

## SLEGS Robot 'un Tasarımı ve 2B-Navigasyon Uygulaması

**Servet Soygüder**

Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ  
ssoyguder@firat.edu.tr

(Geliş/Received:13.09.2017; Kabul/Accepted: 18.12.2017)

### Özet

Yapılan bu çalışmada, endüstride, terörle mücadelede, savunmada ve birçok endüstriyel işlevlerde kullanılmak amacıyla arazi ve engel şartlarına göre geleneksel tekerlek şeklindeki "O" şekli "S" şekline dönüşebilen 6 adet bacakta oluşan "SLEGS" isimli örümcek robot için yeni bir bacak tasarımı-imalatı ve kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bilinmelidir ki paletli ya da tekerlekli robotların merdivenleri tırmanmaları imkânsızdır. Bu tasarım tamamen geleneksel tekerlekli ve paletli robotlardaki bu problemleri aşmak ve performansı arttırmak içindir. Ayrıca SLEGS Robot bir operatör yardımı olmadan kendi iç yazılım ve hareket performansı sayesinde lazer sensörleri kullanılarak oluşturulan görsel ara yüz ve iki boyutlu(2B) navigasyon ile istenilen noktaya gidebilmektedir. SLEGS robota ait performans kriterleri elde edilen videolar ve gerçek zamanlı 2B navigasyonun görsel ara yüzünden elde edilerek değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** SLEGS Robot, Sanal Ara Yüzey, 2B Navigasyon, Robot Kontrol

## Design and 2D-Navigation Application of SLEGS Robot

### Abstract

In this work was carried out a new leg design-manufacturing and control for "SLEGS" named spider robot consisting of 6 legs of "S" shape which can be transformed into "O" shape as traditional wheel according to land and obstacle conditions in order to be used in industry, terrorism fighting, defense and many industrial functions. It is important to know that it is not possible for climbing stairs of tracked or wheeled robots. This design is intended to overcome these problems and improve performance in completely traditional wheeled and tracked robots. In addition, SLEGS Robot can go to the desired spot with visual interface and two-dimensional (2D) navigation created using laser sensors thanks to its internal software and motion performance without the help of an operator. SLEGS robot performance criteria were evaluated from the visuals obtained and the visual interface of real-time 2D navigation.

**Keywords:** SLEGS Robot, Virtual Interface, 2B Navigation, Robot Control

### 1. Giriş

Son yıllarda bacaklı ve tekerlekli robotlar ile ilgili birçok çalışmalar yapılmıştır[1-12] Bazı çalışmalar ise tamamen tekerlekli robotlar ile ilgilidir [13-16]. Fakat zamanla ve yapılan işlerin performanslarının incelenmesi ile tekerlekli robotların birçok dezavantajları görülmüştür. Bu dezavantajların en önemlilerinden birisi tekerlekli robotların merdivenleri tırmanması ya da çıkmasının imkânsız olmasıdır. Bu da robotun performansına oldukça etki etmektedir. Aynı şekilde bu dezavantaj paletli robotlar için de geçerlidir. Ayrıca engebeli arazilerde ya da ormanlık alanlarda tekerlekli ve paletli robotların hareketleri oldukça sınırlıdır. Artık

son yıllarda yapılan robot tasarım çalışmalarında bilim adamları doğada bulunan canlıları örnek alarak işleri gerçekleştirmektedirler. Bu da doğada bulunan canlıların performanslarının ve mekanizma yapılarının en iyi seviyede olduğunu göstermektedir. Örneğin hemen hemen tüm iki ve dört ayaklı canlılar nesnelere ve engellerin üzerinden zıplayarak çok kolay bir şekilde bu işi başarabilmektedirler. Aynı şekilde yapılan bu bacaklı robotlar yukarıda bahsedilen dezavantajı ortadan kaldırmak için doğada bulunan canlılardan esinlenerek tasarlanmaya başlandılar. Bu şekilde eğer bacaklı robotları, tekerlekli ve paletli robotlarla kıyaslayacak olursak daha hızlı,

