



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PTC3101 – Engenho e Arte do Controle

Projeto

Desafios que precisam ser superados para a construção de robôs gigantes do tipo humanoide

Aluno:

Gustavo Kendy Kawamorita

8041286

Turma: 50

Sumário

Lista de Figuras	3
Motivação do Projeto	4
Especificações e Suposições a serem feitas	5
Desafios funcionais a serem superados	6
Outros tipos de desafios que precisam ser superados	10
Conclusão	11
Bibliografia	12

Lista de Figuras

Figura 1 - Bearing Load limite de diferentes tipos de solo

5

1. Motivação do Projeto

O projeto foi motivado pelas séries e filmes de sci-fi e animações japonesas, tais como Pacific Rim, Neon Genesis Evangelion, Mobile Suit Gundam e Macross. O que tais títulos tem em comum é um fator principal: A presença de robôs gigantes do tipo humanoide como principal forma de combate entre as facções. Como o uso principal dos robôs dessas séries é para lutas, esse projeto será mais focado em robôs para uso em lutas também.

Além da inspiração inicial, em 2019 um robô japonês (de nome Mononofu) de 8,46 metros entrou para o livro Guinness World Records por ser o maior veículo humanoide. Similar à inspiração inicial desse projeto, o idealizador desse robô também se inspirou nas animações japonesas e o robô tem a aparência inspirada por robôs que aparecem em tais animações. Esse exemplo da vida real de um veículo inspirado nos robôs gigantes das animações japonesas ajudou a reacender a chama do interesse no assunto.

Também no Japão, a alguns anos atrás tinham sido construídas estátuas baseadas nos robôs da série de animação japonesa Mobile Suit Gundam. Elas acendiam e ligavam luzes, e eram construídas com o mesmo tamanho dos robôs gigantes da série (17-18 metros de altura). Mais recentemente, neste ano de 2020, foi inaugurado na cidade de Yokohama uma nova estátua de 18 metros de altura e 25 toneladas de peso. Essa estátua, além de ligar as luzes, também é capaz de se mover bem lentamente. Essas estátuas estão longe de possuir tantas funcionalidades quanto as desejadas por um robô gigante cujo propósito é lutar, mas saber que algo desse tipo e nessas proporções pode ser construído com a tecnologia atual e é capaz até de caminhar lentamente, leva a acreditar que com um maior avanço de tecnologias relacionadas, é possível que um dia robôs gigantes humanoides possam ser construídos.

2. Especificações e Suposições a serem feitas

Para especificar mais a ideia de robôs gigantes do tipo humanoide, serão consideradas as seguintes medidas:

Altura do robô: 17-18 metros

Para calcular o peso do robô, como é difícil determinar o que o robô teria dentro dele, para ter uma ideia para comparação, o peso a ser calculado vem somente da armadura externa dele, que será suposta com 20 cms de largura. Para calcular o resto das dimensões, serão usados as medidas da média de um homem adulto. Como a altura média é de 1.74 m, é possível fazer uma aproximação e multiplicar as dimensões por 10. Com isso, fazendo as contas, o volume da armadura externa é de: $V = A_{ex} * l = 2400000 * 20 = 48000000cm^3$. Para ter uma ideia do peso da armadura, serão supostos 2 materiais possíveis: ferro e aço. A densidade do ferro é de 7,87 g/cm³ e a densidade do aço é de 8,05 g/cm³, então o peso da armadura feita de ferro seria de 377,76 ton e o da armadura feita de aço seria de 386,4 ton.

Certamente o peso do robô não vem somente da armadura dele, já que é impossível um robô completamente vazio por dentro, mas é uma estimativa que vai ajudar a ter uma ideia da grandeza dos valores.

3. Desafios funcionais a serem superados

Para tornar possível a construção de robôs gigantes do tipo humanóides, existem vários desafios mais relacionados com a funcionalidade do robô que precisam ser superados. Dentre eles, os que se destacam são:

1. Peso do robô

Como o robô deverá ser do tipo humanoide, ele deve ser capaz de ficar de pé em duas pernas. Portanto, todo o peso ficará concentrado nos dois pés do robô com ele parado, e quando o robô estiver andando, haverá um momento em que uma perna está no ar e todo o peso estará concentrado num pé só. Como $P = F/A = (m * g) / A$, sabemos a relação entre a pressão P que é exercida numa área A por uma massa m, sob influência da aceleração da gravidade g. Com isso, é possível perceber que se o robô for muito pesado, a pressão exercida na terra será muito grande, e o robô irá afundar na terra. Pelas estimativas feitas na seção anterior, é possível calcular quanto será a pressão na terra dependendo do material da armadura do robô, já que ao fazer os cálculos a área de contato com o chão com 1 pé do robô é de $A = 27000 \text{ cm}^2$ ou $2,7 \text{ m}^2$. Portanto,

$$P_{\text{Ferro}} = (m * g) / A = 377760 * 9,81 / 2,7 = 1372528 \text{ N/m}^2 \text{ e}$$

$$P_{\text{Aço}} = (m * g) / A = 386400 * 9,81 / 2,7 = 1403920 \text{ N/m}^2.$$

Após uma pesquisa sobre a quantidade de pressão que um solo aguenta, é possível afirmar que a maior parte dos solos não aguenta uma pressão de mais de 1 MPa, com exceção de solos de rocha sólida. Portanto, dependendo do local onde o robô vai ter que lutar, é possível que seu próprio peso o faça afundar na terra, o que seria uma fraqueza fatal. As contas feitas anteriormente supõem somente o peso da armadura externa do robô, então o peso real do robô deverá ser maior, e por consequência, a pressão exercida pelos pés dele também.

Soil	Bearing Load (kPa) (psi)
Clay, soft	100
Sand, dry fine	200
Sand with clay, dry fine	300
Sand, coarse	300
Clay, dry hard	350
Gravel	400
Rock	1000 - 4000

Figura 1 - Bearing Load limite de diferentes tipos de solo

Enfim, para permitir que o robô possa operar em diversos tipos de ambientes (urbano, florestas, praias), é necessário que se evite que o peso dele seja muito elevado, ou se pense em outra alternativa para diminuir a pressão exercida na superfície de contato. Uma opção seria aumentar a área de contato, mas existe um limite de até quanto isso pode ser feito, já que é um robô gigante do tipo humanoide e para manter tal forma, os pés não podem ser transformados em rodas ou lagartas (como as de um tanque).

2. Fonte de energia do robô

Para que o robô possa ser usado em lutas, é necessário que a fonte de energia dele permita um tempo de operação adequado ao seu uso. Na ficção, o problema do tempo de operação é resolvido de diversas maneiras: baterias elétricas de grande capacidade de carga, reatores experimentais usando combustível fictício e reatores nucleares de fissão nuclear. Também existe a solução de conectar o robô à uma fonte de energia externa através de um cabo de alimentação, mas isso cria uma fraqueza fatal e fácil de identificar no robô.

A ideia de usar um reator nuclear no robô cujo uso é para lutas também não é tão boa, já que caso o robô seja danificado em seu reator, existe o perigo de um acidente nuclear ou uma explosão nuclear.

Portanto, a solução que parece mais razoável seria usar uma série de baterias elétricas. Porém, é difícil mensurar quanta carga seria necessária nessas baterias para conseguir um tempo de operação razoável para o robô, já que não há nenhuma máquina de tamanho comparável na vida real. Para referência, o carro Model S da Tesla, em sua versão com a bateria mais potente disponível, tem uma bateria com uma capacidade de 100 kWh, o que permite que o carro consiga percorrer entre 560-647 km numa situação ideal. Um robô gigante necessitaria de muito mais energia que isso só para conseguir correr, pular, socar e chutar durante uma luta que dura mais que alguns minutos.

Os gastos de energia principais do robô seriam provavelmente com os motores para mover os braços e pernas e possivelmente com alguma arma especial. Os gastos de energia secundários do robô seriam provavelmente com os inúmeros sensores que monitoram as condições das múltiplas partes do robô, câmeras para permitir que o piloto veja do lado de fora do robô e os sistemas de suporte de vida para o piloto. Supondo que o robô tenha que lutar contra monstros gigantes espaciais (Como no filme Pacific Rim), seria necessário que ele possua uma arma especial potente o suficiente para tal feito, tal como uma Railgun ou um canhão de plasma. Esse tipo de arma especial também aumentaria o gasto de energia do robô, e para manter um tempo de operação razoável, ainda mais baterias seriam necessárias.

Não é difícil de adivinhar que existe um certo equilíbrio entre capacidade das baterias, motores e peso, já que quanto mais baterias, mais pesado o robô, e por conseguinte, motores mais potentes (ou mais motores) seriam necessários para suportar o peso do robô, o que aumentaria a necessidade de energia, que por sua vez pediria mais baterias, fechando o ciclo. Como já mencionado acima, o peso é um problema em si só, então é preciso chegar a um equilíbrio nessa relação de capacidade das baterias, potência dos motores e peso, de forma que não se priorize muito um lado e não piore muito outro.

