



SISTEMA DE MÁXIMA EFICIÊNCIA PARA MONTANHAS-RUSSAS

Índice:

1.Introudução ao problema

2.Resolução

2.1. Definições importantes;

2.1.1.Lift Hill;

2.1.1.1.Anti-Rollback Device;

2.1.2.Inversões;

2.1.3.Estação;

2.1.4.Break run;

2.2.Apresentação da resolução;

2.2.1.Sensores utilizados;

2.2.2.Circulação no circuito;

2.2.3.Circulação na estação;

2.3.1.Verificação de cintos mal apertados;

2.2.4.Paragem de emergência;

2.2.5.Possível problema e a sua solução;

3.Comparação da nossa solução com a solução usada atualmente no mercado;

4.Conclusão

1.Introdução ao problema:

Um multimilionário tem um parque de diversões. Para este parque o proprietário gostava de ter uma nova montanha russa, mas ele não quer uma montanha russa como qualquer outra no mercado. Ele quer uma inovação que ao mesmo tempo sege o mais eficiente possível como também o mais seguro possível, para que se consiga acomodar o máximo de passageiros por hora. O dono do parque, disse que desde que estas duas condições sejam cumpridas, pagaria um preço qualquer (ou seja não há limitações de financiamento na nossa resolução).

Assim, o **problema** que nos é apresentado é o seguinte:

- Ter um sistema que permita uma montanha russa de circuito fechado conseguir suportar, em simultâneo, o máximo número de carros (consequentemente passageiros) sem por em causa a segurança dos ocupantes.

Nota: com circuito fechado queremos dizer que a montanha russa passará por todos os pontos do circuito apenas uma vez numa volta (momento onde haverá o carregamento de passageiros).

2. Resolução:

Neste tópico apresentamos, primeiramente, algumas definições vitais para se conseguir entender a nossa resolução e só depois apresentaremos a solução ao problema inicial.

Nota importante: existem centenas de modelos de montanhas russas. Para o nosso trabalho estamos a trabalhar com uma montanha russa de percurso fechado em que em nenhum momento do seu percurso passa pela mesma posição no circuito, na mesma volta ao percurso.

2.1.Definições Importantes:

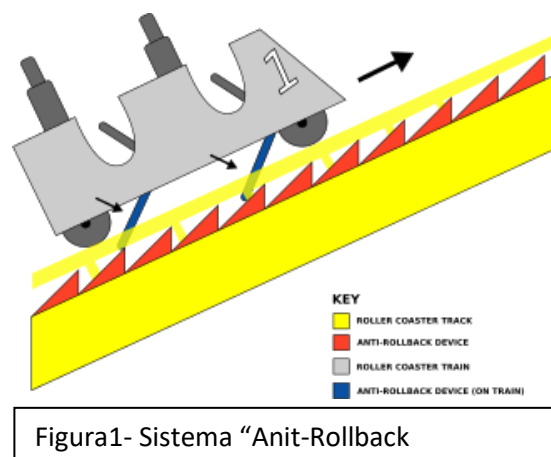
2.1.1 Lift Hill:

Um “Lift Hill” não é nada mais do que um pedaço da montanha russa inclinada para cima, que funciona como um elevador que transporta o nosso carro para, habitualmente, o ponto mais elevado da nossa montanha russa onde, posteriormente, por ação da gravidade irá percorrer todo o percurso. Existem vários tipos destes elevadores, sendo os mais comuns: “Chain Lifts” (uma corrente contínua leva o carro até ao topo da montanha) ; “Friction Weels” (um sistema em que pequenos pneus giram e consequentemente elevam o carro até ao topo da pista); e

“Cable Lifts” (em vez de uma corrente usam um cabo que ,por ser mais leve do que uma corrente, consegue levar o carro para o ponto desejado muito mais rapidamente). Para este trabalho usaremos o “Chain Lift”. É de notar que caso este sistema alguma vez falhe existe um sistema mecânico que previne o carro simplesmente despegar-se da corrente e de repente cair para “trás” e possivelmente causar perigo de vida aos passageiros. A este sistema dá-se o nome “Anti-Rollback Device”.

