속도를 비교하였고, 그림 10에서는 세방향의 각속도를 비교하였다. 운동제어추의 세방향 가속도와 각 가속도가 동일함을 알 수 있으므로 두 모델의 운동경로는 일치함을 알 수 있다. 또한 그림 11에서는 빨간색 곡선이 롤각을 파란색 곡선

그림 8. ADAMS 모델 및 주행을 위한 힘의 작용방향.

Fig. 8. Exerted force direction for ADAMS modeling and driving.

그림 9. 운동제어추의 가속도 비교.

Fig. 9. Comparison of acceleration of motion control dummy.

그림 10. 운동제어추의 각 가속도 비교.

Fig. 10. Comparison of angular acceleration of motion control dummy.

그림 11. 차체의 롤과 피치각 비교.

Fig. 11. Comparison of roll and pitch angle of body.

그림 12. 암의 각속도 비교.

Fig. 12. Comparison of angular velocity of arms.

그림 13. 휠의 각속도 비교.

Fig. 13. Comparison of angular velocity of wheels.

이 피치각을 나타낸다. 그림 12와 13에서는 6개의 압과 휠의 각속도를 각각 비교하여 도시하였다. 그림 9-13의 비교결과 로봇에 사용될 matlab 모델은 ADAMS 모델과 99.9 % 일치하여 모델의 정확성 및 타당성을 확인하였다.

다음으로 실험을 통하여 실제차량의 실험데이터와 모델의 데이터를 비교하였다. 실험은 포장로 위에서 오프셋(offset) 거리를 갖는 위상차 범프 통과 시험을 실시하였다. 범프의 치수 및 형상은 그림 14와 같으며 차량의 직진 방향으로 첫번째 왼쪽 휠이 먼저 범프 하나를 통과한 후 1m 거리간격 뒤에서 첫번째 오른쪽 휠이 나머지 범프를 통과하도록 위상차 범프를 설치하였다.

그림 15는 위상차 범프 주행장면이다. 실험은 주행성 분석의 판단기준이 되는 수직가속도 값을 비교하였다. 시험결과와 그림 16에 도시하였으며 그림에서는 두 번의 시험결과와 모델의 시뮬레이션 결과(MCD)를 비교하였다. 범프통과시 최대치의 크기는 시뮬레이션 결과가 실험결과 대비 약 90 % 수준이며 범프 통과 시 결과곡선의 변동특성이 비슷함을 알 수 있어 제안된 모델이 주행성 분석에 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였다.

제안된 모델의 실시간 성 확인을 위해 실시간 주행성 분석 알고리즘(RTT)에 제안 모델을 적용하여 주행한 결과, 동역학 해석의 CPU 시간을 그림 17과 같이 측정하였다. 그림에서 step은 RTT 해석을 위해 주어지는 전체 경로(약 15~20미터)에 대해 1번 해석한 단계 즉 1 해석 사이클을

그림 14. 범프의 치수 및 형상.

Fig. 14. Dimension and configuration of bump.

그림 15. 실차의 위상차 범프 주행.

Fig. 15. Driving of real vehicle over bumps with phase difference.

그림 16. 실험과 모델의 수직가속도 비교.

Fig. 16. Comparison vertical acceleration of model with experiment.

그림 17. RTT가 적용된 주행에서 동역학 해석 시간.

Fig. 17. Analysis time of dynamic simulation of RTT applied driving.

의미한다. 해석시간은 약 30~50msec 정도이며, 적용된 CPU는 Intel i5-750 2.67 Ghz Quad-Core Processor를 적용하였다.