Na ficção, geralmente ou é encontrada uma nova fonte de energia, extremamente energética e um reator que a aproveite é criado, ou foram criadas baterias elétricas extremamente compactas, leves e com uma capacidade de carga absurda, ou é descoberta um novo tipo de combustível, também extremamente energético. Também temos a vertente em que a fusão nuclear nesse mundo fantasioso se tornou uma alternativa viável e reatores nucleares extremamente compactos foram criados para serem instalados no robô. Na série de animação japonesa, Neon Genesis Evangelion, o robô é conectado através de um cabo de alimentação a uma

fonte de energia externa, enquanto o robô em si possui uma bateria interna com autonomia de 5 minutos.

3. Material da armadura do robô

Um robô cujo propósito é de lutar deve ter uma armadura resistente o suficiente para aguentar alguns rounds de combate. Portanto, espera-se que o robô tenha uma armadura feita de um material adequado para resistir danos. A escolha desse material deverá considerar que uma das maiores placas a ser usada teria que ter um tamanho aproximado de de 6 m x 3 m x 0,2 m, e que a placa não deverá quebrar por causa do peso dela mesma. Não foi possível encontrar dados suficientes para determinar se uma placa de ferro ou aço de tais proporções aguentaria o peso dela mesma.

Na ficção, geralmente é descoberto um novo tipo de metal, extremamente resistente e ao mesmo tempo extremamente leve, e com isso é possível construir uma armadura do robô que consegue resistir a muitos danos. Geralmente é nessas linhas que a ficção tenta explicar como os problemas do peso e do material do robô foram resolvidos.

4. Centro de massa do robô

Ao pensar como seria a construção de um robô gigante, percebe-se que o local que teria mais espaço “livre” para instalar a fonte de energia, os motores e o cockpit seria a área equivalente ao tórax e o abdômen de uma pessoa. Levando isso em consideração, é possível imaginar que o centro de massa do robô ficaria relativamente alto, e sabe-se que quanto mais alto o centro de massa, mais fácil se torna de se perder o equilíbrio e cair.

Sabendo disso, é necessário que sejam criadas soluções para combater essa facilidade em perder o equilíbrio, para que isso não ocorra no meio do combate e deixe o robô exposto ao adversário.

Na ficção esse problema não costuma ser muito explorado. Nas raras vezes que esse problema foi mencionado, ele foi resolvido através de uma tecnologia fantasiosa que era capaz de criar uma espécie de anti-massa, que efetivamente diminui o peso de uma parte do robô (No caso era a parte do tórax) e consegue mudar a posição do centro de massa do robô por causa disso.

5. Dificuldades de movimento

Conforme os anos, foram sendo idealizados robôs para atravessar diversos tipos de terrenos, mas nenhum deles tem a mesma versatilidade que os humanos. Isso se deve ao fato que o ato de andar em si é um processo complicado que envolve um nível significativo de destreza e estabilidade (que está sendo comprometida pelo problema acima, o centro de massa do robô estar relativamente alto). Por causa disso, mesmo com os avanços mais atuais dos robôs da Boston Dynamics, que são capazes de replicar melhor como humanos andam, quando se pensa em tentar

adaptar isso numa escala dos robôs gigantes, é bem possível que não seja possível adaptar totalmente esses avanços.

Portanto, ainda é necessário que a tecnologia relacionada ao movimento em 2 pernas dos robôs gigantes seja aprimorada, de forma que eles possam andar e correr como era esperado de um robô do tipo humanoide.

Na ficção esse problema ou não é mencionado, ou ele foi resolvido através de bio-computadores super avançados que são capazes de se conectar com o cérebro do piloto, e o mesmo é capaz de controlar o robô como se fosse os seus próprios braços e pernas. A tecnologia atual não é capaz de um processamento rápido o suficiente para permitir tal coisa, e sabe-se que a quantidade de informação que viria de um robô poderia acabar sobrecarregando um cérebro humano.

