

Elektronik Kâğıt Yaşamımızda...

Çinliler'in MS 100 dolaylarında bulduğu kâğıt, iletişim biçimimizi değiştiren en önemli buluşlardan biri olmuştur. Baskı teknolojisinin gelişmesi ve bilgi paylaşımının artmasıyla birlikte kâğıdın değeri daha da iyi anlaşılmıştır.

Gelişen teknolojiyle iletişim biçimlerimiz daha çok sayısallaşsa da kâğıt dünyadaki yerini hâlâ koruyor. İki bin yıllık bir saltanatı olan kâğıt, metin ve görüntü aktarımı konusunda sağladığı kolaylık ve düşük fiyatıyla bilgisayar ekranlarından daha kullanışlıdır. Ancak üstüne yazılıp çizildikten sonra kâğıdın ömrü dolar. Onu yeniden kullanmak ve beyaz bir sayfa açmak için karmaşık işlemlerden geçtiği bir geri dönüşüm sürecine girmesi gerekir. Ancak son yıllarda kullanılmaya başlanan elektronik kâğıt, çok az elektrik tüketilerek sürekli kullanılacak bir kâğıt sunuyor. Neredeyse bildiğimiz kâğıt inceliğinde olan bu yeni buluş, sayısal ekranlarla kâğıdın sağladığı olanakları bir arada sunuyor.

Sıvı kristalle, ışık yayan diyet ve gaz plazmalarla dolu ekranlar dünyasında kâğıdın bir yeri olmadığı görüşüyorsanız bir kez daha düşünün. İlk başlarda yalnızca iki renkli olması nedeniyle ve düşük görüntü kalitesiyle çok da ses getirmeyen elektronik kâğıt üzerine araştırmalarını sürdüren bilim insanları, günümüzde renkli elektronik kâğıdı geliştirmeyi başardı. Günlük kullanıma henüz büyük çapta girmemiş olsalar da elektronik kâğıt örnekleri yavaş yavaş görülmeye başlanıyor. Örnek görmek isterseniz, büyük alışveriş merkezlerindeki LCD gibi görünen fiyat etiketlerine bakın. Bunlar elektronik kâğıttır.





E-Kâğıt

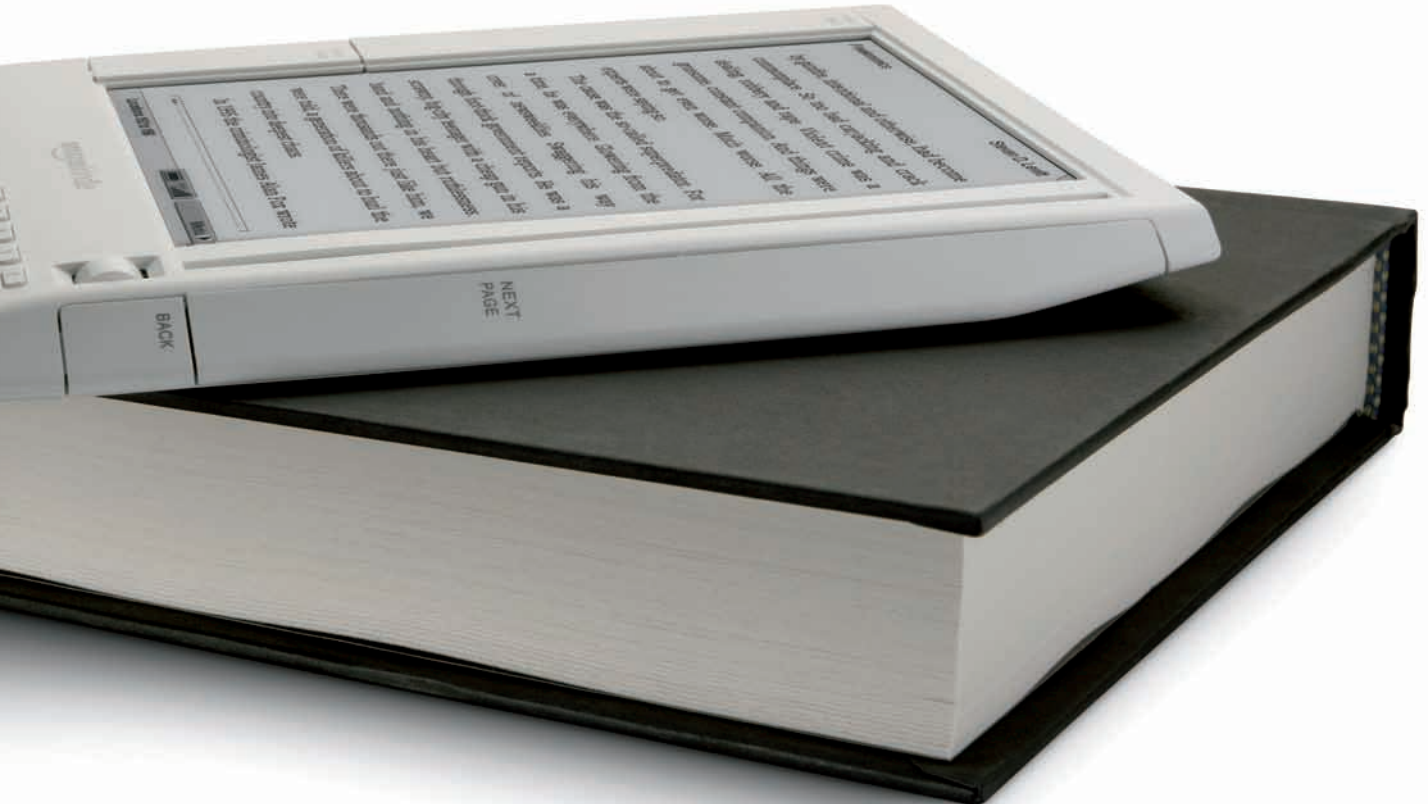
E-kağıt olarak da adlandırılan elektronik kâğıdın en büyük özelliği ince olmasıdır. Bu inceliği sayesinde standart olarak kullandığımız kâğıdın işlevlerini görür. Ancak normal kâğıttan farklı olarak bir sayfa elektronik kâğıdın üzerinde sayfalarca yazı hatta kitaplar okuyabilirsiniz. Elektronik kâğıdın başka bir özelliği de sürekli elektrik harcamamasıdır. Bunlar hem yer, hem enerji açısından tasarruf etmeyi sağlayan özelliklerdir. Tabii bu yıl dünyada 280 milyon