engelleri rahatlıkla aşabilen, tırmanabilen ve daha fazla hareket performansına sahiptirler. Bu yüzden literatürde bu robotlar arasındaki avantaj ve dezavantajların tartışıldığı birçok çalışmalar mevcuttur. Talebi ve arkadaşları 4-bacaklı quadruped bir robot tasarladılar ve imal ettiler [17]. RHEX altı bacaklı olan bu robotlardan bir tanesidir [18-19]. Soygüder ve arkadaşları sıçrayabilen, koşabilen ve takla atabilen dört bacaklı ve altı bacaklı bir robotun kinematik ve dinamik analizlerini gerçekleştirdiler[5-6-21-23]. Ayrıca McMordie bir nesne üzerinden zıplayarak aşabilen altı bacaklı hexapod bir robot tasarladılar [20]. Campbell and Buehler altı bacaklı zıplayan dinamik bir robot tasarlayıp imal ettiler [19]. Poulakakis ve arkadaşları Scout II robot adında sıçrayabilen dört bacaklı bir robot tasarlayıp imal ettiler [1]. Ho ve arkadaşları piezoelektrik tahrikli dört bacaklı bir robot tasarladılar [11].

Robotların son günlerde yaşamın her alanında faaliyet göstermeleri sonucu, robotlar ve işlevleri hakkında birçok farklı tasarımlar ortaya çıkmıştır. Örümcek bacak şekillerinden esinlenilerek ortaya konulan SLEGS robotu da bunlardan birisidir. Bu çalışmada SLEGS Robot 'un bacak mekanizması (Şekil 1.), iki serbestlik derecesine sahip olup belirli bir faz gecikmesiyle her bacağın yer temas yüzeyinde iki defa doğrusal moment kolu oluşturmasına sebep olmaktadır. Tekerlerde oluşan moment kolu sayesinde robotlarda istemsiz dönüş hareketleri önlenerek, yüksek bir performansla yürüme işlemi gerçekleşmektedir. Ayrıca bacaklarda moment kolunun oluşması ile robotun, tırmanma, yürüme, merdivenleri çıkabilme ve engebeli arazi şartlarına kolaylıkla hareket edebilmesini sağlamıştır. SLEGS Robot 'un bacak mekanizması son derece kapsamlı araştırmalar sonucu ortaya çıkmış yeni nesil bir yapıya sahip bir ARGE projesidir. Dünya genelinde yapılan literatür araştırmalarında bu tür bir bacağına rastlanılmamış olup patent çalışması yürütülmektedir. SLEGS robottaki özel bacaklar çeşitli çalışma alanlarına uyarlanabilecek niteliktedir. Kullanım alanı olarak geniş bir yer tutan 'S' bacaklar, çeşitli robotik çalışmalarda (SLEGS Robot), savunma sanayinde (Bomba İmha Robotu), medikal

çalışmalarda (Tekerlekli Sandalye) kullanılabilen özgün nitelikte bir üründür.



a



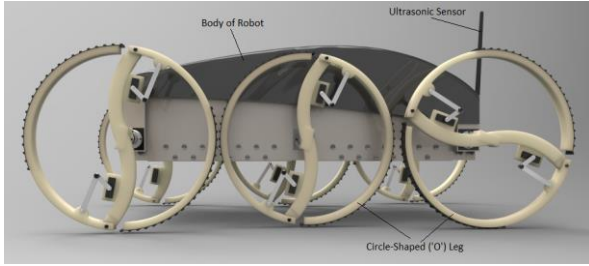
b

Şekil 1. SLEGS robotun bacaklarının “S” ve “O” şeklindeki resimleri [22]

