

ESNEK İMALAT SİSTEMLERİNİN DİNAMİK ÇİZELGELEMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM

Deniz Uluş

Marmara Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Özet: Bu çalışmada, esnek imalat sistemlerine yönelik dinamik bir çizelgeleme yaklaşımı geliştirilmiş ve oluşturulan modelin performansı simülasyon teknikleri ile test edilmiştir. Önerilen yaklaşımda, sistem bünyesinde yer alan makinaların ve otomatik transfer ekipmanlarının eş zamanlı çizelgelemesi yapılmakta ve bunlara ait karar alma işlemleri gerçek zamanlı olarak çeşitli sistem parametrelerinin o andaki durumlarına bakılarak gerçekleştirilmektedir. Makinaların her birinin mümkün olduğunca dolu tutulması hedeflenmiş ve sistem performans kriteri olarak toplam üretim miktarı alınmıştır. Palet yeterliliği ve makinalar ile otomatik transfer ekipmanlarının bloke olmaması karar alma aşamalarında gözönünde tutulmuştur. Yaygın olarak bilinen diğer karar alma kuralları ile önerilen yöntemin performansı kıyaslanmış ve çoğu durumlar için başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Esnek İmalat Sistemleri, Dinamik Çizelgeleme, Simülasyon

AN APPROACH FOR DYNAMIC SCHEDULING OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS

Abstract: This study presents a dynamic scheduling approach for flexible manufacturing systems and its performance is tested by simulation. Both machines and automatic guided vehicles are scheduled simultaneously and related decisions are taken on real-time basis by considering the current status of several system parameters. Each machine is aimed to be kept busy and throughput is selected as the performance criteria. Availability of pallets and blocking of machines and automatic guided vehicles are considered at decision points. Proposed method is compared with some well-known dispatching rules, and observed its out-performance for most of the cases.

Keywords : Flexible Manufacturing Systems, Dynamic Scheduling, Simulation

1. Giriş

Esnek imalat sistemlerini (EİS) birbirleriyle entegre çalışan NC/CNC makinalar, otomatik transfer ekipmanları (OTE), paletler, takımlar, parça depolama alanları, bilgisayar sistemleri, vb. unsurlardan oluşmaktadır ve bu unsurların her birisi EİS çizelgeleme problemleri için geliştirilen modellerde kendisine yer bulabilir. Öte yandan EİS'lerin kompleks yapılarının getirmiş olduğu zorluklardan dolayı, EİS çizelgeleme konusunda yapılan hemen tüm araştırmalarda bahsedilen unsurlardan bir kısmı kurulan modelin dışında tutulmuştur.

Özellikle, EİS literatüründeki çok sayıdaki araştırmada ya makinaların ya da OTE'lerin çizelgeleme problemine bunlardan bir diğerini ele almadan yaklaşıırken, çeşitli araştırmacılar tarafından ise her ikisine de eş zamanlı çözümler önerilmiştir (örneğin, Sabuncuoğlu ve Hommertzhaim 1992 a-b, Ulusoy ve diğerleri 1997, Liu and MacCarthy 1999). Bu araştırmalarda, makinalar ve malzeme transfer sistemi arasındaki iki yönlü olarak birbirlerinin performansını etkileme potansiyeli yüksek ilişkidenden dolayı bunların eş zamanlı çizelgenmesi zorunluluğu belirtilmiştir.

EİS çizelgelemesinde bir diğer önemli konu karar alma anlarında sistem dinamiklerinin ne şekilde değerlendirildiğidir. Kimi çalışmalarda EİS'lerin doğasında bulunan değişkenlik çeşitli yaklaşım ve metotlarla dinamik çizelgelerin oluşturulması esnasında ele alınmıştır. Örneğin, Chandra ve Talavage (1991), iki ayrı performans kriterini değişen önceliklerle kullanarak farklı imalat rotaları arasında seçim yapan bir karar mekanizması kurmuşlardır. Sabuncuoğlu ve Hommertzhaim (1992 a), dört kademedenden oluşan hiyerarşik bir yöntemle farklı karar kriterlerinin uygulandığı bir algoritma geliştirmişlerdir. Chan ve diğerleri (2003), üç değişik performans kriterini eş zamanlı kullanmış ve çeşitli basit statik karar kuralları arasından o anki sistem durumuna göre seçim yapan bir metod geliştirmiştir. Bahsi geçen çalışmaların hepsinde araştırmacılar önerdikleri dinamik çizelgeleme yönteminin performansını klasik karar kuralları ile kıyaslamışlar ve daha başarılı sonuçlar elde ettiklerini vurgulamışlardır.