ton kâğıt, başka bir deyişle A4 boyutunda 56 trilyon kâğıt tüketileceği düşünülürse, en büyük yararının ormanların korunması olduğu düşünülebilir.

Bir görüntüleme teknolojisi olan elektronik kâğıt, normal kâğıt ve mürekkebin işlevini yerine getirmeye çalışır. Arkadan piksellerin yansıtılması sistemiyle çalışan ve birçok yerde kullanılan düz yüzeyli ekran teknolojisinden farklı olarak bu buluş, normal kâğıt gibi ışığı yansıtma ilkesine dayanır. Metin ve görüntüleri ekranda görüntülemek için sürekli elektrik kullanmayan bu sistem, bunların daha sonra değiştirilmesine de olanak sağlar.

Elektronik kâğıdın görüntü teknolojisi, sık ekranlardan televizyon ya da monitör gibi görüntüyü sürekli yinelemez, sabit bir görüntü sunar. Daha geniş bir görme açısı sağlaması ve dışarıdaki ışığı yansıtması açısından da rahat ve iyi bir okuma sağladığı kabul edilir. Hafif ve dayanıklı olmaları da bu ekranların olumlu özelliklerindedir. Ancak şimdilik renk kalitesi düşük olduğu ve yansıtma oranları gereken düzeye ulaşmadığı için hâlâ istenen kalitede değiller. Yine de geliştirme çalışmaları sürüyor ve bu konuda hızlı ilerlemeler oluyor.

İcat edildiğinde yalnızca iki renkli olması nedeniyle ve düşük görüntü kalitesiyle çok da ses getirmeyen elektronik kâğıt üzerine araştırmalarını sürdüren bilim insanları, günümüzde renkli elektronik kâğıdı geliştirmeyi başardı.



Renkli E-Kâğıt

Renkli elektronik kâğıtların biraz ilginç bir teknolojik altyapısı vardır. Elektro-ıslatma ekran olarak adlandırılan bu teknoloji uygulanan bir gerilim ve su/yağ karışımı bir ara yüzey üzerindeki kontrole dayanıyor. Bu mantığa dayalı olarak çalışan teknolojide renkli yağ, suyla yüzeyin arasında ince bir tabaka oluşturur ve renkli bir piksel olarak görülür. Su ve yağa gerilim uygulandığında aralarındaki ara yüzey gerilimi değişir. Böylece daha önceki durgun hal değişir ve su yağı iterek yukarı çıkar. Bu da saydam ya da yansıtıcı bir yüzeyde beyaz bir piksel olarak görünür. Uygulanan gerilimle de ne kadar yağın itileceği ve hangi tonun elde edileceği belirlenir. Televizyon ya da ekranların çalışma ilkesine benzer kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) filtreleri ya da farklı katmanları kullanmak yerine elektro-ıslatma teknolojisi farklı renkler şeklinde değişen alt piksellerden oluşur. Alt piksellerden oluşan ve birbirinden ayrı şekilde iki farklı rengi kontrol

