**РОБОТ Spot от Boston Dynamics**

**Прищепо Дмитрий Алексеевич, студент 2-го курса**

**Таратин Борис Максимович, студент 2-го курса**

**Научный руководитель Кристина Эдуардовна Мельникова, преподаватель**

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Оскольский политехнический колледж**,** г. Старый Оскол

Boston Dynamics — инженерная компания, специализирующаяся в робототехнике. Известна разработкой по заказу DARPA для военных целей четвероногого робота BigDog. Президентом компании является Марк Райберт, который создал её в 1992 году на основе группы инженеров из Массачусетского технологического института

Для многих робот — просто компьютер, который раздает команды механизмам и получает обратную связь при помощи сенсоров. В реальности, с одной стороны механизмами управляет компьютер, а с другой — действует гравитация, трение, закон сохранения импульса и вся остальная физика. Чтобы робот мог нормально работать за пределами лаборатории, алгоритмы, механика и окружающая среда должны гармонично взаимодействовать.

В Boston Dynamics добиваются этого, постепенно совершенствуя роботов. Инженеры компании собирают прототип, прогоняют его через серии практических тестов, и на основе полученных данных проектируют новую версию.

Они начинают с конструкций на базе заводских модулей, и поколение за поколением продвигаются ко все более сложному кастомному дизайну, рассчитанному на 3D-печать.

Так, за 15 лет брутальный 110 кг BigDog, про которого шла речь в начале, превратился в Spot — робота, которого многие хотели бы увидеть в будке около своего дома.

Робот Spot напоминает собаку, поэтому люди думают, что он будет вести себя так же. Например, будет поворачиваться, чтобы что-то рассмотреть.

Да, в конструкции Spot есть элементы бионического дизайна, но перед инженерами не было задачи сделать робота похожего на собаку и ведущего себя, как животное. Можно сказать, что его внешность — результат сходящейся эволюции.

Длина Spot — 110 см, а в холке робот достигает 84 см. Формально у Spot есть перед — там расположены светодиодные индикаторы состояния. Сзади находится набор разъемов. Однако, робот одинаково быстро движется и вперед, и назад. Максимальная скорость достигает 5,76 км/ч — его можно обогнать трусцой.

В лапы встроено 12 электрических приводов — по два в бедренных суставах, и по одному в каждом колене. На конце каждой конечности расположены протекторы, отдаленно напоминающие автомобильные покрышки.

Такая конструкция позволяет Spot двигаться приставным шагом, разворачиваться на месте, приседать, ложиться на землю, уверенно взбираться по склонам с уклоном до 30 градусов, подниматься по лестницам и вставать после падений.

Spot весит 32,5 кг и снабжен ручками для переноски. Спецы из iFixit еще не дотянулись до Spot, а Boston Dynamics не спешит делиться коммерческими секретами. Поэтому мы мало знаем о том, как именно этот робот поддерживает равновесие. В своих ранних машинах Boston Dynamics использовала акселерометры, твердотельные гироскопы и гиростабилизаторы. Распределение веса контролировалось при помощи тензодатчиков и датчиков крутящего момента в суставах.

Все вычисления, необходимые для работы Spot, выполняются «на борту», но, опять же, неясно, какая электроника за них отвечает. Мне попадались слухи о двух процессорах Intel Core I7, но подтвердить их не удалось.

КорпусSpot имеет рейтинг IP54. Защита от воды хуже, чем у iPhone, но зато не разобьется при падении.

Рассмотреть начинку робота мешает двухслойный защитный корпус. Снаружи — покрытие из поликарбоната, внутренний слой сделан из пенопласта. Такая конструкция смягчает удары о препятствия.

Spot не боится дождя, строительной пыли и может работать при температуре от -20С до 45С.

К каждому Spot прилагается пара сменных литий-ионных аккумуляторов емкостью 600 Вт-ч каждый и 400 Вт зарядное устройство. На зарядку аккумулятора требуется 2 часа. Батареи вставляются в брюхо робота и обеспечивает 90 минут активной работы или около 4 часов сидя в режиме ожидания.

 Пара батарей и зарядное устройство (выход: 35-58,6 В постоянного тока, 7,2 А Макс.)

В документации к Spot упоминается, что при некоторых движениях приводы не тратят, а генерируют ток. В результате напряжение на шине робота может превышать напряжение батареи, но вряд ли это заметно продлевает время работы.