2. Önerilen method

Bu çalışmada EİS çizelgelemesi için geliştirilen dinamik bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu yaklaşımda ele alınan ana noktaların altını şu şekilde çizmek isteriz:

- Hem makinalar hem de OTE'ler birlikte ve eş zamanlı çizelgenmektedir.
- Herhangi bir karar anında modele dahil edilen tüm sistem unsurlarının o andaki statüleri değerlendirmeye dahil edilmektedir. Basit karar alma kurallarının genel olarak sistem değişkenliklerine karşı miyop bir tabiatları vardır. Dinamik bir çizelgeleme yaklaşımı ile bu problem aşılabilir.
- Palet sayısının yeterliliği kısıtı, makinaların giriş ve çıkışlarındaki parça depolama alanlarının kısıtlı kapasitede olması ve makinalar ile OTE'lerin bloke olabilmesi durumu modele dahil edilmiştir.

2.1 Makinaların çizelgelemesi

Makinalarda parça seçimi algoritması şu karar kriterlerine dayanmaktadır:

- İşlem görmeyi bekleyen alternatif parçaların bir sonraki gidecekleri makinaların iş yükleri hesaplanır. İş yükü en düşük tespit edilen makinaya gidecek olan parça, o an işlenmek üzere bulunduğu makina tarafından seçilir.
- Her bir parça tipi için o parça ile kullanılabilen palet sayısı yeterliliğini temin etmek, böylelikle EİS'ye giriş noktasında bir parçanın boşta palet olmamasından dolayı imalata giremiyor olmasını önlemek.

Bir makinanın (M olarak kodlayalım) iş yükü aşağıdakilerin toplamı olarak hesaplanır:

- M makinası önünde bekleyen parçaların imalat süreleri
- M makinasında o anda işlem görmekte olan parçanın kalan imalat süresi
- Diğer makinalarda işlemini tamamlamış ve rotasında bir sonraki durağı M makinası olan parçaların M makinasındaki imalat süreleri
- Diğer makinalarda o an işlem görmekte olan ve rotasında bir sonraki durağı M makinası olan parçaların M makinasındaki imalat süreleri
- OTS'ler tarafından M makinasına doğru o an taşınmakta olan parçaların M makinasındaki imalat süreleri

2.2 OTE'lerin çizelgelemesi

OTE'ler için parça seçimi algoritması şu karar kriterlerine dayanmaktadır:

- Her bir parça tipi için o parça ile kullanılabilen palet sayısı yeterliliğini temin etmek, böylelikle EİS'ye giriş noktasında bir parçanın boşta palet olmamasından dolayı imalata giremiyor olmasını önlemek.
- Makinaların sonrasındaki depo alanlarında yer kalmamasından dolayı oluşabilecek blokları önlemek.
- Sistemdeki en az iş yüküne sahip makinaı belirlemek ve ona taşınabilecek en uygun parçayı seçmek.
- Görev noktasına boş olarak giden OTE'lerin eğer kendi görevleri için vakit kaybı yaratmayacaksa rotaları boyunca olası taşıma işlemlerini gerçekleştirilmesi.
- Boşta bekleyen OTE'ler arasından görevlendirme için seçim yapılırken, o anda dolu durumda olan OTE'lerin boş duruma geçecekleri zamanı ve bulunacakları lokasyonu da değerlendirmeye dahil etmek.
- Görevlendirildiği şekilde henüz belirtilen parçayı üstüne almamış OTE'lerin değişen koşullara göre başka bir taşıma işlemi ile görevlendirilmesi.

OTE'lerin çizelgelemesi esnasında makinaların iş yükü aşağıdakilerin toplamı olarak hesaplanır:

- Makinanın önünde işlem bekleyen parçaların imalat süreleri
- Makinada o anda işlem görmekte olan parçanın kalan imalat süresi
- OTE'ler tarafından o makinaı taşınmakta olan parçaların imalat süreleri

3. Performansın ölçülmesi

Önerilen yaklaşımın test edilmesi amacıyla Yim ve Linn (1996) tarafından hipotetik olarak oluşturulan EİS ortamı (rota esnekliği hariç tutularak) kullanılmıştır. Sistemde 7 makina, bir yükleme ve bir boşaltma istasyonu bulunmaktadır. İşlem gören sekiz ayrı parça tipi vardır ve her birinin sabit bir imalat rotası bulunmaktadır. Parçaların makinalardaki işlem süreleri deterministiktir. Parçaların sisteme gelişi rassal olmakla beraber tiplere göre uniform bir dağılıma sahiptirler. Yükleme istasyonuna ilk gelen parça sisteme ilk olarak alınır.