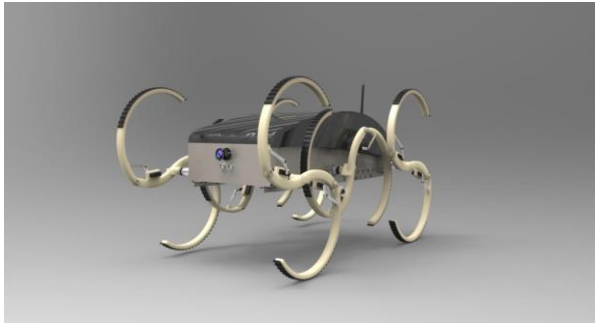
## 2. SLEGS Robotun Teknik Özellikleri

SLEGS Robot altı bacağına sahiptir. Her bir bacak şekil değiştirme özelliğine sahiptir. Bu iki şekil “S” ve “O” harfleri ile temsil edilmektedir. Şekil 1’ de görüldüğü gibi robot yol durumuna bağlı olarak bacaklarını iki farklı şekle dönüştürebilmektedir. Bilindiği gibi bacakların “O” şeklinde olması zaten geleneksel tekerlekli robotların özelliğidir ki birçok dezavantajlara sahiptir. Düz ve pürüzsüz yollar hariç merdiven tırmanma ve zıplama gibi birçok hareketleri yapamamaktadır. Buda robotların performansını negatif yönde etkilemektedir. Oysaki bacak şeklini “S” şeklinde kullandığımız zaman bahsedilen bu dezavantajlar ortadan kalmaktadır. “S” şeklindeki bacaklar iki serbestlik derecesine sahip olup belirli bir faz gecikmesiyle her bacağın yer temas yüzeyinde iki defa doğrusal moment kolu oluşturmasına sebep olmaktadır. Tekerlerde oluşan moment kolu sayesinde

robotlarda istemsiz dönüş hareketleri önlenerek, yüksek bir performansla yürüme işlemi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca bacaklarda moment kolunun oluşması ile robotun, tırmanma, yürüme, merdivenleri çıkabilme ve engebeli arazi şartlarına kolaylıkla hareket edebilmesini sağlamıştır (Şekil.2).



a



b

Şekil 2. SLEGS robotun bacaklarının “S” ve “O” şeklindeki resimleri [22]

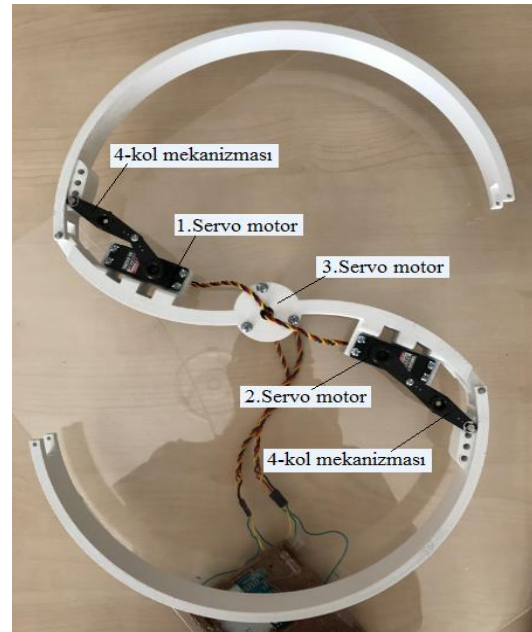
### 3. SLEGS Robot Bacaklarının Tasarım ve İmalatı

SLEGS Robot bacakları iki farklı şekle sahiptir. Bu şekiller yol durumuna bağlı olarak otomatik olarak değişirler. Eğer yol düzgün ve pürüzsüz ise bacaklar “O” şeklinde olur iken, yol engebeli ve merdiven şeklinde ise bacaklar “S” şeklini alırlar. Bu yüzden SLEGS Robotun her bir bacağı 3 serbestlik dereceli (3-dof) bir mekanizmaya sahiptirler. Yani her bir bacak 3 adet Servo motor ile tahrik edilmektedirler (Şekil 2.). Aynı zamanda her bir bacakta iki adet 4-kol mekanizması vardır. Bu 4-kol mekanizmaları bacakların şekil değiştirmesi için kullanılmaktadır. Yani bacak “S” şeklinden “O” şekline dönerken ya da “O” şeklinden “S” şekline dönme işlemlerini bu mekanizmalarla sağlamaktadır. Her bir 4-kol mekanizması bir adet Servo motor ile tahrik edilmektedir. Üçüncü Servo motor ise bacağın dönme hareketini

gerçekleştirmektedir (Şekil.4). Sonuç olarak 6-bacaklı SLEGS Robot toplam olarak 18 Servo motor ile tahrik edilmekte olup 18-serbestlik dereceli (18-dof) bir mekanizmadan oluşmaktadır.



