ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY
ELECTRICAL AND ELECTRONICS FACULTY

ROOM DESIGNER

Graduation Project

Meltem Yıldırım
Reha K. Gerçeker

Department : Computer Engineering
Division : Computer Sciences

Adviser : Asst. Prof. Dr. Feza BUZLUCA

May 2004

ISTANBUL TECNICAL UNIVERSITY
ELECTRICAL AND ELECTRONICS FACULTY

ROOM DESIGNER

Graduation Project

Meltem Yıldırım
Reha K. Gerçeker

Department : Computer Engineering
Division : Computer Sciences

Adviser : Asst. Prof. Feza BUZLUCA

May 2004

ROOM DESIGNER

(SUMMARY)

This graduation project, the “Room Designer”, discusses the complicated *space allocation problem* and tries to solve a special case of this problem with a brand new approach considering aesthetics. The space allocation problem can be defined as finding an efficient arrangement of items in a relatively larger area. The special case, which is discussed and solved in this project, is trying to find a good arrangement of furniture in any room.

Since the conventional algorithms used for most of the space allocation problems are determined to maximize the container region’s utilization, they do not strive to create an aesthetic arrangement, which is a must in furniture arrangement. In order to simulate a human’s aesthetic appreciation of a room, several design patterns are created as part of the project and these are applied appropriately to produce suitable room designs. By this way, the problem reduces to pattern matching, which matches a given set of furniture against existing patterns, and application of these matching patterns to a provided room plan. Patterns that are found to be applicable to a given set of furniture generate a search space in a tree structure. The depth of this tree depends on the number of patterns to be applied and the branching factor at each level of the tree depends on the characteristics of the patterns. Finding creative room designs is equivalent to performing a search in this tree.

Moreover, computer graphics techniques are used for providing a three-dimensional view of the room that is given in two-dimensions. This can either be the user’s own arrangement of furniture inside the room or a design that is made by the program itself. With this extension, the program allows the user not only to view but also to take a tour inside the room after all the furniture is in place.

Another and one of the most important features of the program is thought to be its learning ability. As it is previously told, the program makes its designs based on a group of patterns and learning, in this context, is considered to be the addition of new and user-defined patterns to this pattern base. This feature requires the extraction of a design pattern from a two-dimensional drawing supplied by the user. Therefore, methods to recognize patterns from such drawings were sought and implemented as part of the project.

The “Room Designer”, which is established by an object oriented programming technique, is written in C# and hence developed in the .NET Framework. The two-dimensional drawings are established by the GDI+ technology, provided by the .NET Framework, whereas the three-dimensional drawings are established by using the OpenGL technology.

This report first gives some theoretical knowledge about the space allocation problem and mentions the formerly used techniques, especially the ones that were an inspiration for the “Room Designer”. Then, it gives some information about pattern recognition, the .NET Framework and computer graphics. After theoretical knowledge is given, the report explains how the “Room Designer” is implemented. All the algorithms related to patterns, learning and computer graphics are thoroughly discussed. Finally, the report discusses the pluses and minuses of the approach used in solving this special case of space allocation problem and makes suggestions for improving the “Room Designer”.

ODA DÜZENLEYİCİSİ

(ÖZET)

Alan tahsisatı problemi (space allocation problem), özellikle mimari tasarımlarda karşılaşılan en düşündürücü ve karmaşık problemlerden biridir. Bir kamyonun arkasına yükleri yüklerken, büyük kalıplar halindeki bir hammaddeyi (tahta, kağıt, v.s.) küçük düzgün parçalara en az fire verecek şekilde bölmeye çalışırken veya bir odayı dekore ederken bile insanlar günlük hayatta bu problemle sık sık karşılaşırlar. Gerçekten de, her seferinde belirli boyutlardaki nesneleri görece daha büyük alanlara yerleştirmeye çalışırız, ve her seferinde zorlanırız çünkü önümüzdeki problemi çözmek için onlarca hatta yüzlerce seçim yapmak zorunda kalırız.