Makina arızaları ve takım gereksinimleri modellenmemiştir. Makinalarda başlayan bir işlemin yarım bırakılmasına müsaade edilmemiştir. Makina giriş ve çıkışlarında toplam beşer parçalık stok alanı mevcuttur. Sistemde üç eşdeğer OTE bulunmaktadır, sabit hızla ve önceden belirlenmiş rotalarda hareket etmektedirler. OTE'lerin çarpışma durumu modellenmemiştir. Yükünü boşaltan OTE bulunduğu noktada bekler. OTE hatları tek yön olarak kabul edilmiştir. Aynı anda sadece bir parçayı taşıyabilirler ve en kısa yolu kullanırlar. Her bir parça için o parça tipine özel beş palet bulunmaktadır ve taşıma esnasında gerekirler.

Borland Pascal ile tariflenen sistem modellenmiş ve üzerinde simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Önerilen yaklaşımın performansı FCFS (ilk gelen ilk işlem görür) ve STT/SPT (en kısa ulaşım zamanı – en kısa iamalt zamanı) statik kuralları ile kıyaslanmıştır. OTE'lerin hızı (2 ayrı seviye), makinaların imalat hızı (2 ayrı seviye) ve palet sayıları (4 ayrı seviye) değişen sistem koşulları olarak alınmıştır. Seçilen 12 değişik sistem koşulu ve 3 ayrı karar yöntemi için toplam 36 deney gerçekleştirilmiştir.

Performans kriteri olarak toplam üretim miktarı (throughput) kullanılmıştır. Önerilen yöntem ve kıyas kuralları ayrı ayrı T testine tabi tutularak belirlenen farkların istatistiki olarak anlamlı olup olmadığına bakılmıştır.

4. Sonuç

Önerilen yöntem FCFS kuralına kıyasla toplam 11 deney koşulunda daha iyi sonuç vermiş, 1 koşulda aralarında fark oluşmamıştır. STT/SPT kuralına karşı ise 8 deney koşulunda daha iyi performans göstermiş, 2 deney koşulunda aralarında fark bulunamamış ve 2 deney koşulunda ise STT/SPT daha başarılı olmuştur.

Parçaların makinalar arasında rota esnekliği bulunan bir EİS modelinde ve makinaların arasındaki mesafeler ile parçalar için gereken işlem sürelerinin değişen sistem koşullarına eklenmesiyle ileride yapılacak çalışmalar ile önerilen modelin performansı daha iyi değerlendirilebilecektir.

Kaynaklar

Chan F.T.S. ve diğerleri, Analysis of dynamic dispatching rules for a flexible manufacturing system. *Journal of Materials Processing Technology*, 138, 325-331, 2003.

Chandra J., Talavage J., Intelligent dispatching for flexible manufacturing. *International Journal of Production Research*, 29(11), 2259-2278, 1991.

Liu J., MacCarthy B.L., General heuristic procedures and solution strategies for FMS scheduling. *International Journal of Production Research*, 37(14), 3305-3333, 1999.

Sabuncuoglu I., Hommertzhaim D.L., Dynamic dispatching algorithm for scheduling machines and automated guided vehicles in a flexible manufacturing system. *International Journal of Production Research*, 30(5), 1059-1079, 1992.

Sabuncuoglu I., Hommertzhaim D.L., Experimental investigation of FMS machine and AGV scheduling rules against the mean flow-time criterion. *Int. J. of Prdn. Research*, 30(7), 1617-1635, 1992.

Ulusoy G. ve diğerleri, A genetic algorithm approach to the simultaneous scheduling of machines and automated guided vehicles. *Computers Ops Res.*, 24(4), 335-351, 1997

Yim D.S., Linn R.J., Push and pull rules for dispatching automated guided vehicles in a flexible manufacturing system. *International Journal of Production Research*, 31(1), 43-57, 1993.