4. Outros tipos de desafios que precisam ser superados

Além dos desafios funcionais, também existem outros desafios que precisam ser vencidos para tornar os robôs gigantes do tipo humanoide possíveis. Dentre eles, destacam-se:

1. A necessidade de robôs gigantes

Por mais que a ideia de robôs gigantes do tipo humanoide seja interessante, existe a seguinte pergunta: “Existe uma demanda que só pode ser cumprida por eles?”. Atualmente, caso aparecessem de repente monstros gigantes, eles provavelmente seriam combatidos usando as formas convencionais de armamento, como navios, tanques e aviões. Não existiria razão para investir em robôs gigantes do tipo humanoide, que seriam extremamente caros e necessitariam de uma quantidade absurda de materiais, pesquisa e mão de obra para serem construídos, já que os armamentos atuais são mais convenientes do que investir numa tecnologia experimental cujas bases nem existem direito ainda.

Pensando nas outras indústrias, também é duvidoso que um robô gigante do tipo humanoide seria necessário. A indústria que talvez fizesse uso deles seria a da construção civil, mas em casos extremamente específicos.

2. Custo para construção e manutenção de um robô gigante

Supondo que de repente todos os desafios tecnológicos foram superados, ainda sim existe um grande problema: O preço. Pelo tamanho do robô, todos os componentes teriam que ser fabricados sob medida e uma enorme quantidade de materiais seria consumida. Os preços relacionados com a compra dos materiais, mão de obra dos locais que forem construir as partes, preços para transportar as partes para o local onde o robô será montado e aluguel dos galpões onde guardar as partes para montar o robô enquanto esperam as outras partes chegarem para serem montados. Todos esses fatores deixariam o preço de construção do robô em valores astronômicos.

Não deve ser esquecido também que o robô necessitará de manutenção para se manter em operação, e como todas as partes terão que ser feitas sob medida e transportadas para a base onde ele for receber a manutenção, há mais custos. Também será necessário separar um espaço onde seriam guardadas as peças sobressalentes, ou alugar galpões para guardar tais peças.

5. Conclusão

A ideia de robôs gigantes do tipo humanoide é explorada pelos autores de séries e filmes de ficção científica e de animações japonesas e parece muito legal. Porém, para se tornar real, ainda existem muitos obstáculos que precisam ser superados, muitos deles relacionados à funcionalidade dele. Levando em consideração todos os problemas e desafios, é triste chegar à conclusão que robôs gigantes do tipo humanoide são muito interessantes no plano das ideias, mas na vida real as limitações tecnológicas e a falta de uma aplicação e demanda para eles é algo fatal.

Porém, sempre existem os entusiastas que tentam trazer à realidade esse tipo de coisas que existem somente na ficção, e é com os esforços dessas pessoas que talvez, num futuro distante, os robôs gigantes do tipo humanoide se tornem uma realidade.

6. Bibliografia

- [1] SPACE.COM. *How Possible are the Giant Robots in 'Pacific Rim'?*. Disponível em: <<https://www.space.com/21990-giant-robots-possible-pacific-rim.html>>. Acesso em 08 de dez. 2020.
- [2] THE JAPAN TIMES. *Life-size moving Gundam statue unveiled to media in Yokohama*. Disponível em: <<https://www.japantimes.co.jp/news/2020/11/30/national/moving-gundam-statue-japan/>>. Acesso em 08 de dez. 2020.
- [3] GUINNESS WORLD RECORDS. *World's largest humanoid robot is too tall to leave its warehouse*. Disponível em: <<https://www.guinnessworldrecords.com/news/2019/9/worlds-largest-humanoid-robot-is-too-tall-to-leave-its-warehouse>>. Acesso em 08 de dez. 2020.
- [4] BBC. *Will we ever pilot giant robots?*. Disponível em: <<https://www.bbc.com/future/article/20160610-will-we-ever-pilot-giant-robots>>. Acesso em 08 de dez. 2020.
- [5] WIKIPEDIA. *Tesla Model S*. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S>. Acesso em 10 de dez. 2020.
- [6] WIKIPEDIA. *Electric Vehicle Battery*. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery>. Acesso em 10 de dez. 2020.
- [7] RESEARCHGATE. *Dimension of average male human being*. Disponível em <https://www.researchgate.net/figure/Dimensions-of-average-male-human-being-23_fig1_283532449>. Acesso em 12 de dez. 2020.
- [8] FIRST IN ARCHITECTURE. *Average Male and Female Dimensions*. Disponível em: <<https://www.firstinarchitecture.co.uk/average-male-and-female-dimensions/>>. Acesso em 12 de dez. 2020.
- [9] THE ENGINEERING TOOLBOX. *Soil - Bearing Strength*. Disponível em: <https://www.engineeringtoolbox.com/bearing-load-soil-d_1896.html>. Acesso em 14 de dez. 2020.