Nottingham Üniversitesi'nin Bilgisayar Bilimleri Bölümünde bulunan Optimizasyon ve Planlama Grubu'nun tanımladığı gibi, "Alan tahsisatı problemi, varolan boş alanları farklı büyüklük ve yerleştirme koşulları olan belirli nesnelere paylaştırmaktır. Tahsisatın yapılması sırasında ise belirli koşullara uyulması veya belirli hedeflere mümkün olduğunca ulaşılması sağlanmalıdır." [1]. Kısacası bu problem "belirli boyutlara sahip bir alan içine görece daha az yer kaplayan ve farklı boyutlarda olabilen nesnelerin verimli ve kullanışlı bir şekilde yerleştirilmesi" olarak tanımlanabilir. Bu problemde boyutları sabit bir alanın yerleştirilecek nesnelere ne şekilde tahsis edileceği ile ilgilenilir [2].

Jun H. Jo ve John S. Gero'nun da söylediği gibi "Bir alan tahsisatı probleminde az sayıda elemanla bile çözüm uzayında muazzam sayıda potansiyel çözüm bulunur. Bu çözümlerin sayısı ise problemin boyutu büyüdükçe üstel olarak artar." [3]. Benzer şekilde, alan tahsisatıyla uğraşan Per Galle de problemin doğrusal olmayan özelliğini şöyle vurgulamıştır: "Birçok kat planının tasarlanmasında karşılaşılan kombinezonsal karmaşıklık, olası çözümlerin sistematik bir şekilde sadece kağıt ve kalem kullanılarak bulunmasını imkansız kılmıştır." [4].

Üzerine birçok kısıtlama veya hedefin eklenebildiği bu problem, bir çalışma sahasından diğerine büyük farklılıklar gösterebilir. Alan tahsisatını otomatik olarak yapacak bir sistem geliştirmeye uğraşan Charles Eastman'ın da belirttiği gibi, alan tahsisatı problemi mimarları, kent tasarımcılarını, tasarım yapan mühendisleri ve iki boyutlu çizimler yaparak problem çözmeye çalışan diğer tüm meslek gruplarını en çok ilgilendiren konulardan biridir [5]. Gerçekten de, süpermarketlerde ürün raflarını düzenleme, nakliye şirketlerinde malları veya konteynerleri yerleştirme, tahta, cam veya kağıt endüstrilerinde fireyi en aza indirecek şekilde hammaddelerden kesim yapma ve bir odadaki mobilyaları yerleştirme gibi konular alan tahsisatı probleminin uygulama alanına girer. Bu örneklerden de anlaşılacağı gibi, genelde asıl hedef, kullanılmayan alan kaybını en küçüklemek ve varolan alandan en büyük yararı sağlamaktır [2]. Böyle bir hedef olduğunda ise yapılan düzenlemenin estetik değeri tabii ki söz konusu değildir.

"Oda Düzenleyicisi" adı ile anılan bu bitirme ödevi karmaşık alan tahsisatı problemini incelemekte ve bu problemin özel bir durumunu estetik kaygıları da gözönünde bulunduran yeni ve özgün bir yaklaşımla çözmeye çalışmaktadır. Bu bitirme ödevinde incelenecek ve çözülmeye çalışılacak olan özel durum ise, bir odaya mobilyaların mantıklı bir şekilde yerleştirilmesi ile ilgilidir. İlgisiz mobilyaların biraraya gelmediği, mantıklı, kullanışlı ve

estetik bir yerleştirme amaçlandığı için bu özel durumda birçok etken ve kısıtlama da göz önünde tutulmuştur.

Alan tahsisatı problemi doğrusal olmayan ve karmaşık bir problem olduğu için birçok farklı şekilde formüle edilebilir. Bu yüzden de bu problemi çözmek üzere birçok yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar geniş kapsamlı ağaç taraması (exhaustive tree search), genetik algoritmalar, yerel sezgisel yaklaşımlar (tepe-tırmanma/hill-climbing) olarak sıralanabilir [2], [4].

Alan tahsisatı probleminde şimdiye kadar kullanılan birçok teknik, genelde kapsayan alanın en ekonomik şekilde kullanılmasıyla ilgilidir. Örneğin, bir kamyonun arkasına ürünlerin en az yer kaplayacak şekilde yerleştirilmesi, bir kağıt rulosunun en az fire verecek şekilde düzgün şekillere kesilmesi gibi problemler bu tür tekniklerle çözülebilir. Bu örneklerden de anlaşıldığı gibi, alan tahsisatı probleminde kullanılan geleneksel algoritmalar bir odaya mobilyaların yerleştirilmesi probleminde karşılaşılan estetik kaygıları gözönünde tutmamaktadır. Halbuki, bir oda düzenlemesinde birbirine uymayan nesneler sadece boş kalan alanı enbüyüklediği veya enküçüklediği için biraraya konamaz. Örneğin, bir oda tasarımcısı kocaman bir gardırobu pencerenin hemen önüne yerleştiremez. Bu yüzden, alan tahsisatı probleminde önceden kullanılan birçok yöntem oda düzenlenmesi sırasında yetersiz kalmaktadır.