RTT 해석을 위해서는 약 10 Hz의 동작시간이 요구되고, RTT 해석의 대부분을 동역학 해석이 차지하는 것을 감안하면 그림 17의 결과로부터 실시간 성이 있음을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 연구는 최근 제안된 실시간 주행성분석 알고리즘이 곡선주행에서도 실시간으로 주행성 분석이 가능하도록 하는 동역학 모델을 제안한다. 이 방법을 통하여 무인차량이 야지에서 곡선주행 하에서도 실시간 동역학 분석을 통하여 주행로의 주행성을 실시간으로 분석하여 주행속도를 계산하는 것이 가능하다. 따라서 제안된 방법을 통하여 무인자율주행 차량의 주행성을 대폭 향상시켜 고기동성의 자율주행이 가능할 것이라 기대한다.

참고문헌

- [1] C. M. Chun, S. B. Suh, S. H. Lee, C.-W. Roh, S. C. Kang, and Y. S. Kang, "Autonomous navigation of KUVe (KIST Unmanned Vehicle Electric)," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 16, no. 7, pp. 617-624, Jul. 2010.
- [2] Y. S. Kang, C. W. Rho, and S. C. Kang, "Development of autonomous navigation robot in outdoor road environments," *Journal of Institute of Control, Robotics*

- and Systems (in Korean), vol. 15, no. 3, pp. 293-299, Mar. 2009.
- [3] S.-L. Cho, K. Yi, J. H. Lee, and W.-S. Yoo, "Maneuvering speed of a 6x6 autonomous vehicle using a database obtained from multibody dynamic simulation," *IMechE, Part D: J. of Automobile Engineering*, vol. 223, no. 8, pp. 979-985, 2009, SCI.
- [4] H. Seraji, "Fuzzy traversability index: a new concept for terrain-based navigation," *Journal of Robotic System*, vol. 17, no. 2, PP75-91, 2000.
- [5] Y. I. Lee, H. J. Lee, and T. Y. Jee, "The generation of directional velocity grid map for traversability analysis of unmanned ground vehicle," *Journal of Korea Institute of Military Science and Technology (in Korean)*, vol. 12, no. 5, pp. 546-556, Oct. 2009.
- [6] B. H. Lee, W.-S. Yoo, and B. M. Kwak, "A systematic formulation for dynamics of flexible multibody systems using velocity transformation technique," *I Mech E, Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 207, no. C4, pp. 231-238, 1993.
- [7] J. W. Lee, J. H. Sohn, K. S. Kim, and W. S. Yoo, "Construction of system jacobian in the equations of motion using velocity transformation technique," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 25, no. 12, pp. 1966-1973, 2001.
- [8] S.-L. Cho, K. C. Yi, J. H. Lee, and W. S. Yoo, "Maneuvering speed of a 6x6 autonomous vehicle using a database obtained from multibody dynamic simulation," *I Mech E Part D: J. of Automobile Engineering*, vol. 223, no. 8, pp. 979-985, 2009.
- [9] A. Son, Derivation of 6x6 vehicle and efficient simulation, 2008, Pusan National University Master Degree Thesis.
- [10] H. B. Pacejka and I. J. M. Besselink, "Magic formula tire model with transient properties," *Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, 1744-5159, vol. 27, no. 1, Supplement 1, pp. 234-249, 1997.
- [11] D. H. Choi, K. S. Kim, and W. S. Yoo, "Efficiency of a symbolic code for the real time dynamic simulation," *In Proceedings of KSME Spring Annual Meeting A, Korea University of Technology and Education (in Korean)*, Chunan, Spring Proceeding A, pp. 104-107, 23-24 April 1999.

주 상 현

1991년 부산대학교 기계설계공학과 졸업. 1993년 KAIST 정밀공학과 석사. 2008년~현재 충남대학교 메카트로닉스 공학과 박사과정. 1993년~현재 국방과학연구소 연구원. 관심분야는 자율주행, 지능로봇, 경로계획 및 주행제어.

이 지 흥

1983년 서울대학교 전자공학과 졸업. 1985년 KAIST 전기전자공학과 석사. 1991년 KAIST 전기전자공학과 박사. 1994년~현재 충남대학교 메카트로닉스 공학과 정교수. 관심분야는 자율주행, 지능로봇, 경로계획 및 위치추정.