edebilen bu piksel sayesinde de istenilen renk yansıtılmış olur. Burada kullanılan renkler ışık teknolojisinden çok baskı teknolojisinden renkleri. Bu renkler camgöbeği, macenta ve sarıdır. Polarize mercek ya da yüzeye gereksinim duyulmadığı için de daha çok parlaklık elde edilir. Pikselin küçüklüğü nedeniyle -okuyucu gözü ortalama yansımayı görebildiği için- yüksek parlaklık ve kontrast oranları sağlanır. Bu teknoloji o kadar hızlı bir şekilde çalışır ki bir film bile izlenebilir. Düşük güç ve düşük gerilimle çalışan bu ince ekranlar LCD ekranlardan dört kat parlaktır.

Elektronik kâğıt için daha başka teknolojiler de geliştirilmiştir. Esnek yüzeylere yerleştirilen organik transistörleri normal kâğıtla birleştirme çalışmalarının yanında kolesterole dayalı çalışan LCD ekranlar bunlardan bazılarıdır. CRT ekranların çalışma ilkesine dayanan üçe bölünmüş piksellerle de denemeler yapılmaktadır.



E-kâğıt Teknolojisi

Değişik elektronik kâğıt teknolojileri bulunsa da bunların birçoğu aynı mantıkla çalışır. Bazılarında ekranın esnek olması için plastik temelli tabakalar ve elektronik devreler kullanılır. Etkileşimli bir

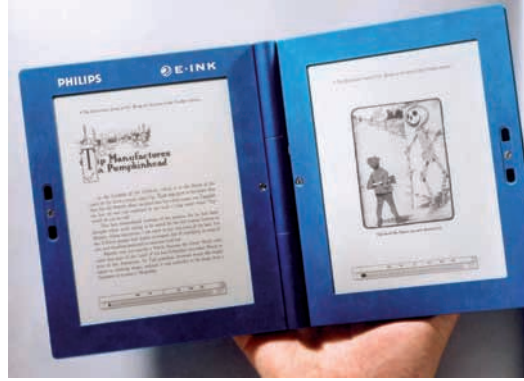


elektrik alanı sayesinde yüklenmiş renkli parçacıkları düzenleyerek görüntü veren ekranlara elektroforetik ekran denir. En basit şekliyle bir elektroforetik ekran hidrokarbon yağın içinde asılı duran ve çapları bir mikrometre olan titanyum dioksit parçacıklardan oluşur. Bu yağa koyu renkli bir boya, yüzey aktif ve yükleme maddeleri konur. Bu karışım 10-100 mikrometre genişliğindeki iki boşluk ve iletken tabaka arasında bulunur. Bu iki tabakaya gerilim uygulandığında parçacıklar onların tersi yükünde olan yüzeye doğru hareket eder. Parçacıklar ekranın görünen bölümüne doğru çekildiğinde onların bulun-



duğu yer ekran üzerinde beyaz olarak görünür çünkü yansıtma gücü yüksek olan bu titanyum parçacıkları üstlerine düşen ışığı yansıtır. Parçacıklar ekranın arka bölümündeki tabakaya doğru çekildiğinde o bölge koyu görünür. Bunun nedeni de ekranın üstüne düşen ışığın renkli boya tarafından emilmesidir. Ekranın arka bölümü küçük alanlara ayrılıp bunlara farklı gerilim uygulandığında da ortaya piksel olarak adlandırılan minik görüntüleme alanları çıkar. Farklı yansıtma ve emme alanları kullanılarak istenen şekiller ve görüntüler ekran üzerinde elde edilir.

Elektronik kâğıdın temelini de bu elektroforetik ekranlar oluşturur. İlk elektronik kâğıdı 1970'li yıllarda Xerox çalışanı Nick Sheridon geliştirmişti. Gyricon adlı ilk elektronik kâğıdın çalışma ilkesi, 20-200 mikrometre içinde sıralanmış polietilen küreciklere dayanıyordu. Bu küreciklerden her birinin iki yarı küresi eksi ve artı yükler taşır. Eksi yarı küre siyah plastikten, artı yarı küre beyaz plastikten yapılır. Bu kürecikler saydam bir silikon tabakanın içine yerleştirilmiştir ve yağlı bir ortamda asılı bulunurlar. Yağlı ortam onların serbestçe hareket etmesini, daha doğrusu dönmelerini sağlar. Elektrot çiftine uygulanan gerilimin polaritesine bağlı olarak küreciklerin siyah ya da beyaz yanı üste döner. Bu da o



pikselin beyaz ya da siyah olarak görünmesini sağlar. Küçük alanlara uygulanan farklı gerilimler sayesinde de ekranın üzerinde istenen şekiller ve görüntüler elde edilir.