Şekil 3. SLEGS robotun bacağının “O” şeklindeki resmi



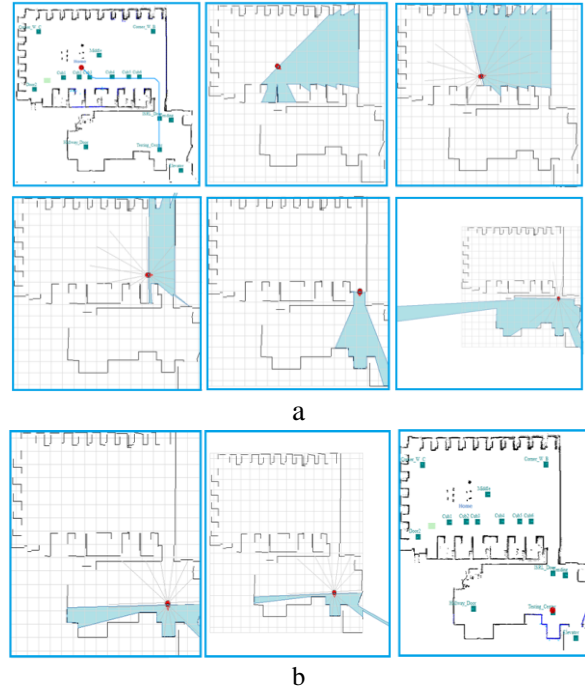
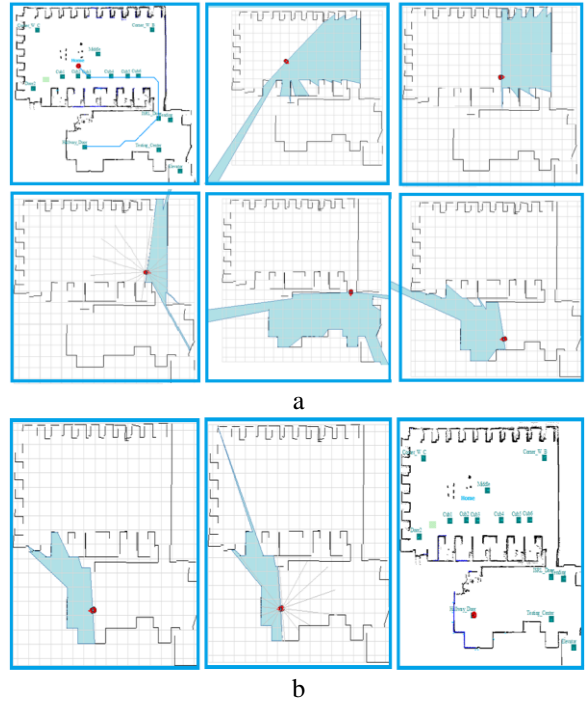
Şekil 4. SLEGS robotun bacağının “S” şeklindeki resmi

**Tablo 1.** SLEGS Robot için kullanılan teknik malzemeler

Tür	Adet	Tanımlama
Arduino Mega 2560	1	Kontrol İşlemcisi
Servo motorlar	18	Servomotor
Encoder	18	Pozisyon Denetleyici
Servo Motor Sürücüsü	18	Motor Sürücüsü
Güç Birimi	1	0~5 Volt Güç Kaynağı
Batarya	1	12 volt pil
Sensör	1	Laser Digital Watch
Sensör	1	Photocell
Sensör	1	Kamera
Dört-kol Mekanizması	12	Açısal Konum