Bu bitirme ödevinde önceden kullanılan teknikler tam anlamıyla kullanılmamış; fakat bunlardan büyük ölçüde esinlenilmiştir. Özellikle alan tahsisatı problemiyle uğraşan Pfefferson'un gerçeklediği sezgisel modelde aldığı kararlar, kullandığı ağaç yapısı ve "makro nesne" adını verdiği şablonlar bu bitirme ödevi için önemli bir yol gösterici olmuştur [6].

Bize göre, oda düzenlemesi yapacak bir sistemin herşeyden önce mantıklı, göze hoş görünen, estetik kaygıları karşılayan bir dizi örüntüyü bilmesi veya öğrenmesi gerekir. Bu nedenle, bu bitirme ödevinde, bir insanın estetiğe verdiği değeri taklit etmek amacıyla birçok düzenleme örüntüsü (veya şablonu) yaratılmış ve bu örüntülerin odaya uygulanmasıyla akla yatkın, elverişli oda düzenlemeleri üretilmeye çalışılmıştır. Bu projede kullanılan düzenleme örüntüleri az da olsa Pfefferson'un "makro nesne"lerine benzemektedir.

Bu durumda, yukarıda bahsedilen alan tahsisatı problemi bir ölçüde örüntü eşleme problemine indirgenmiştir. Bu sayede, odaya yerleştirilmesi gereken mobilyalar mevcut örüntülerle eşleştirilmiş, eşleşen örüntüler verilen oda planına uygulanmış ve sonuçta mobilyaların odaya yerleştirilmesi sağlanmıştır.

Verilen bir mobilya kümesine uygulanabilecek tüm düzenleme örüntüleri ağaç yapısına sahip bir çözüm uzayı oluşturur. Bu ağacın derinliği uygulanabilir örüntülerin sayısına bağlıdır. Ağacın her seviyesindeki dallanma sayısı ise kullanılan örüntünün özelliklerine bağlıdır. Yaratıcı bir şekilde yeni oda düzenlemelerinin bulunması ise çözüm uzayını kapsayan bu ağaçta bir çözüm aramaya eşdeğerdir. "Oda Düzenleyicisi" işte elindeki mobilyalara göre böyle bir ağacı dinamik olarak oluşturduktan sonra bu ağaçtaki uygulanabilir tüm çözümleri taramakta ve kullanıcıya göstermektedir. Bu bitirme ödevinde gerçeklenen ağaç yapısı yine az da olsa Pfefferson'un makalesinde bahsettiği ve sezgisel çözüm modelinde kullandığı ağaç yapısına benzemektedir.

“Oda Düzenleyicisi”nin en önemli özelliği ise daha önce hiç bir yöntemde kullanılmamış olan öğrenme yeteneğidir. Daha önce de açıklandığı gibi, program oda içerisine mobilya yerleştirme işini bir örüntü kümesi kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu bağlamda, “öğrenme” ile kastedilen şey, kullanıcının programa yeni örüntüler tanıtması ve bunların mevcut örüntüler kümesine eklenmesidir. Bu özellik, programın kullanıcı tarafından sağlanan iki boyutlu bir oda çiziminden yeni bir tasarım örüntüsü keşfetmesini veya çıkarmasını gerektirmektedir. O yüzden, projenin önemli bir kısmı da iki boyutlu çizimlerde karşılaşılan yeni örüntüleri araştırmaya ve tanımaya ayrılmıştır.

