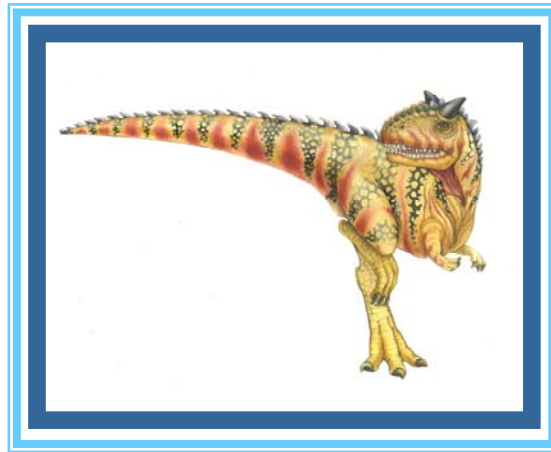


Bölüm 7: Ölümcül Kilitlenme (Deadlocks)





Bölüm 7: Ölümcül Kilitlenme

- Ölümcül Kilitlenme Problemi
- Sistem Modeli
- Ölümcül Kilitlenme Karakterizasyonu
- Ölümcül Kilitlenme Yönetim Metodları
- Ölümcül Kilitlenmeyi Önleme
- Ölümcül Kilitlenmeden Kaçınma
- Ölümcül Kilitlenme Tespiti
- Ölümcül Kilitlenmeyi Kurtarma





Bölümün Hedefleri

- Eşzamanlı proseslerin görevlerini tamamlamasını engelleyen ölümcül kilitlenmeyi tanımlamak
- Bir bilgisayar sisteminde ölümcül kilitlenmeleri önlemek veya kaçınmak için farklı metotlar sunmak





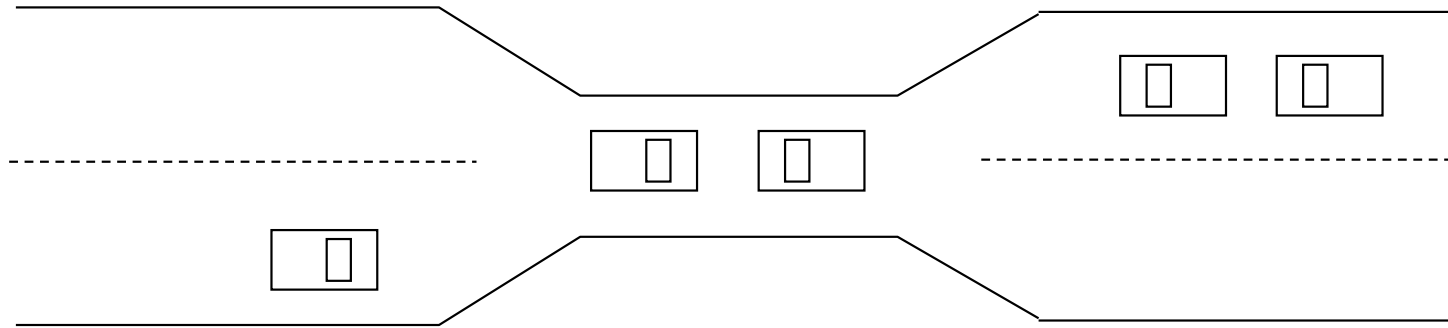
Ölümcül Kilitlenme Problem,

- Her biri bir kaynak tutan bir grup bloke edilmiş proses, başka prosesin tuttuğu kaynağa da sahip olmak istiyor.
 - Örnek
 - Sistemde iki tane disk sürücüsü vardır
 - P_1 ve P_2 'nin her biri birer disk sürücüsü tutuyor ve her biri diğerine de ihtiyaç duyuyor.
 - Örnek
 - A ve B semaforları, P_0 P_1 'i başlatır
- wait (A); wait(B)
- wait (B); wait(A)





Köprü Geçiş Örneği



- ❑ Trafik yalnızca bir yönde ilerler.
- ❑ Köprünün her bölümü kaynak olarak görülebilir.
- ❑ Eğer bir ölümcül kilitlenme oluşursa, bir aracın geri çekilmesi ile çözülebilir (kaynağı talep et ve yeniden başla)
- ❑ Eğer bir ölümcül kilitlenme oluşursa çok sayıda araba geri geri gitmek zorunda kalabilir
- ❑ Açlıktan ölme olasıdır
- ❑ Not: Birçok işletim sistemi ölümcül kilitlenmeyi önlemez
- ❑ veya ilgilenmez.





Sistem Modeli

- Kaynak tipleri R_1, R_2, \dots, R_m
CPU çevrimleri, bellek alanları, I/O aygıtları
- Her bir kaynak tipi R_i W_i örneğine sahiptir.
- Her bir proses bir kaynağı aşağıdaki gibi kullanır:
 - **Talep et (Request)**
 - **Kullan (Use)**
 - **Serbest bırak (Release)**





Ölümcül Kilitlenme Karakterizasyonu

Ölümcül kilitlenme aşağıdaki dört durum aynı anda olursa ortaya çıkar:

- **Karşılıklı dışlama:** Bir anda sadece bir proses bir kaynağı kullanabilir.
- **Tut ve bekle:** En az bir kaynağı elinde tutan bir proses başka prosesler tarafından tutulan bir kaynağı ilave olarak edinmek ister.
- **Kesinti yok:** Bir kaynak sadece onu elinde tutan proses tarafından gönüllü olarak serbest kalır, sonra proses görevini tamamlar
- **Döngüsel bekleme:** $\{P_0, P_1, \dots, P_n\}$ bekleyen prosesler kümesi ve P_0, P_1 in tuttuğu bir kaynağı bekliyor; P_1, P_2 tarafından tutulan kaynağı bekliyor,
..., P_{n-1}, P_n in tuttuğu kaynağı bekliyor ve P_n, P_0 tarafından tutulan kaynağı bekliyor.