2.1.1.1.Anti-RollbackDevice:

O sistema funciona da seguinte forma. Debaixo da corrente que está a puxar o nosso carro teremos blocos triangulares de metal. Por outro lado, debaixo do nosso carro teremos peças de metal que estarão virados para baixo, com grau dependendo da inclinação do “Lift Hill”. Assim, se o carro, por algum motivo, parar de ser suportado pela corrente, as peças debaixo de carro, enfiar-se-ão nos blocos triangulares, paralisando o carro no lugar. Para ilustrar este mecanismo observe a figura 1.



2.1.2.Inversões:

Uma inversão é um elemento da montanha russa onde o carro fica “ao contrário” na pista (ou seja os passageiros ficam temporariamente com a cabeça virada para o chão). O exemplo mais famoso de um destes elementos é o “Loop”, embora existam muito mais tipos.

2.1.3. Estação:

Tal como uma estação de comboio, numa montanha russa a estação é o local onde um carro vai buscar os seus passageiros. Assim é aqui que existe o embarque e desembarque de passageiros. É de notar que, ao contrário de comboios, esta estação é única, ou seja, o carro não parará em nenhuma outra estação, pois não existem mais estações. É, ainda, de notar que antes de uma estação existe uma zona onde os carros param e esperam pela sua vez para entrar na estação, numa zona habitualmente denominada como “break run”.

Nota: Em casos raros, existem montanhas russas com múltiplas estações (uma para desembarque e outra para embarque de passageiros), mas para o nosso trabalho não usaremos com um desses modelos.

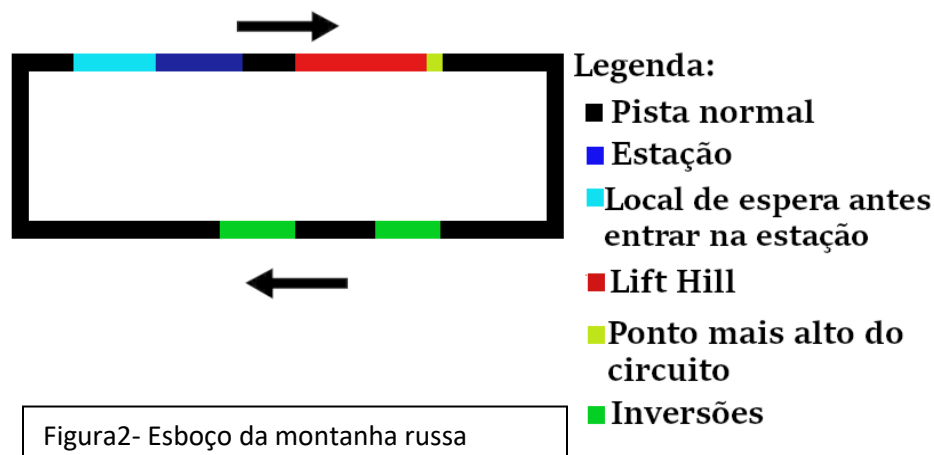
2.1.4. Break Run:

Um break run é uma zona que ou serve para fazer com que o nosso carro ande mais devagar, ou com que ele pare totalmente. Podem estar espalhados em todo o circuito. Para a nossa montanha russa, apenas usaremos antes da nossa estação, para controlar a entrada e saída de carros.

2.2. Apresentação da resolução:

Agora que já indicamos algumas noções básicas sobre montanhas russas, é tempo de apresentar a resolução ao problema inicial.

Como já referimos várias vezes, a montanha russa tem circuito fechado. Assim, para melhor representação da nossa solução, construamos uma montanha russa (**Nota:** Não está à escala):



A sequência de ocorrências no nosso circuito é a seguinte: primeiramente carregamos os passageiros na estação. Seguidamente e após todos os passageiros estarem seguros ao carro, este prossegue para o Lift Hill onde ascenderá até ao ponto mais alto do nosso circuito. A partir daí completará o circuito, passando por duas inversões. Quando completo o circuito, o carro parará no brake run onde esperará pela sua vez de entrar na estação, na qual ocorrerá o desembarque de passageiros.