E-ink adlı şirketin geliştirdiği ilk elektronik kâğıt teknolojisi de elektroforetik ekranlara dayanıyordu. Xerox teknolojisinde minik kürecikler yüke göre dönüyorken E-ink bu kürecikleri yağlı bir ortama batırıp çıkarma yöntemini kullanıyordu. Ancak E-ink'in

E-kâğıt olarak da adlandırılan elektronik kâğıt aslında bir görüntüleme teknolojisidir. **Elektronik kâğıt**, normal kâğıdın ve mürekkebin işlevini yerine getirmeye çalışır.

en son geliştirdiği teknoloji bu iki yöntemi de birleştirmişe benziyor. Yeni geliştirilen elektronik kâğıtlar yine arasında elektrotlar bulunan iki katmanlı bir ortamdaki mikro kürelerden oluşuyor. Ancak bu küre-

ler bu kez kapsül olarak adlandırılıyor çünkü her birinin içinde saydam bir sıvı ve farklı renkte mikroskobik parçacıklar var. İşleyişin genel mantığı aynı. Elektrotlara uygulanan farklı polariteyle bu kez kürecikler dönerek yer değiştiriyor ya da sıvının içinde aşağıya ya da yukarı inip çıkmıyor da kapsülün içindeki renkli parçaların yüzeye doğru hareket ediyor ya da dibe çöküyor. Bu da daha küçük alanda daha iyi renk kontrolü ve kalite anlamına geliyor.



E-kâğıdın kullanım alanları

Elektronik kâğıt, bir ekran üzerine sayısal bir kalemle yazı yazmayı sağlayan, tablet şeklindeki "sayısal kâğıtla" karıştırılmamalıdır. Elektronik kâğıt teknolojisinin ürünleri arasında elektronik kitap, e-gazete, e-dergi, elektronik fiyat etiketleri, otobüs duraklarındaki zaman çizelgeleri, elektronik ilan ve reklam panoları yer alır. Okuma aygıtları ve sayısal fotoğraf çerçeveleri gibi aletlerde kullanılan elektronik kâğıdı saat ve cep telefonu gibi aygıtlarda da kullanılıyor. Elektronik kâğıtlar esneklikleri nedeniyle değişik yüzeylerde kullanılıyor. Ancak hafiflik, az enerji tüketimi ve esneklik gibi üç temel özelliği bulunan bu teknoloji alıştığımız hızdaki sayısal arayüzü sağlamaktan uzaktır. Bilgisayarda çalışırken en çok şikayet edilen konu menülerin hızlı açılmaması, ve fareyi yeterince hızlı tıklayamamak olduğu düşünülürse bu ekranlar düşük yenilenme oranlarıyla LCD ekranlarının yanında kaplumbağa gibi kalır. Ancak araştırmacılar pazara sunulan aygıtlar üzerine bir bellek yongası ekleyerek önceden yüklemeye bu değişim oranını yükseltmeye çalışıyor.

Şubat 2006'da Flemenkçe yayın yapan *De Tijd* adlı Hollanda gazetesi, abonelerine gazetesinin elektronik halini elektronik kâğıtta sundu. Bu bir yayının elektronik kâğıtla yapılan ilk dağıtım olması açısından önemlidir. 2007'nin Ocak ayında Maastricht'teki bir ortaokul, öğrencilerin kitap harcamalarını azaltmak için bir pilot projeyi hayata geçirdi



ve okulda kitap yerine elektronik kâğıt kullanımını başlattı. Eylül 2007'de Fransız *Les Echos* da gazeteyi elektronik olarak yayımlamak için abonelerine gazeteyi okuyabilecekleri e-kâğıtları dağıttı. Hollanda'da yayımlanan *NRC Handelsblad* gazetesi de 2008'de benzer bir uygulamaya geçti. *Esquire* dergisinin 75. yılını kutladığı Ekim 2008 sayısının da kapağı elektronik kâğıttandı.



Kaynaklar
<http://www.eink.com>
<http://phx.corporate-ir.net>
<http://www2.parc.com/hsl/projects/gyricon/>