

Анализ

на задача cosmos

от финалния кръг на конкурса CodeIT, 23.04.2013 г.
изготвил: Веселин Георгиев, гр. София, 6 Юни 2013.

Предвид сложността на задачата тази година, би било грешка човек да се опита да я реши “цялата”. Просто няма да му стигне времето за да напише работещо решение за петте часа! Затова, в момента в който ми дадоха условието, и преброих 5 листа текст, отделих следващите 40 минути в мислене какво “подмножество” от възможните действия да реализирам. В крайна сметка се спрях на следните правила:

1. местя корабите един по един, никога в групи;
2. движа корабите от началната им позиция, до край (в целевата зона, а.к.а. The Milky Way), без да се пипат другите. Например, даже и да съществува възможност друг кораб да бъде разбутан с цел да освободи път, това не се прави;
3. позволявам ползването на платени телепорти, но ограничавам изхарчените пари за един маршрут до някакво малко число, m (примерна стойност – 5);
4. целя се да минавам през планети със злато, но по не повече от една на маршрут;
5. веднъж влезнал в тъмна материя, кораб излиза от нея само чрез телепорт (игнорирам възможността за групово излизане, виж правило 1);
6. черните дупки се заобикалят отдалеч, тъй като няма как да ползваме кораб за помощ (виж правило 1)

Следвайки тези ограничения, решението ми представлява поредица маршрути, като всеки маршрут премества единичен кораб в целевата зона, по най-печеливш начин според критериите на оценъчната функция от условието (т.е., оценката за един докаран кораб, отнел k хода и донесъл g злато е $-\sqrt{w^2+h^2+k}-5g$, където целта е да минимизираме тази оценка).

Намирането на един оптимален маршрут (реализиран във функция `augment()`) става чрез BFS, като графът, в който се търси, е разширения граф на:

- координатите в полето;
- текущия баланс злато (от $-m$ до $+9$);
- 1 бит дали сме копали вече злато някъде по пътя.

Последните две се компресират до едно число *level* в интервала $[0 .. 2m+10]$, със следното значение:

- $level \in [0 .. m]$ – още не сме копали, текущият баланс злато за този маршрут е $(level - m)$, т.е. от $-m$ до 0 (няма как да е положителен)
- $level \in [m+1 .. 2m+10]$ – вече сме копали, текущият баланс злато за този маршрут е $(level - (2m + 1))$, т.е. от $-m$ до 9 (тъй като можем да посетим максимум една златна планета, то балансът не може да надхвърли 9).

“Балансът злато” тук се отнася само за изкопаното или изхарченото от този конкретен кораб, т.е. всеки кораб почва с баланс 0, независимо колко злато има в хазната. Иначе казано, всеки кораб има лимит да изхарчи до m злато (респективно да ползва толкова платени телепорта), или да натрупа до 9 (като може да копае само веднъж).

Числото m се подбира така, че големината на графа да е приемлива и да се събира в паметта, като варира между 5 и 20.

Строежа на графа е най-интересното нещо и включва всичките тънкости от условието, отнасящи се за единичен кораб + правило 4. Т.е. поддържа се ускорението около звезди, не се позволява да се излезе от тъмна материя с нормален ход, следи се дали сме копали вече и следващите златни планети се игнорират, ползват се телепортите (като за платените се следи да не се изпразни хазната), не се навлиза в забранени полета и т.н.

Началните върхове в този граф са всички кораби, които все още не са в целевата зона. Балансът злато в началото е 0 ($level = m$). Пуска се BFS, което вълнообразно попълва достижимите върхове в графа от всички кораби едновременно. Върховете, естествено, се посещават само по веднъж, и за всеки пазим индекса на предходния връх, от който сме дошли. Това е и единственият начин да разберем с кой кораб пътуваме – кодировката на върховете ни казва само *къде* сме и *колко злато* имаме. Това също значи, че ако два кораба с еднакъв брой ходове могат да достигнат до една и съща позиция при равно злато, то ние ги третираме оттам насетне като един кораб, т.е. игнорираме единия от двата частични маршрута, довели до тук.

След края на BFS-то (а то е със сложност $\theta(w * h * m)$) разглеждаме всички маршрути, завършващи в целевата зона. За всеки такъв маршрут разполагаме с:

- крайната позиция, (x, y)
- брой ходове за стигане до тук, k (BFS-ът гарантира, че k е минималното възможно)
- баланс злато като разлика спрямо преди изпълнението на маршрута, g

Всеки от тези маршрути се оценява (виж функцията $eval()$) по следните критерии:

- от условието: константна награда за докарването на кораб ($-\sqrt{w^2+h^2}$)
- от условието: наказание за брой ходове ($+k$)
- от условието: награда или наказание за добити/изхарчени пари ($-5g$)
- лека награда, ако крайните координати (x, y) са по-близо до центъра на целевата зона. Идеята е, че без наличие на такава инцентава, оптимизиращата функция би спряла да мести корабите в момента, в който те влезнат в целевата зона, т.е. ще се концентрират по краищата ѝ. Това би могло да доведе до задръстване, затова се стимулира запълването на центъра ѝ. Наградата е $-d/2$, където d е манхатъновото разстояние до най-близкия от четирите краища на целевата зона.
- силно наказание, ако крайните координати (x, y) са върху телепорт. Т.е., телепорт вътре в целевата зона се счита за прекрасно нещо и “паркирането върху него” води до солена глоба ($+10$)

По тази оценка се избира най-добрият маршрут, след което той се “изпълнява” - проследява се кой е кораба, отразяваме преместването на картата, и евентуално маркираме ползваното злато от някоя планета, ако е имало такава.

Външният цикъл (функция $solve()$) изпълнява маршрути, докато докара поне $N/2$ кораба. По-нататък маршрути се изпълняват само докато

- има още кораби отвън;
- оценката е отрицателна (т.е. не си влошаваме общия сбор на решението);
- имаме време (за големи карти, BFS-ът може да стане бавничък).

Възможно е критичното предимство на моето решение спрямо конкуренцията да произточа от това, че **не** игнорирам златото. Действително, идеята да се реши възможно по-малка част от задачата спокойно би могла да го изключи, тъй като може и без него. Освен това, изглежда сякаш за големите примери то е маловажно – един докаран кораб при 100x100 поле дава ~141 точки, а едно злато – само 5. А да не говорим, че за да минем през златна планета, може да се наложи и да се отклоним от най-краткия път, и тогава – къде е сметката?

От друга страна, на голяма случайна карта следва да има много от “богатите” планети с 8 или 9 единици злато, т.е. 40-45 точки, което вече никак не е нищожно. Другата причина златото да се оказва важно въобще не е интуитивна и се вижда само след като се реализира този подход и се разгледа какво става на практика: в първите няколко хода, BFS-ът успява да намери страшно хубави маршрути, хем с малко стъпки, хем събиращи по много злато. Това “напълва хазната” (даже и да е била празна) и отключва възможността да се ползват на воля платените телепорти оттам насетне.

Би било лъжа да твърдя, че хрумването ми да акцентирам на златото е било в следствие на някаква дълбока вътрешна интуиция. Изглеждаше достатъчно лесно да се имплементира, а това, че се оказа толкова важно – просто късмет :)