2.2.1.Sensores utilizados:

Sensores fotoelétricos – constituído por dois sensores, um emissor e um recetor, o emissor emite um feixe de radiação eletromagnética que é detetado pelo recetor, quando o feixe é interrompido o sistema interpreta como estando um objeto entre os sensores.

Sensor ultrassom – constituído por um sensor que emite uma frequência inaudível para o ser humano e avaliando o tempo que o som demora a regressar o sistema consegue determinar a distância ao objeto.

2.2.2.Circulação no circuito:

Os nossos carros terão travões internos, um motor elétrico e um sensor de ultrassom alimentados por uma bateria que puderam ser acionados e controlados remotamente via comunicação pelo arduino. Como nós queremos o número máximo de passageiros a percorrer o circuito no mínimo tempo possível, teremos de conseguir pôr vários carros ao mesmo tempo a percorrer o mesmo circuito. Ora isto trás consigo as suas inconveniências, pois existe o risco de, se não houver controlo adequado, os carros colidirem uns com os outros.

Vamos dividir o circuito em duas partes: a estação e o resto do circuito. Falaremos da estação mais à frente.

Ao saírem da estação os carros não podem ser mandados imediatamente uns atrás dos outros. Devido à velocidade de os carros ser muito elevada, se mandasse-mos os carros seguidos, causaria extremo perigo aos passageiros, pois se o sistema de emergência (abordado mais à frente em mais detalhe) fosse ativado devido a um carro x ter parado inesperadamente, se o carro y, que está atrás do carro x, fosse a uma velocidade de 120km/h e não tivesse uma distância de segurança razoável, os passageiros sofreriam graves danos físicos ou até mesmo morte devido às forças G originadas de uma paragem brusca. É de notar que devido a todos os carros terem peso diferente (devido à soma dos pesos de todos os passageiros não ser constante), a distância de segurança poderá ser ligeiramente diferente de carro para carro. Assim, para sermos seguros,

consideramos uma distância de segurança razoável 100-150 metros, dependendo da velocidade máxima do carro (quanto maior a velocidade máxima, maior a distância de segurança).

O sensor de ultrassom estará colocado na frente de cada carro e apenas servirá para o sistema obter informação mais detalhada sobre a distância do carro da frente na zona de espera da estação e manter os carros a uma distância razoável.

Ao longo do percurso teremos centenas de sensores fotoelétricos a intervalos constantes. Estes sensores servem para darem ao sistema as coordenadas de todos os carros no nosso circuito e assim o sistema ser capaz de calcular a sua velocidade, caso detete que dois carros estão demasiado perto pode gerir o comportamento dos carros para aumentar a sua distância de segurança e evitar colisões usando os travões internos.

Assim, estes sensores mandam a informação da posição dos carros que estão a percorrer o circuito e consegue avaliar se estes estão demasiado perto um do outro, podendo corrigir a tempo a velocidade a que os carros se movimentam ao comunicar diretamente com os carros e acionando os travões internos dos carros.

2.2.3.Circulação na estação:

O embarque e desembarque de passageiros leva algum tempo. Assim, para termos máxima eficiência a nossa estação será dividida em duas sub-estações. Cada sub-estação será composta por um prato giratório. Antes de o carro entrar na estação, teremos um sistema “Switch track”, que tal como nos comboios, será um bocado de circuito dinâmico, que ou leva o carro para uma sub-estação ou leva para a outra. Existirá um sensor fotoelétrico que indicará quando um dos carros atravessou o “switch track”. Quando essa passagem é detetada, o “switch track” move-se da entrada para a sub-estação inicial, para a entrada da outra sub-estação, e assim sucessivamente. É de notar que enquanto o “switch track” estiver a movimentar, os carros no break run estarão parados até ao movimento do “switch track” parar, devido a um travão nesta zona. Quando o carro chega à sub-estação, o carro vai parar num prato giratório. É de notar que o prato giratório terá já um carro do lado oposto a embarcar passageiros. Quando, o carro que está a receber passageiros, estiver pronto, o prato giratório rodará 180 graus, levando o carro pronto para percorrer o percurso, enquanto o carro cheio de passageiros entra na estação para desembarcar e, posteriormente, embarcar passageiros. Para ilustrar melhor esta ideia, vejamos as seguintes figuras:

Sistema “Switch Track”(Nota: Não está à escala):

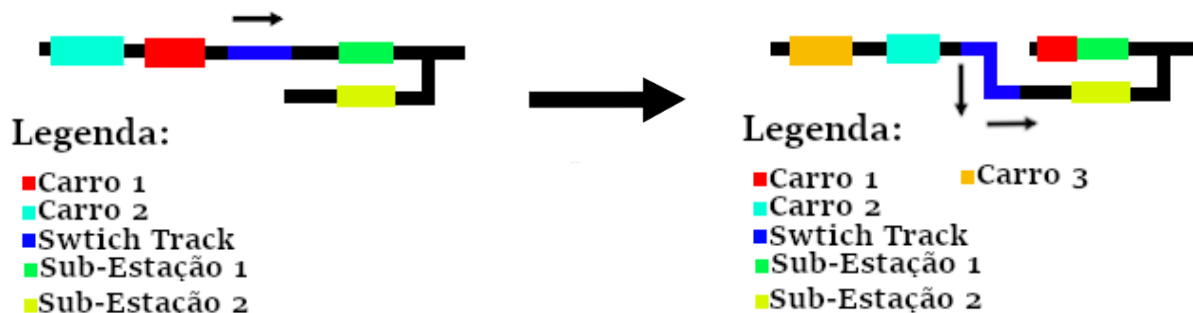


Figura 3- Sistema switch tracks

Como é possível observar na figura 3, primeiramente temos 2 carros na zona de espera. Como na primeira instância, o “switch track” está na posição correta, o carro 1 pode avançar para a sub-estação 1. Após o carro passar o “switch track”, um sensor fotoelétrico verifica a passagem de um objeto (o carro 1) e como consequência, o “switch track” muda a sua posição. Enquanto esta mudança de posição está a ocorrer, serão acionados os travões antes do “switch track”, para parar o carro que irá atravessar a zona a seguir. Após a mudança de posição do “switch track”, os travões param de funcionar e o carro 2 poderá passar para a sub-estação 2. É de notar que os carros que estão na fila de espera terão sensores de ultrassom para conseguirem controlar a distância com o carro da frente, só sendo necessário um travão no final, pois não existirá nenhum carro há frente, e o sensor poderia interpretar como se o carro pudesse avançar.

Sistema pratos giratórios (Nota: não está à escala):

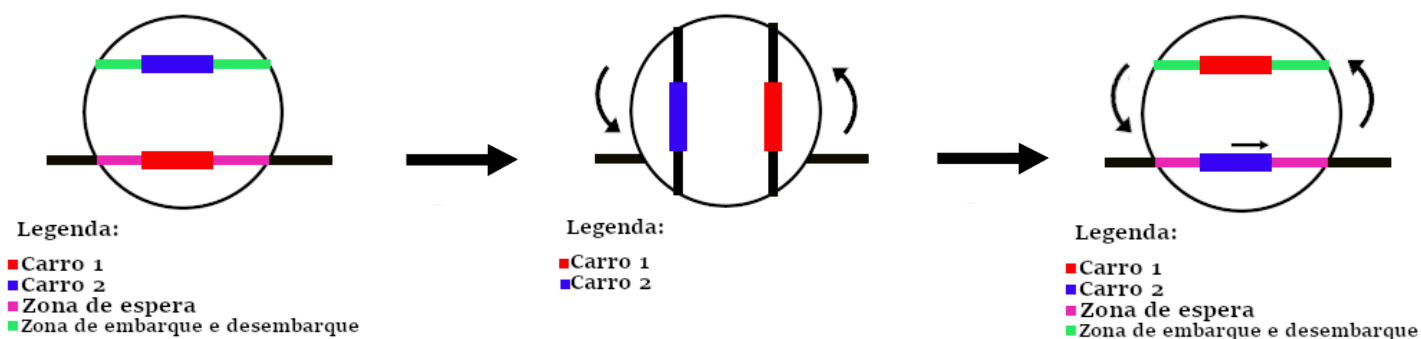


Figura 4- Sistema plataformas giratórias

Como é possível observar na figura 4, temos o carro 2 a embarcar e a desembarcar passageiros enquanto o carro 1 está na zona de espera da plataforma rotatória. Quando o carro 2 acaba de