Робот Spot имеет сенсоры для восприятия пространства. Он видит все вокруг, но недалеко. Инженеры снабдили его пятью стереокамерами, обеспечивающими 360-градусный обзор. Сенсоры выдают черно-белую картинку и позволяют построить карту глубины, но дальность обзора составляет всего 4 метра.

 Чтобы ориентироваться на местности и избегать препятствий, Spot использует не только камеры, но и одометрию — данные о движении приводов. Они формируют машинный аналог человеческой проприоцепции — ощущения положения тела в пространстве. При помощи камер и одометрии Spot поддерживает и обновляет модель, которая описывает позу робота и положение относительно других объектов.

В YouTube-роликах Spot кажутся довольно самостоятельными, но еще в прошлом году это было не так. Когда их начали рассылать заказчикам, собаки Boston Dynamics не могли ориентироваться в пространстве без помощи оператора.

Чтобы освоиться с управлением, нужны считаные минуты. Дело в том, что большую часть работы Spot берет на себя. Робот самостоятельно избегает столкновений, переступает через препятствия и адаптируется к неровностям местности.

 Это работает удивительно хорошо, но не идеально. Spot все еще теряет равновесие на скользких поверхностях и спотыкается о кабели и веревки. Он может наступать на банки с краской, ведра и другие предметы ниже 30 см, плохо распознает зеркальные и очень яркие препятствия. В инструкции отдельно подчеркивается, что Spot может врезаться в стеклянные двери. А еще, если придет робоапокалипсис, вы можете попробовать спастись в высокой траве.

Весной 2020 года Boston Dynamics выпустила обновление Spot 2.0. Теперь под руководством оператора Spot может построить подробную карту местности. Затем нужно выбрать на карте те места, которые должен посетить робот, и действия, которые он должен совершить. Spot самостоятельно построит кратчайший маршрут, пройдет по нему и выполнит свою задачу.

Чтобы обрабатывать данные с лидара в реальном времени, Spot нужна дополнительная вычислительная мощность.

CORE — обычный компьютер внутри которого находится процессор Intel Core i5 восьмого поколения, 16 ГБ оперативной памяти DDR4 и SSD диск на 512 ГБ. В отличие от компьютеров, управляющих Spot, эта система открыта для разработчиков.

Для машинного обучения предусмотрен отдельный модуль — Core AI. Это CPU Intel Xeon E3-1515M V5, 32 ГБ оперативной памяти, 480 ГБ SSD и видеокарта Nvidia Quatro P5000 в корпусе с защитой IP67 и возможностью работы от -20 до 45C.

Как и большинство современных роботов, Spot лучше всего подходит для грязной, скучной и опасной работы. Но даже инженеры Boston Dynamics поначалу не знали, где именно робот окажется наиболее полезен.

Осенью 2019 года Boston Dynamics отправила 150 Spot различным компаниям и исследовательским центрам для тестирования. Роботов буквально отдавали со словами: «придумайте им наилучшее применение». И применения нашлись.

Spot оказались полезны на стройплощадках. Там одновременно работает много людей разных профессий, и их усилия сложно координировать. Каким бы придирчивым ни было руководство, рано или поздно кто-то отклоняется от чертежей. Тогда приходится сносить уже готовую стену, а, в худшем случае, реконструировать целое здание.

В 21 веке вместо бумажных планов в строительстве используют BIM (Building Information Modeling). Это сложная штука, но сейчас достаточно сказать, что BIM выглядит, как подробная трехмерная модель здания со всеми коммуникациями.

Во время строительства специально обученный сотрудник обходит строительную площадку с фотокамерой в руках, делает сотни снимков в заранее выбранных точках, сгружает их на компьютер и сравнивает с ранними снимками и трехмерным планом. Через неделю — повторяет все заново. К тому же, сделанные человеком фотографии отличаются по ракурсу, и это затрудняет сверку.

Spot справляется с этой задачей лучше людей. Ему не надоедает ходить по одному и тому же маршруту 24 на 7, и он может делать больше снимков с большей точностью.

Так, чтобы отслеживать ход, пара роботов Spot еженедельно делала почти 5 000 фотографий, обходя территорию более 45 000 квадратных метров.

**Список использованных источников**

1. Boston Dynamics [Электронный ресурс]: https://www.bostondynamics.com
2. Старт продаж SPOT [Электронный ресурс]: https://club.dns-shop.ru/digest/21759-odnogo-iz-robotov-boston-dynamics-teper-mojno-kupit
3. Как это устроено: SPOT [Электронный ресурс]: https://habr.com/ru/post/521878