Planejamento e Execução
Capítulo 13

POP

- Agentes planejadores de ordem parcial podem ser melhores que agentes que resolvem problemas através de busca em um espaço de situações (estados)
- Planejadores podem ser "ajustados" de acordo com características dos domínios (domínios com goals trivialmente ou laboriozamente serializáveis ou não-serializáveis)

POP - Limitações

- Problemas devem ser representados em uma linguagem Strips-like cuja expressividade é restrita
- Só funciona para problemas pequenos
- POP deve ser estendido para planejadores práticos: domínios reais

Job-shop : um problema de planejamento

- Fábrica de montagem: uso de matéria prima, componentes e operadores para montar um produto final
- Decomposição do problema:
  - tarefa de planejamento: decidir quais são os passos da montagem
  - tarefa de escalonamento: decidir quando, onde e por quem cada passo será realizado
- Tipicamente o planejamento é feito à mão e é visto como entrada para um sistema de escalonamento
- Fábricas com pouca variedade de produtos seguem um plano fixo (normalmente representados por Redes de Pert ou grafos de precedência) mas ainda assim requerem escalonamento automático

Exemplos de planejadores práticos: Optimun-AIV

- Problema: montagem, integração e verificação (AIV) de espaçonaves para a *European Space Agency*
- Tarefas genéricas: planejamento, monitoração da execução e recomendações de possíveis reparos no plano
- Sistema híbrido (Planejamento, Escalonamento, Técnicas de Pesquisa Operacional, Redes de Pert, Caminho Crítico - com intervenção humana).
- Sistema que a partir de um plano gera um *schedule*

Exemplos de planejadores práticos: Optimun-AIV

Técnicas envolvidas:

- Planejamento hierárquico
- Planejamento com condições complexas (quantificadores e efeitos condicionais)
- Planejamento temporal (ações que consomem tempo) ==> planejamento se mistura com escalonamento
- Projetos e ações consomem recursos (ex.: custo, matéria prima)
- Arquitetura baseada no O-Plan (Tate)

Practical Planners: O-Plan

Similar ao POP mas possue as seguintes características adicionais:

- representa tempo, recursos e planos hierárquicos
- recebe como entrada heurísticas do domínio para orientar a busca e registrar as razões de cada escolha facilitando assim o replanejamento
- é considerado um sistema dependente do domínio
- Uso de O-Plan na indústria:
  - escalonamento para Job shop
  - escalonamento para missões espaciais

Job-shop

- O-Plan é usado pela Hitachi para planejamento e escalonamento de problemas de *job shop*. Tamanho de um problema típico:
  - 350 produtos diferentes
  - 35 máquinas de montagem
  - 2000 operações
  - requer escalonamento para 30 dias com 3 turnos de 8 horas
- Westinghouse turbine component plant:
  - produzem milhares de turbinas diferentes, cada uma com um ou mais planos (rotas de processo)

Planejamento de Missões Espaciais

- Boa aplicação: sistemas não podem falhar e no espaço o estado do mundo é *mais* determinístico (pouca interferência de agentes externos)
- Hubble space telescope, Voyager, Uosat-II e ERS-1: planejadores para controle e especificação de tarefas para equipamento de observação, transmissores de sinais, sistemas de controle de altitude e de velocidade

Huble space telescope (HST)

- Astrônomos podem submeter propostas classificadas em: prioridade alta (utiliza 70% do tempo do HST), prioridade baixa (escalonadas nas sobras de tempo) ou rejeitada
- todos os dias chegam propostas => mais do que podem ser executadas, cada uma envolvendo:
  - especificação de qual instrumento deve ser usado
  - para qual objeto celestial o HST deve ser apontado
  - tipo de esposição
  - período de observação e em que condições
  - ex: observações periódicas de um quasar num período de meses ou anos sobre condições especiais de sombra.

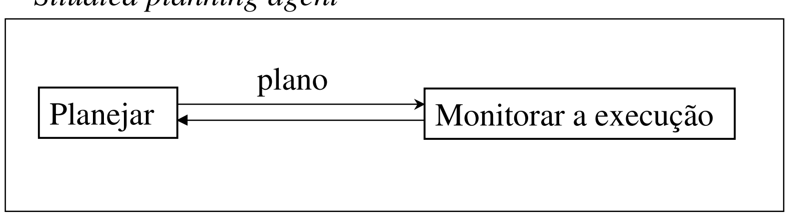
O planejador HST

- Escalador de longo-termo:
  - escala segmentos de 1 semana de comprimento para um ano ou mais
  - observações de alta prioridade são distribuidas pelos segmentos e o restante de cada segmento é completo pelas de baixa prioridade até atingir 80% da capacidade dos segmentos
  - 5000 observações ao longo de vários anos podem ser escalonadas em menos de uma hora => possibilidade de re-planejamento
- Escalador de curto-termo:
  - cada segmento de 1 semana é detalhado com comandos para controle da altitude e velocidade

Integração entre planejamento e execução

- Integrando deliberação e ação

Situated planning agent



Agente de Planejamento Situado

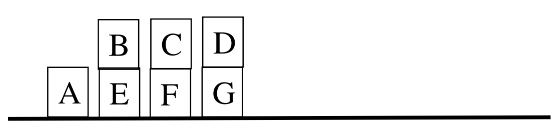
– monitora o mundo continuamente (durante deliberação)
– executa um ou mais passos do plano (completo ou incompleto)
– refina o plano, resolvendo problemas (condições abertas, conflitos, etc.)
– refina o plano depois de obter informações adicionais
– altera o plano com relação às mudanças não previstas
– planeja para novos goals

Construção do algoritmo

- Mesma formulação de passos e planos como em POP
- Exemplo do mundo dos blocos com a ação:

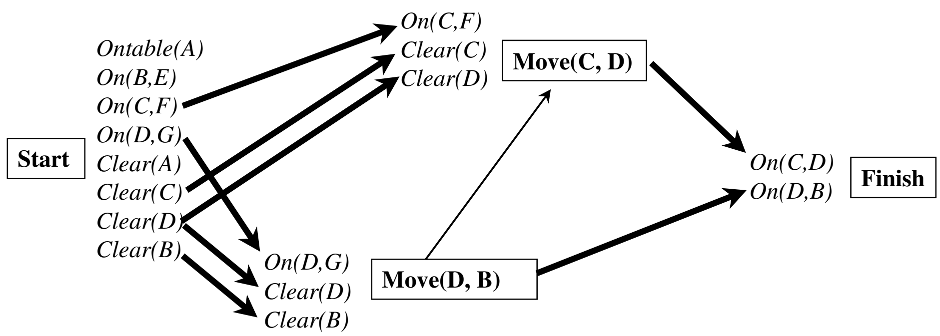
*Op(*Action*: Move(x,y),*
Precond*: Clear(x) ^ Clear(y) ^ On(x,z),*
Effect*: On(x,y) ^ Clear(z) ^ ¬ On(x,z)^ ¬ Clear(y))*

Estado Inicial:

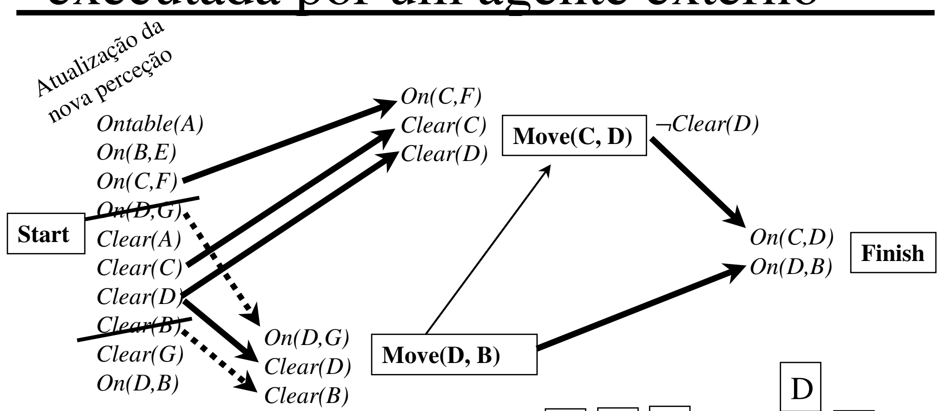


Goal: *On(C,D) ^ On(D,B)*

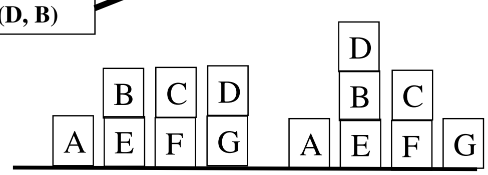
Construção do plano



Mudanças não previstas: ação executada por um agente externo

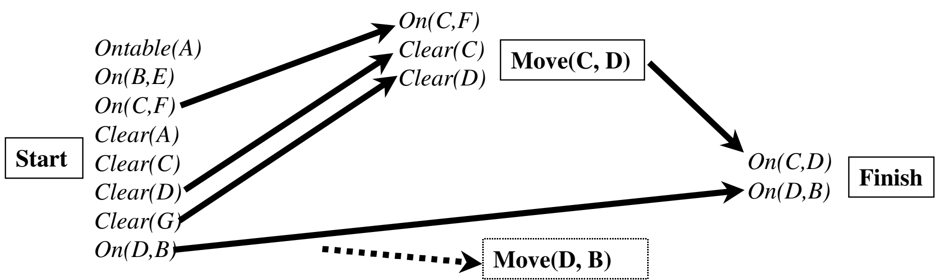


Antes do plano ser executado,
um agente externo move D



17

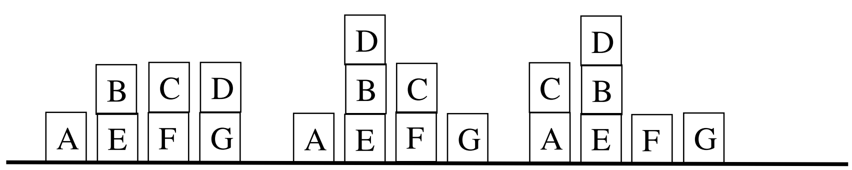
Extensão de vínculo causal



- Extensão de vínculo causal: sempre que uma condição pode ser satisfeita por um passo anterior sem causar conflito
- Passo redundante: passo que não satisfaz nenhum *vínculo causal* ➔ deve ser eliminado junto com os *vínculo causais* criados para satisfazer suas pré-condições

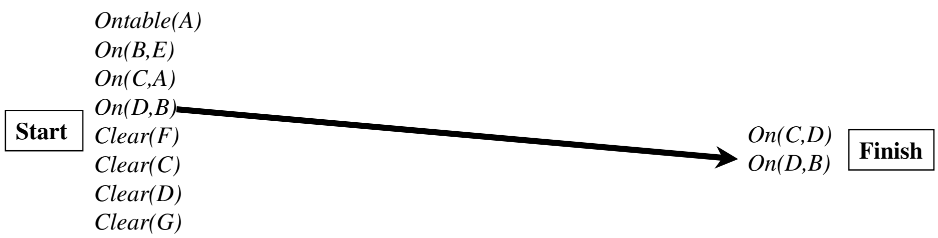
18

Mudanças não previstas: erro na execução do agente



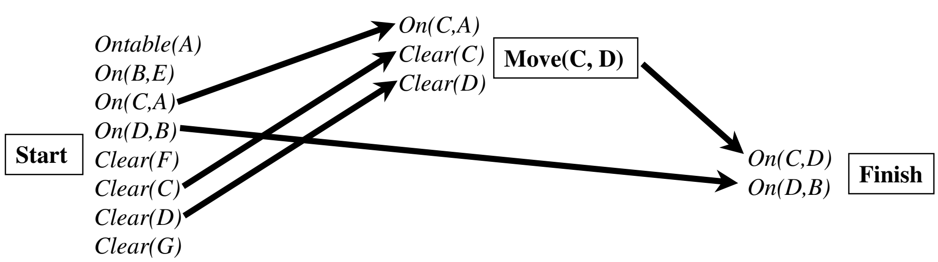
- O agente coloca C sobre A ao invés de colocar sobre D.

Construindo o plano



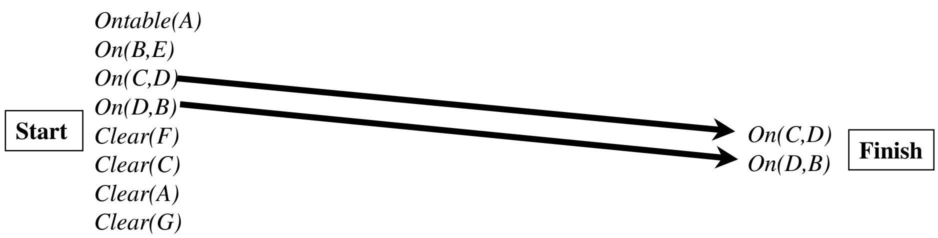
- Depois de executar a ação *Move(C,D)*, ela é retirada do plano.
- O agente coloca C sobre A ao invés de colocar sobre D.
- Verificação da satisfação do goal (replanejamento)

Construindo o plano



- Novamente a ação Move(C,D) deve ser inserida no plano.

Construindo o plano



- Depois de executar novamente a ação Move(C,D), esta é eliminada do plano
- não existem condições abertas: o plano está completo

Extensões de POP

- planejamento e execução: permite tratar mudanças durante o planejamento
- planejamento com ações de percepção: permite tratar erros na descrição do domínio incorporando ações de percepção para obter informações para o plano condicional
- técnicas que tratam domínios envolvendo efeitos condicionais, efeitos universalmente quantificados; ramificação (abstrações) e decomposições de ações (técnicas que serão estudadas nesse curso)

Planejamento condicional Versus re-planejamento

- Planejamento condicional: no mundo real é impraticável prever todos os possíveis efeito das ações
- Re-planejamento: assume que a execução das ações não falham consertando os problemas que eventualmente surgem durante a execução. Problema: planos podem ser muito simples e frágeis (sucetíveis a falha).

Domínios complexos, incompletos e com informação incorreta

- o agente precisa ter acesso aos vários efeitos possíveis e respectivos custos
- dadas essas informações, o agente deve ser capaz de construir um plano que maximize o sucesso e minimize o custo.
- ignorar contingências que são fáceis de lidar ou muito raras de ocorrerem

Soluções possíveis sem o uso de raciocínio com incerteza (*decision-theoretic planning*)

- Coerção - força o agente a ir para um estado inicial conhecido e bem-definido (exemplo do pintor)
- Abstração - permite que o agente ignore detalhes de um problema para o qual ele não possue informação extada e correta)