fazer as suas operações e toda a gente está segura ao carro, a plataforma roda 180 graus, substituindo a posição do carro 1 com a do carro 2. A seguir o carro 2 prossegue para o circuito, enquanto o carro 1 prossegue para as operações de embarque e desembarque. Posteriormente ao carro 2 sair da estação, um sensor fotoelétrico deteta a saída do carro2 e manda um carro 3 entrar na estação.

2.2.3.1.Verificação de cintos mal apertados no carro:

Existem inúmeros designs de cintos de segurança numa montanha russa. Na nossa, utilizaremos um “lap bar”, que é uma barra metálica que, quando o passageiro está sentado, desce até á zona da barriga e prende o passageiro ao lugar. A verificação de se os cintos estão bem apertados ou não é bastante simples. Simplesmente temos de verificar se todos os “lap bars” desceram o suficiente, ou seja, se estão a prender o passageiro suficientemente bem. Caso não, o sistema identifica esta situação e não deixa o prato giratório girar até esta situação ser corrigida, ou por expulsar um passageiro demasiado “grande” ou por corrigir a situação identificada e pressionar com mais força a barra contra o passageiro. É de notar que o “lap bar” terá de descer, em geral, no mínimo 90 graus.

2.2.4.Paragem de emergência:

Em caso extremo, pode ser acionado o sistema de emergência, que, caso exista uma irregularidade de grandes proporções, como por exemplo um objeto no circuito que não deve lá estar, o sistema irá parar todos os carros usando os travões internos, sendo essa travagem controlada pelo sistema para ser o mais suave possível (menor número de forças G) ,ao avaliar a distância do obstáculo, velocidade, inclinação da pista e dando uma margem de erro para o atrito dos travões, diferentes valores de massa do carro ou possíveis falhas.

Durante esta travagem de emergência o “Lift Hill” é desativado e o carro que está mais perto do local do objeto vai ter uma travagem mais forte. Os outros carros são apenas parados para evitar colisões.

Após todos os carros estarem imobilizados em segurança o sistema apenas irá controlar um carro de cada vez e retornar todos os carros à estação usando a ordem de saída. Em caso de se tratar de um caso de maior perigo, ou seja, é verificada que os carros não poderão circular em segurança rapidamente, pode ser feita a retirada manual dos passageiros, via “catwalks” (passarelas de metal que se localizam ao lado do circuito).

Caso o carro para num vale que não tenha um lift hill, o carro ativará um motor interno alimentado por uma bateria que através de um multiplicador de força irá fazer o carro andar. O carro terá uma embraiagem nas rodas que permitirá o motor desconectar-se das rodas quando não é preciso e usando alguma embraiagem ir recarregando as baterias quando o circuito não está em modo de emergência (como a embraiagem de um carro).

Após todos os carros voltarem à estação e o objeto removido ou o problema resolvido o sistema volta ao funcionamento normal, podendo proceder-se novamente ao embarque de passageiros.

2.2.5.Possível Problema:

Problema: Um dos perigos deste sistema é caso um dos sensores fotoelétricos dê um falso positivo ao detetar objetos e o sistema é induzido a entrar no modo de emergência sem motivo e causar descontentamento dos passageiros. Por outro lado, o objeto pode estar entre 2 sensor e por isso não ser detetado pelo sistema levando a uma colisão.