Ayrıca, oda planının gerek iki boyutlu gerekse üç boyutlu gerçekçi bir görüntüsünü oluşturabilmek için bilgisayarlı grafik teknikleri sıkça kullanılmıştır. Nesnelerin çizdirilmesi için bilgisayar grafiklerinde kullanılan birçok temel dönüştürücü matristen yararlanılmıştır. İki boyutlu oda planı tamamen kullanıcının kendi başına tasarladığı bir oda veya otomatik olarak “Oda Düzenleyicisi” tarafından tasarlanmış bir oda olabilir. Bu bitirme ödevinin üç boyutlu görüntü sağlayan uzantısı sayesinde ise kullanıcı odanın son halini daha kolay gözünde canlandırabilmekte ve hatta oda içinde gezebilmektedir.

“Oda Düzenleyicisi”nin genellikle şu şekilde çalıştığı söylenebilir: Kullanıcı herhangi bir şekil ve büyüklükteki bir odayı iki boyutlu olarak çizer. Kullanıcı, odanın çizimi sırasında “Oda Düzenleyicisi”nin kendisine sunduğu duvar, kapı, pencere, sütun, kalorifer peteği, v.s. gibi taşınamaz yapı elemanlarını kullanır. Ayrıca, kullanıcı elemanları sabit bir mobilya listesinden istediği mobilyaları odaya yerleştirilmek üzere seçer ve seçtiği bu mobilyaların çeşitli özelliklerini (boyutlar, açı, renk, v.s.) istediği gibi değiştirir. Kullanıcı eğer isterse bazı mobilyaları odanın içinde sabit yerlere koyarak bu mobilyaların program tarafından başka yerlere yerleştirilmesini de engelleyebilir. Daha sonra, kullanıcı “Oda Düzenleyicisi”ne mobilyaları odaya yerleştirmesi komutunu verir. Bunun üzerine, program dinamik olarak oluşturduğu çözüm ağacını tarar ve buradan bulduğu uygun bütün çözümleri iki boyutlu oda planı üzerinde gösterir. Kullanıcı, kendisine sunulan oda planlarından istediğini üç boyutlu olarak da izleyebilir. Ayrıca, kullanıcı benimsediği ve hoşuna giden yeni bir örüntüyü de çizerek “Oda Düzenleyicisi”nden bunu öğrenmesini isteyebilir. Böylece bir dahaki sefere benzer mobilyalarla bir yerleştirme yapılacağında, program kullanıcıdan öğrendiği bu örüntüyü öncelikli olarak kullanır.

Bu bitirme ödevi için gerçeklenen çözüm, başka bir deyişle “Oda Düzenleyicisi”, Microsoft Visual Studio .NET 2003 ortamında geliştirilmiştir. Nesneye yönelik programlama tekniğine uygun olarak hazırlanan bu çözüm, C# programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Taşınamaz yapı elemanları ile mobilyaların iki boyutlu çizimleri .NET’in sunduğu GDI+ teknolojisi ile, üç boyutlu çizimler ise OpenGL teknolojisi ile sağlanmıştır.

Bu bitirme ödevi raporu öncelikle alan tahsisatı problemine temel oluşturan kuramsal bilgileri vermektedir. Bu bitirme ödevinin kapsamı dışında kaldığı ve geniş bir konu olduğu için bu problemin çözümünde kullanılan genetik algoritmalardan pek bahsedilmemektedir. Ancak, kullanılan sezgisel yaklaşımlardan bir tanesine değinilmektedir. Pfefferson’un gerçeklediği sezgizel yaklaşımdaki kararlar, ağaç yapısı ve “makro nesne” kavramı anlatılmaktadır. Daha sonra, örüntü tanıma, örüntü eşleme, .NET ortamı ve bilgisayarlı grafikte kullanılan belli başlı dönüşüm matrisleri hakkında kısa bir önbilgi verilmektedir.

Kuramsal bilgilerin açıklanmasından sonra ise raporda “Oda Düzenleyicisi”nin arayüzü tanıtılmakta ve sistemin nasıl gerçeklendiği ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. “Oda Tasarımcısı”nı oluşturan tüm sınıflar, aralarındaki ilişkiler diyagramlarla gösterilmektedir. Ayrıca, örüntüler, öğrenme, grafik çizimleri ile ilgili kullanılan tüm algoritma ve teknikler yine ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Son olarak, alan tahsisatı probleminin bu özel durumu için bu ödevde kullanılan yaklaşımın artı ve eksileri tartışılmıştır. Raporda ayrıca “Oda Düzenleyicisi”nin nasıl geliştirilebileceği hakkında öneriler de sunulmuştur.

CONTENTS