#### 4. SLEGS Robotun 2b-Navigasyon Tasarımı

2B-Navigasyon ara görsel yazılım ve tasarımı iç ortamlar (indoor) için gerçekleştirilmiştir. Kullanılan alan Tennessee State Üniversitesine ait Robotik Laboratuvarına aittir[24]. 2B-Navigasyonun görsel ara yüzeyini oluştururken ilk önce SLEGS Robotuna kullanılacak olan laboratuvarın tamamı lazer sensörleri ile robota öğretilerek çalışma alanının iki boyutlu (2B) haritası çıkarılmıştır. Bu görsel ara yüzey robotu kontrol etmek için kullandığımız 2B Navigasyonumuzu oluşturmaktadır. Kullanıcı bu görsel ara yüzey üzerinde istediği noktayı seçerek robotu oraya koşturabilmektedir. Aynı zamanda gerçek zamanlı olarak robotun seçilen en optimum yol takibini buradan görsel olarak kolayca takip edebilmekteyiz. Robot öğretilen alan içerisinde oldukça başarılı performanslar göstermektedir (Şekil 5-6). Eğer robota öğretilen harita dışında bir noktaya gitmesini istiyorsak bu robot için olumsuz bir durumdur. Robot tamamen öğretilen çalışma alanı içerisinde işlev yapabilmektedir.

**Şekil 5.** SLEGS robotun navigasyon takibi**Şekil 6.** SLEGS robotun navigasyon takibi

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada SLEGS Robotun bacak mekanizmalarının tasarımı ve iç ortamda görsel ara yüzey olarak iki boyutlu (2B) navigasyon tasarımı gerçekleştirilmiştir. Robotun her bir bacağı şekil değiştirme özelliğine sahiptir. Bacaklar yol durumuna bağlı olarak otomatik olarak farklı şekil almaktadırlar. Eğer yol düzgün ve pürüzsüz ise bacakların şekli geleneksel tekerlekli robotlar gibi “O” şeklindedir. Eğer yol engebeli ya da önünde bir nesne varsa yada robot bir merdiveni tırmanacaksa robot bacakları “S” şeklinde olup bu engelleri rahatlıkla tırmanarak, zıplayarak yada koşarak geçmektedir. “S” şeklinde ki bacaklarda oluşan moment kolları sayesinde bu hareketleri rahatlıkla yapabilirken “O” şeklinde oldukları zaman moment kollarının oluşmaması nedeniyle oluşan kayma (spin) hareketinden dolayı yukarıda bahsedilen hareketleri yapamamaktadır. Bu da robotun performansını düşürmektedir. Bacakların şekil değiştirme (flexible) özelliğinden dolayı geleneksel tekerlekli robotlara ve paletli robotlara göre performansının daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca robota iç ortamda (indoor) iki boyutlu 2B-Navigasyonun görsel ara yüzeyi oluşturulmuştur. Bu tasarlanan 2B-Navigasyonunu ile robotu bilgisayar ekranı üzerinden ya da bir kablosuz monitör üzerinden kontrol edebilme özelliğine sahibiz. Kullanıcı bu görsel ara yüzey üzerinde istediği noktayı seçerek robotu oraya koşturabilmektedir. Aynı zamanda gerçek zamanlı olarak robotun seçilen en optimum yol takibini buradan görsel olarak kolayca takip edebilmekteyiz.

## 6. Kaynaklar

1. Poulakakis, I., Smith, J.A. and Buehler, M. (2005). Modeling and experiments of untethered quadrupedal running with a bounding gait: the Scout II robot. *The International Journal of Robotics Research*, 24(4), 239-256.
2. Erden, M.S. and Leblebicioglu, K. (2008). Free gait generation with reinforcement learning for a six-legged robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 56(3), 199-212.
3. Soyguder, S. and Alli, H. (2007). Design and prototype of a six-legged walking insect robot.

*Industrial Robot – An International Journal*, 34(5), 412-422.

4. Soyguder, S. and Alli, H. (2011). Motion mechanism concept and morphology of a single actuator tetrapod walking spider robot: the ROBOTURK SA-2 Robot. *Industrial Robot – An International Journal*, 38(4), 361-371.