Solução: Esta solução necessitará de muito mais poder computacional, mas baseia-se na colocação de câmaras em volta do carro, que permitirão ao sistema fixar pontos de referência e ter uma noção 3D do meio (tecnologia usada em óculos de realidade virtual como, por exemplo, nos Oculus Quest). Caso se detete um obstáculo ativa-se o modo de emergência. Estes 2 sistemas a trabalhar em paralelo permitirão uma maior segurança caso um deles falhe, como também permitirá ao sistema prever o comportamento desses obstáculos ou até identificar possíveis perigos do exterior do circuito. Para tornar esta solução mais segura poderá usar-se uma base de dados onde o sistema compara os dados obtidos com dados do passado e tira a melhor solução.

3.Comparação da nossa solução com a solução usada atualmente no mercado:

Atualmente, no mercado de montanhas russas de circuito fechado, a abordagem mais global é o controlo dos carros via block sections. Estes blocks sections, são secções da montanha russa onde só um carro pode estar a percorrer ao mesmo tempo. Se um carro quiser entrar nesta secção, mas outro carro estiver ainda a percorrer essa secção, o primeiro carro é parado no block section até poder avançar. Na nossa resolução, tecnicamente, em vez de termos block sections fixos, temos block sections dinâmicos, isto é, o nosso controlo é a distância que dois carros têm a todo o momento, em vez de ser em momentos predefinidos. Também a nossa estação é fora do habitual para o mercado atual. No mercado atual, usasse, habitualmente, uma simples

estação sem pratos giratórios nem sub-estações. Ora isto é muito ineficiente sendo o intervalo entre carros, por vezes, superior a 2 minutos. Na nossa solução, verificamos que algumas montanhas de circuito aberto (o carro passa duas vezes pelo mesmo ponto na mesma volta), embora raro, usavam pratos giratórios, para conseguirem meter um carro a carregar passageiros, enquanto outro percorria o circuito. O caso de onde tirámos maior inspiração, foi a montanha russa “Pulsar”, na Walibi Belgium. Com todas estas modificações, acreditamos que de no máximo, para uma montanha russa com 1 quilómetro e meio, termos 4-5 carros ao mesmo tempo, consigamos ter, no máximo, 10-12 carros ao mesmo tempo, um aumento em 140% de eficiência. É de notar que uma das razões pela nossa solução para a estação não ser a usada pelo mercado atual é devido a motivos económicos, visto que os pratos giratórios custam, obviamente, mais dinheiro, não só na construção, mas também na conta elétrica.

4. Conclusão:

Assim concluindo e resumindo o trabalho, a nossa solução, na sua essência, é remover o tempo desperdiçado pelos modelos atuais. Usamos centenas de sensores fotoelétricos para monitorizar a todo o tempo a posição e velocidade dos carros, e se se detetar alguma irregularidade, o nosso sistema comunicará com o sistema de travagem interno do carro e atuar a tempo para que este pare sem haver colisões. Na estação, separamos os carros em duas sub-estações onde ficarão á espera numa plataforma giratória da sua vez de descarregar e carregar passageiros. Tudo isto culmina num sistema de muito maior eficiência do que os sistemas atuais.

Bibliografia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Lift_hill , link acedido pela última vez a 11/11/2019

https://en.wikipedia.org/wiki/Roller_coaster_inversion, link acedido pela última a 22/11/2019

https://en.wikipedia.org/wiki/Brake_run, link acedido pela última vez a 22/11/2019

https://pt.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_proximidade, link acedido pela última vez a 22/11/2019

https://pt.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_dist%C3%A2ncia#T%C3%A9cnica_de_ultrassom, link acedido pela última vez a 11/11/2019

<https://www.bannerengineering.com/br/pt/products/sensors/photoelectric-sensors.html#all>, link acedido pela última vez a 11/11/2019

[https://en.wikipedia.org/wiki/Train_\(roller_coaster\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Train_(roller_coaster)), link acedido pela última vez a 24/11/2019

Inspiração para os pratos giratórios: <https://www.youtube.com/watch?v=TXsYXwQoZEc> , link acedido pela última vez a 22/11/2019

figura 1- https://en.wikipedia.org/wiki/Lift_hill, link acedido pela última vez a 11/11/2019

é de notar que as figuras 2,3,4 foram feitas pelos alunos