Kaynak-Atama Grafi

Düğüm kümesini V ve kenar kümesini E ile gösterelim

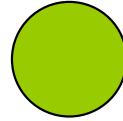
- V iki tipe ayrılır:
 - $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, sistemdeki tüm prosesler kümesi
 - $R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$, sistemdeki tüm kaynaklar kümesi
- **istek kenarı**– yönlü graf $P_i \rightarrow R_j$
- **atama kenarı**– yönlü graf $R_j \rightarrow P_i$



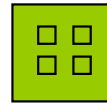


Kaynak-Atama Grafi (Devam)

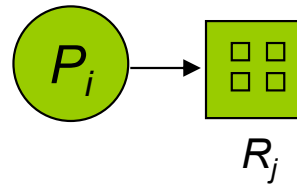
□ Proses



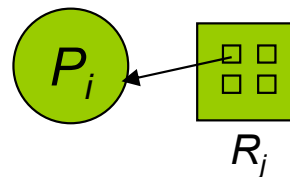
□ 4 adet örneğe sahip bir kaynak



□ P_i , R_j 'den bir adet ister

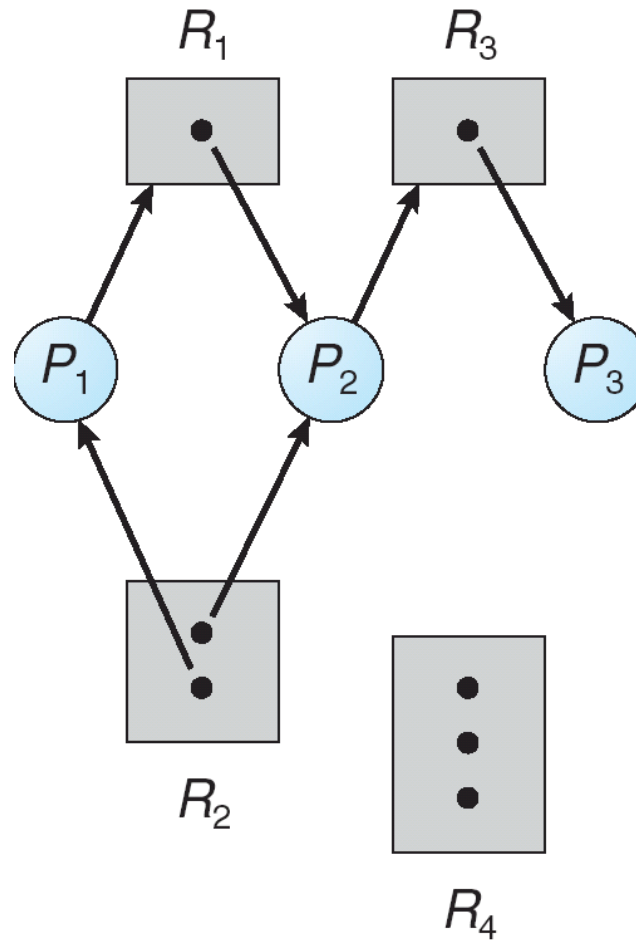


□ P_i , R_j 'den bir adetini elinde tutar



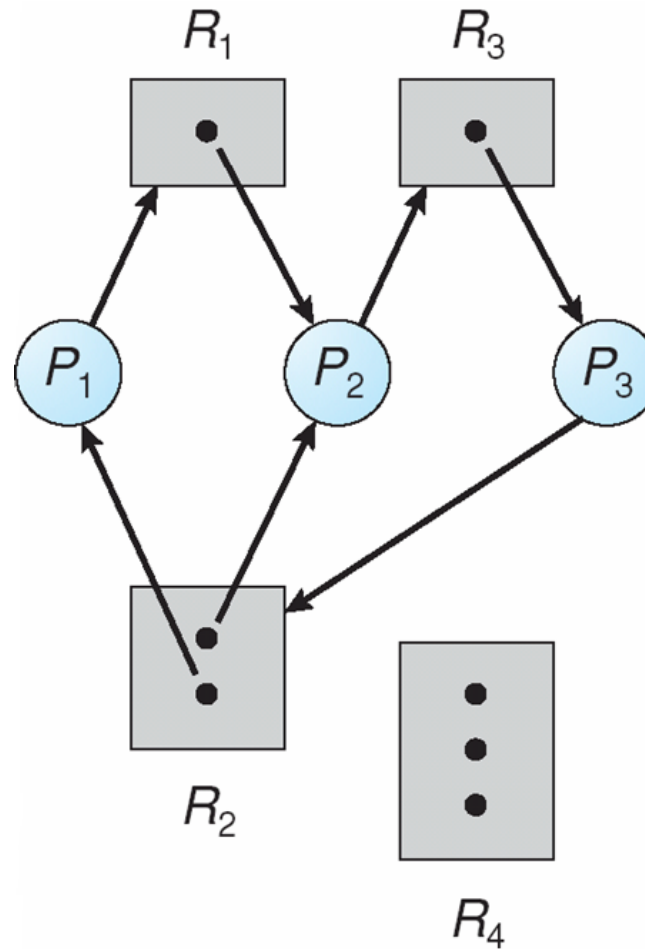


Kaynak-Atama Grafi Örneği



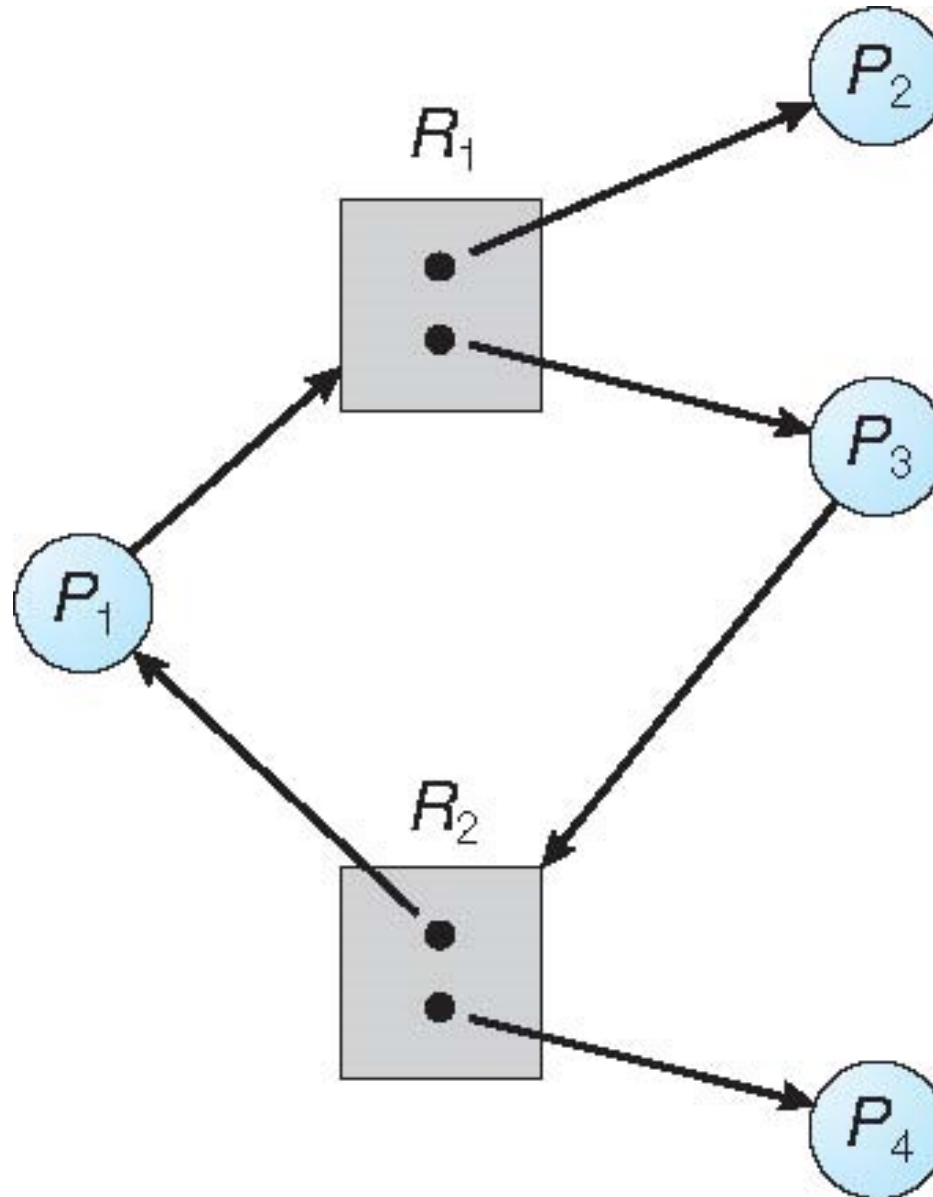


Ölümçül Kilitlenmeli Kaynak-Atama Grafi





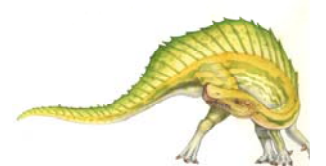
Ölümcül Kilitlenmesiz Ancak Çevrimli Graf





Temel Bilgiler

- Eğer grafikte çevrim yoksa \Rightarrow ölümcül kilitlenme yoktur
- Eğer grafikte bir çevrim varsa \Rightarrow
 - Eğer kaynak başına bir örnek varsa, ölümcül kilitlenme olur
 - Eğer kaynak başına birden fazla örnek varsa, ölümcül kilitlenme ihtimali var





Ölümcül Kilitlenme Yönetim Metodları

- ❑ Sistemin **asla** kilitlenme durumuna girmeyeceğini garanti et.
- ❑ Sistemin bir ölümcül kilitlenme durumuna girmesine izin ver ve daha sonra kurtar.
- ❑ Problemi yok say ve sistemde hiçbir zaman kilitlenme meydana gelmiyor gibi davran; UNIX dahil olmak üzere birçok işletim sistemi tarafından kullanılmıştır.

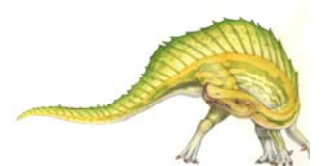




Ölümcül Kilitlenmeyi Önleme

Bir isteği yapılabileceği yolları engelle

- **Karşılıklı Dışlama** – paylaşılabilir kaynaklar için gerekli değildir; ancak paylaşılabilir kaynaklar için gereklidir.
- **Tut ve Bekle** – Bir işlem kaynak talep ettiğinde başka kaynak tutmadığı garanti edilmeli
 - Prosesin çalışmaya başlamadan önce kaynaklara istek yapmasını ve almasını şart koş yada prosesin sadece boştaiken kaynak talep etmesine izin ver
 - Düşük kaynak kullanımı; açlıktan ölme olabilir.





Deadlock Önleme (Devam)

□ Kesinti Yok–

- Eğer bir kaç kaynağı tutan bir proses paylaşamayan başka bir kaynağı isterse, tutulan tüm kaynaklar serbest kalır.
- Serbest kalan kaynaklar bekleyen proseslerin kullanımı için listeye alınır.
- Eski kaynaklarını geri almak isteyen ve yeni taleplerini almak proses yeniden başlatılır.

- **Çevrimsel bekleme** – Tüm kaynak türlerinin sıralanmasını ve her bir prosesin artan bir sırada kaynakları istemesini şart koş.





Ölümcül Kilitlenmeden Kaçınma

Sistemin ilave ön bilgiye sahip olmasını gerektirir

- Basit ve kullanışlı bir model, her prosesin ihtiyaç duyulabileceği her tipteki maksimum kaynak istek sayısını bildirmesini gerektirir.
- Ölümcül kilitlenmeden kaçınma algoritması dinamik olarak çevrimsel-bekleme şartının olmamasını sağlamak için kaynak-atama durumunu inceler.
- Kaynak-atama durumu, boşta ve atanmış kaynak ve proseslerin maksimum talepleri sayısı ile tanımlanır





Güvenli Durum

- Bir proses, boşta bir kaynağı talep ettiğinde; bu talebin yerine getirilmesinin sistemi güvenli durumdan çıkarıp çıkarmayacağını işletim sistemi karar vermelidir.
- $\langle P_1, P_2, \dots, P_n \rangle$ sistemdeki sıralanmış tüm prosesleri göstermek üzere her bir P_i için, P_i nin talep ettiği kaynaklar mevcut boşta kaynaklar + $j < i$ olmak üzere tüm P_j ler tarafından tutulan kaynaklar ile sağlanıyorsa sistem güvenli durumdadır.
- Yani:
 - Eğer P_i 'nin ihtiyaç duyduğu kaynak o an için kullanılabilir değilse P_i , tüm P_j ler tamamlanana kadar bekleyebilir.
 - P_j tamamlandığında, P_i ihtiyaç duyduğu kaynakları alıp çalışabilir, daha sonra aldığı kaynakları iade edip sonlanabilir.
 - P_i sonlandığında, P_{i+1} ihtiyaç duyduğu kaynakları alıp benzer adımları gerçekleştirebilir.



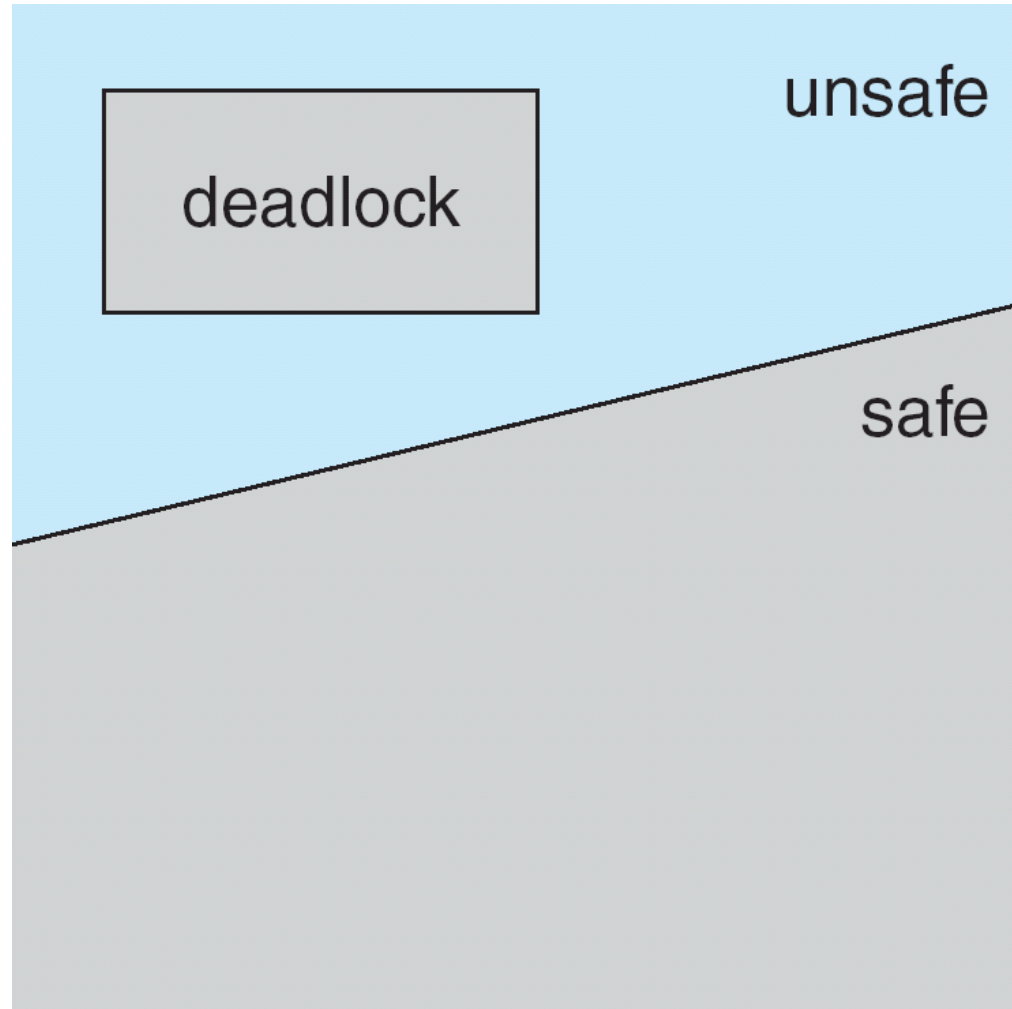


Temel Bilgiler

- Eğer sistem güvenli durumdaysa \Rightarrow kilitlenme yok.
- Eğer sistem güvensiz durumdaysa \Rightarrow kilitlenme olabilir.
- Kaçınma \Rightarrow Sistemin asla güvensiz duruma girmemesini sağlayın.



Güvenli, Güvensiz, Ölümcül Kilitlelenme Durumu





Kaçınma Algoritmaları

- Her bir kaynağın tek örneği mevcutsa:
 - Kaynak-atama grafını kullan.

- Her bir kaynaktan birden fazla mevcutsa:
 - Banker algoritmasını kullan.





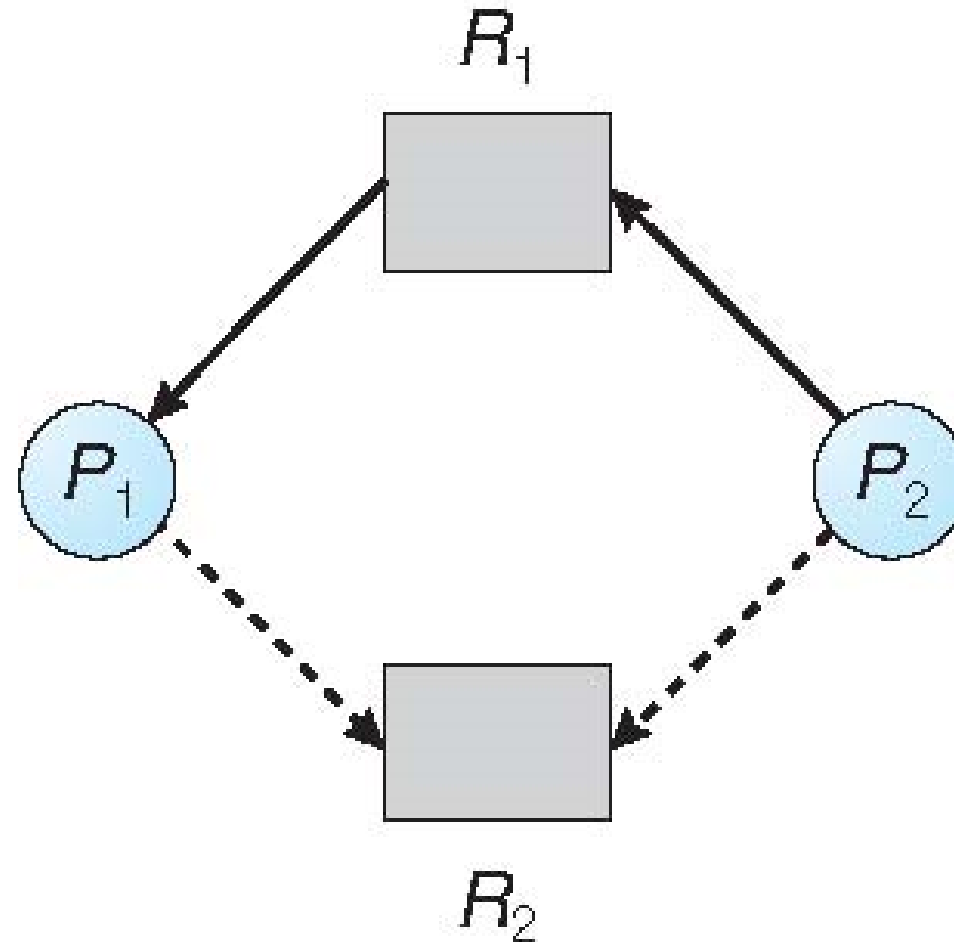
Kaynak-Atama Grafi Şeması

- **Talep kenarı** $P_i \rightarrow R_j$: P_j prosesi R_j kaynağını talep edebilir; kesik çizgiyle gösterilir
- Bir proses bir kaynağı isterse talep kenarı istek kenarına dönüşür
- Kaynak prosese tahsis edildiğinde istek kenarı atama kenarına dönüşür
- Bir kaynak proses tarafından serbest bırakılırsa atama kenarı talep kenarına
- Kaynaklar sistemde önceden talep edilmelidir



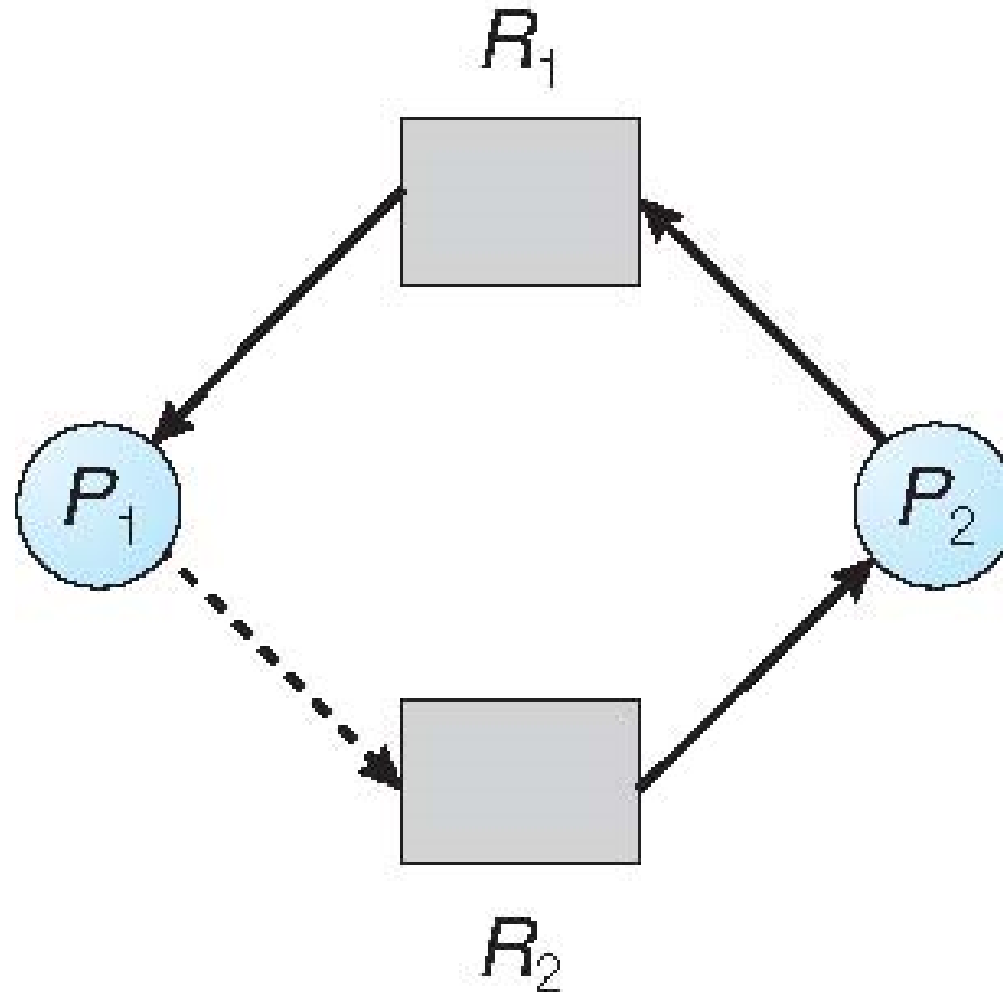


Kaynak-Atama Grafi





Kaynak-Atama Grafında Güvensiz Durum





Kaynak-Atama Grafi Algoritması

- Varsayalım ki P_i process'i, bir R_j kaynağını talep etsin.
- İstek sadece istek kenarının atama kenarına dönüşmesinin bir çevrim oluşturmadığında yerine getirilir





Banker Algoritması

- Birden çok kaynak örneği
- Her bir proses maksimum isteğini önceden deklare etmelidir
- Bir process, bir kaynak talep ettiğinde beklemesi gerekebilir.
- Bir process, talep ettiği kaynakların tümünü aldığı anda belirli bir süre içinde aldığı kaynakları geri vermelidir.





Banker Algoritması Veri Yapıları

n = proses sayısı, ve m = kaynak türü sayısı.

- **Boşta:** m uzunluğunda bir vektör. Eğer boşta $[j] = k$ ise, R_j kaynak tipinin k tane kullanılabilir örneği vardır.
- **Maksimum İstek Matrisi:** $n \times m$ boyutunda bir matris. Eğer $Max[i,j] = k$ ise, P_i prosesi R_j kaynak tipinden en fazla k tane örnek talep edebilir.
- **Atanmış Matrisi:** $n \times m$ boyutunda. Eğer $Atama[i,j] = k$ ise P_i prosesi k tane R_j örneğini almış durumdadır.
- **İhtiyaç Matrisi:** $n \times m$ boyutunda. Eğer $İhtiyaç[i,j] = k$, ise P_i prosesi görevini tamamlamak için ilave k adet R_j örneğine ihtiyaç duymaktadır.

$$İhtiyaç [i,j] = Max[i,j] - Atama[i,j]$$





Güvenlik Algoritması

1. *Çalışan* ve *Tamamlanmış* sırasıyla m ve n büyüklüklerinde iki vektör olsun. Başlangıçta:

Çalışan = boş

Tamamlanmış [i] = *false* , $i = 0, 1, \dots, n-1$

2. i için şu ikisini arayalım:

(a) *Tamamlanmış* [i] = *false*

(b) $\text{İhtiyaç}_i \leq \text{Çalışan}$

Böyle bir i yoksa 4. adıma git

3. *Çalışan* = *Çalışan* + *Atanmış* _{i}

Tamamlanmış [i] = *true*

İkinci adıma git

4. Eğer her i için *Tamamlanmış* [i] == *true* ise sistem güvenli durumdadır.





P_i Prosesi için Kaynak-Atama Algoritması

$\dot{I}stek = P_i$ prosesi için istek vektörü. Eğer $\dot{I}stek_i[j] = k$ ise P_i prosesi R_j kaynak türünden k adet örnek ister.

1. Eğer $\dot{I}stek_i \leq \dot{I}htiyaç_i$ ise 2. adıma git. Aksi halde, proses maksimum talebi aştığı için hata mesajı ver
2. Eğer $\dot{I}stek_i \leq Boş$ ise 3. adıma git. Aksi taktirde yeterli kaynak olmadığı için P_i beklemelidir
3. Durumu aşağıdaki gibi değiştirerek talep edilen kaynakların P_i ye atanmasını sağla:

$Boş = Boş - Request;$

$Atanmış_i = Atanmış_i + \dot{I}stek_i;$

$\dot{I}htiyaç_i = \dot{I}htiyaç_i - \dot{I}stek_i;$

- Eğer güvenli \Rightarrow kaynaklar P_i ye atanır.
- Eğer güvensiz $\Rightarrow P_i$ beklemelidir ve eski kaynak-atama durumuna geri alınır.





Banker Algoritması Örneği

□ P_0, \dots, P_4 olmak üzere 5 adet proses;

3 kaynak :

A (10 örnek), B (5 örnek), ve C (7 örnek)

T_0 anındaki görüntü:

	<u>Atanmış</u>	<u>Max</u>	<u>Boş</u>
	$A \ B \ C$	$A \ B \ C$	$A \ B \ C$
P_0	0 1 0	7 5 3	3 3 2
P_1	2 0 0	3 2 2	
P_2	3 0 2	9 0 2	
P_3	2 1 1	2 2 2	
P_4	0 0 2	4 3 3	





Örnek (Devam)

- İhtiyaç matrisinin içeriği Max – Atanmış olarak tanımlanmıştır.

	<u>İhtiyaç</u>		
	A	B	C
P_0	7	4	3
P_1	1	2	2
P_2	6	0	0
P_3	0	1	1
P_4	4	3	1

- $\langle P_1, P_3, P_4, P_2, P_0 \rangle$ dizisi güvenlik kriterlerini karşıladığı için sistem güvenli durumdadır.





Örnek: P_1 (1,0,2) kaynağı talep eder

- İstek \leq Boş ((1,0,2) \leq (3,3,2)) \Rightarrow true olup olmadığını kontrol et.

	<u>Atanmış</u>	<u>İhtiyaç</u>	<u>Boş</u>
	A B C	A B C	A B C
P_0	0 1 0	7 4 3	2 3 0
P_1	3 0 2	0 2 0	
P_2	3 0 2	6 0 0	
P_3	2 1 1	0 1 1	
P_4	0 0 2	4 3 1	

- Güvenlik algoritmasının çalıştırılması $\langle P_1, P_3, P_4, P_0, P_2 \rangle$ dizisinin güvenlik kriterlerini karşıladığını gösterir.
- P_4 ün (3,3,0) isteği karşılanabilir mi ?
- P_0 ın (0,2,0) isteği karşılanabilir mi ?





Ölümcül Kilitlenme Tespiti

- ❑ Sistemin kilitlenme durumuna girmesine izin ver
- ❑ Tespit Algoritması
- ❑ Kurtarma Şeması





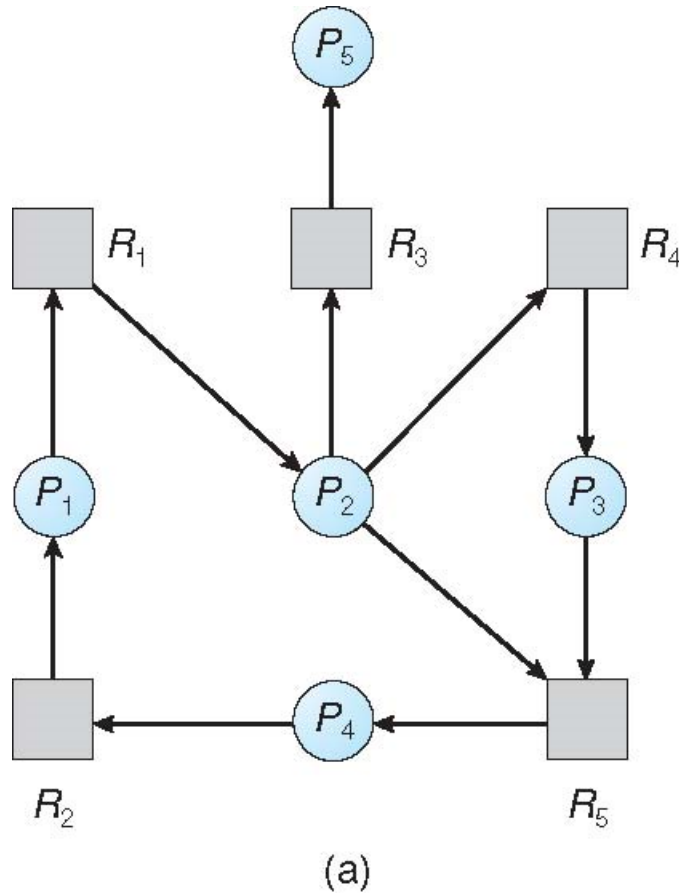
Her Kaynak Türü İçin Tek Örnek

- Bekleme grafi oluştur
 - Düğümler proses
 - $P_i \rightarrow P_j$ eğer P_i P_j yi bekliyorsa
- Periyodik algoritmayı çalıştır.
- Algoritma graf içinde çevrim olup olmadığını arar
- Eğer çevrim varsa ölümcül kilitlenme vardır
- Graf içinde çevrim arayan algoritma n^2 işlem gerektirir
- n graftaki düğümler

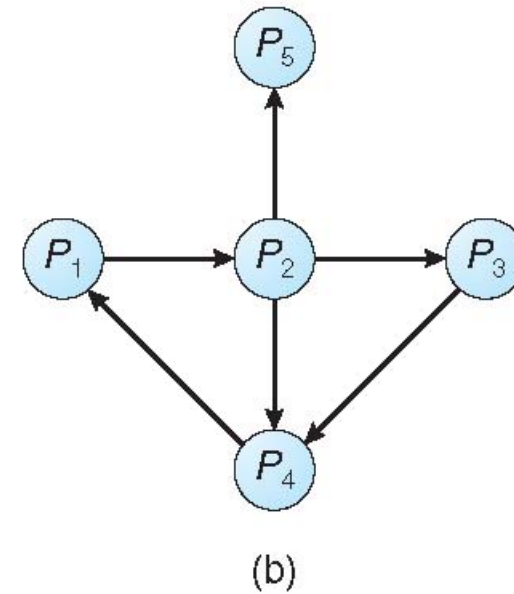




Kaynak-Atama ve Bekleme Grafiği



Kaynak-atama grafi

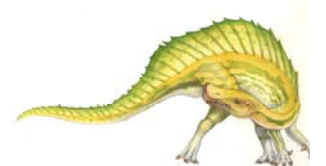


Bekleme grafi



Bir Kaynak Türünden Birkaç Örneği

- **Boş:** m uzunluğundaki bir vektör her türdeki mevcut kaynakların sayısını gösterir.
- **Atanmış:** Bir $n \times m$ matrisi, her prosesin o anda sahip olduğu her türden kaynağın sayısını belirtir.
- **İstek:** Bir $n \times m$ matrisi, her prosesin geçerli isteğini gösterir. Eğer $İstek[i][j] = k$ ise P_i prosesi ilave k tane R_j tipinden kaynak istiyordur.





Tespit Algoritması

1. *Çalışan* ve *Tamamlanmış* sırasıyla m ve n uzunluğunda vektörler olsun, başlangıçta:
 - (a) *Çalışan* = boş
 - (b) $i = 1, 2, \dots, n$ için, eğer $Atanmış_i \neq 0$, ve $Tamamlanmış[i] = false$; aksi halde, $Tamamlanmış[i] = true$
2. i için şu ikisini arayalım:
 - (a) $Tamamlanmış[i] == false$
 - (b) $İstek_i \leq Çalışan$

Eğer böyle bir i yok ise, 4'ünü adıma git





Tespit Algoritması (Devam)

3. $\text{Çalışan} = \text{Çalışan} + \text{Atanmış}_i$
 $\text{Tamamlanmış}[i] = \text{true}$
2. Adıma git
4. Eğer $i, 1 \leq i \leq n$ için $\text{Tamamlanmış}[i] == \text{false}$ ise sistem kilitlenme durumundadır. Ayrıca, $\text{Tamamlanmış}[i] == \text{false}$ ise P_i kilitlenmiştir.

Algoritma sistemin ölümcül kilitlenmede olup olmadığı tespit etmek için $O(m \times n^2)$ işlem gerektirir





Tespit Algoritması Örneği

- P_0, \dots, P_4 olmak üzere 5 process; 3 kaynak tipi A (7 örnek), B (2 örnek), ve C (6 örnek)

- T_0 'daki anlık görüntüsü :

	<u>Atanmış</u>	<u>İstek</u>	<u>Boş</u>
	A B C	A B C	A B C
P_0	0 1 0	0 0 0	0 0 0
P_1	2 0 0	2 0 2	
P_2	3 0 3	0 0 0	
P_3	2 1 1	1 0 0	
P_4	0 0 2	0 0 2	

- $\langle P_0, P_2, P_3, P_1, P_4 \rangle$ dizisi her i için *Tamamlanmış* [i] = true sonucunu verir.





Örnek (Devam)

- P_2 ek olarak c tipinden bir örnek istiyor.

	<u>İstek</u>		
	A	B	C
P_0	0	0	0
P_1	2	0	2
P_2	0	0	1
P_3	1	0	0
P_4	0	0	2

- Sistemin durumu?
 - P_0 prosesi tarafından tutulan kaynaklar talep edilebilir, ancak diğer prosesler için yetersiz kaynak vardır
 - P_1 , P_2 , P_3 , ve P_4 prosesleri için kilitlenme mevcuttur.





Tespit Algoritması Kullanımı

- «Ne zaman ve ne sıklıkla çağrılmalı?» sorusu aşağıdakilere bağlıdır:
 - Ne sıklıkta kilitlenme meydana gelebilir?
 - Kaç işlemin geri alınması gerekir?
 - ▶ Herbir çevrim için bir adet
- Eğer tespit algoritması rasgele olarak çağrılmışsa, kaynak grafında bir çok döngü olabilir ve bu yüzden hangi kilitlenmiş processin kilitlenmeye sebep olduğunu söylememiz mümkün olmaz.





Kilitlenmeden Çıkış: Process İptali

- Kilitlenmiş tüm prosesler iptal edilir
- Kilitlenme döngüsü ortadan kaldırılana kadar prosesler bir bir iptal edilir.
- İptal edilecek prosesi hangi sırayla seçmeliyiz?
 - Prosesin önceliğine göre
 - Prosesin ne kadarı gerçekleşti ve tamamlanması için daha ne kadar süre var?
 - Prosesin kullandığı kaynaklar
 - Prosesin tamamlanması için gerekli kaynaklar
 - Kaç tane prosesi sonlandırmak gerekir?
 - Process etkileşimli mi yoksa toplu iş dosyası (batch) mı?





Kilitlenmeden Çıkış: Kaynak Önceliği

- Bir kurban seçilir – zararı azalt
- Geri alma – güvenli duruma geri dön, bu durum için prosesi yeniden başlat
- Açlık – maliyet faktöründe geri alma sayısını içeren aynı proses her zaman kurban olarak seçilebilir



Bölüm 7 Sonu