5. Soyguder, S. and Alli, H. (2012a). Kinematic and dynamic analysis of a hexapod walking–running–bounding gaits robot and control actions. *Computers and Electrical Engineering*, 38(2), 444-458.

6. Soyguder, S. and Alli, H. (2012b). Computer simulation and dynamic modeling of a quadrupedal pronking gait robot with SLIP model. *Computers and Electrical Engineering*, 38(1), 161-174.

7. Erden, M.S. and Leblebicioglu, K. (2006). “Multi legged walking in robotics and dynamic gait pattern generation for a six-legged robot with reinforcement learning”. *Mobile Robots: New Research*, Nova Publishers, New York, 1111-1132.

8. Son, D., Jeon, D., Nam, W.C., Chang, D., Seo, T.W. and Kim, J. (2010). Gait planning based on kinematics for a quadruped gecko model with redundancy. *Robotics and Autonomous Systems*, 58(5), 648-656.

9. Yi, S. (2010). Reliable gait planning and control for miniaturized quadruped robot pet. *Mechatronics*, 20(4), 485-495.

10. Yang, J.M. (2008). Two-phase discontinuous gaits for quadruped walking machines with a failed leg. *Robotics and Autonomous Systems*, 56(9), 728-737.

11. Ho, T., Choi, S. and Lee, S. (2007). Development of a Biomimetic Quadruped Robot. *Journal of Bionic Engineering*, 4(4), 193-199.

12. Lin, P.C., Komsuoglu, H. and Koditschek, D.E. (2006). Sensor data fusion for body state estimation in a hexapod robot with dynamical gaits. *IEEE Transaction on Robotics*, 22(5), 932-943.

13. Patarinski, S., Brussel, H.V. and Thielemans, H. (1994). Path tracking control of wheeled mobile robots. *Control Engineering Practice*, 2(5), 893-896.

14. Saha, S.K., Angeles, J. and Darcovich, J. (1995). The design of kinematically isotropic rolling robots with omnidirectional wheels. *Mechanism and Machine Theory*, 30(8), 1127-1137.

15. Bühler, C., Hoelper, R., Hoyer, H. and Humann, W. (1995). Autonomous robot technology for advanced wheelchair and robotic aids for people with disabilities. *Robotics and Autonomous Systems*, 14, 213-222.

16. Mazo, M., Rodríguez, F.j., Lázaro, J.L., Ureña, J., García, J.C., Santiso, E. and Revenga, P.A. (1995). Electronic control of a wheelchair guided by voice commands. *Control Engineering Practice*, 3(5), 665-674.

17. Talebi, S., Buehler, M. and Papadopoulos, E. (2000). Towards dynamic step climbing for a quadruped robot with compliant legs. 3rd International Conference on Climbing and Walking Robots, Madrid, 1-8.
18. Moore, E.Z., Campbell, D., Grimmering, F. and Buehler, M. (2002). Reliable stair climbing in the simple hexapod Rhex. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Washington, 2222-2227.
19. Campbell, D. and Buehler, M. (2003). Stair descent in the simple hexapod RHex, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), San Francisco, 1380-1385.
20. McMordie, D. (2002). Towards Pronking with a Hexapod Robot. McGill University, Montreal.
21. Soyguder, S., Alli, H., Kara, S.E. and Karabulut, U. (2014a). A Nev leg prototype and control for SLEGS robot. 2014 National Meeting of Automatic Control-TOK, Kocaeli.
22. Soyguder, S., Genc, I. and Turan, M.M. (2015). Control and developed of SLEGS robot design. Undergraduate Project, Department of Mechanical Engineering, Firat University, Elazig.
23. Soyguder, S., Karabulut, U. and Apohan, M. (2014b). Developed of SLEGS Robot and Design and Manufactured Leg Mechanism. Undergraduate Project, Department of Mechanical Engineering, Firat University, Elazig.
24. Soyguder, S. (2011). Autonomous Mobile Robots and Navigation System. Post-Doctoral Research Fellowship Project, Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK).