

e-Arşiv Fatura için Aksaklığa Dayanıklı Dağıtık bir Sistem Tasarımı

Salih Bayar^{1,2} and Alper Şen²

¹ İdea Teknoloji Çözümleri,
Sun Plaza BBDO Blok Dereboyu Cd. Bilim Sk No:5 34398 Maslak/İstanbul
² Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği,
Bebek, İstanbul
{salih.bayar}@ideateknoloji.com.tr,
{salih.bayar, alper.sen}@boun.edu.tr,

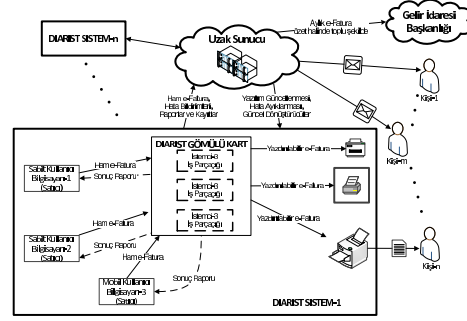
Özetçe.

Bu makalede işletmede oluşturulan ham haldeki (ör. csv, xml, txt, xls, xlsx formatları) elektronik Fatura verilerinin işletme tarafında işlenmesi, yazdırılması ve sunucu vasıtasıyla karşı tarafa gönderilmesini sağlayan linux tabanlı gömülü kartın tasarımı ve bu sistemin aksaklığa dayanıklılığı ele alınmaktadır. Bu bildiride e-Fatura ve e-Arşiv fatura dönüşümlerinden sorumlu olan, aksaklığa dayanıklı ve dağıtık bir yapıya sahip olan gömülü DIARIST sistemi anlatılmaktadır. DIARIST sistemi kullanıcı tarafında bulunan, özelleşmiş bir gömülü sistem üzerinde çalışan, çoklu uygulamalara sahip, arşivleme amaçlı hem uzaktaki sunucu ile etkileşimde olan ve hem de yerelde bulunan kullanıcı (satıcı) ve yazıcı ile haberleşen bir yapıdır. DIARIST sistemleri çoklu olup, her biri doğrudan uzakta bulunan sunucu ile etkileşim halindedir. DIARIST sistemi kesintisiz hizmet vermek zorundadır: çünkü bu sistem vergi mükellefleri için mahrem olan, finansal verileri içermekte ve kullanıcı tarafında çalışmaktadır. Bu çalışmada DIARIST sistemi için donanım tabanlı çeşitli aksaklığa dayanıklılık senaryoları detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: E-Fatura, E-Arşiv, Aksaklığa Dayanıklılık, İkili/Üçlü Modüler Artıklık, UBL, XML, XSLT, XSD, HTML, Schematron

1 Giriş

E-Fatura uygulaması kapsamında, alıcı ve fatura kesen taraf e-Fatura sisteminde olmalıdır. Eğer fatura kesilen taraf e-Fatura kullanıcısı değilse, faturayı kesen e-Fatura kullanıcısı alıcıya faturayı e-Arşiv fatura olarak kesmek zorundadır [1]. Önceki çalışmamızda, DIARIST sisteminin e-Arşiv fatura zorunluluğu olan mükellefler için kullanıcı tarafında fatura yazdırma, yazdırılan bu faturayı arşivleme, kullanıcıya bu faturayı e-posta ile gönderebilme özellikleri anlatılmıştı [1]. E-fatura ya da e-Arşiv fatura dönüşümlerinden sorumlu DIARIST sisteminde, hiçbir faturanın kaybolmaması gerekmektedir ve dönüşüm işlemlerinin hiçbir şekilde kesintiye uğramaması gerekmektedir.



Şekil 1: DIARIST genel sistem mimarisi.

Şekil 1’de çoklu sayıda DIARIST sistemi ve tek bir sunucunun olduğu dağıtık DIARIST yapısı verilmiştir. Bir vergi mükellefinde bir ya da daha çok DIARIST sistemi bulunmakta olup, her bir sistem aynı yerde bulunan bir ya da daha çok kullanıcıya hizmet edebilmektedir.

[1]’de anlatılan DIARIST yapısı aksaklığa dayanıklı değildir. Sistemde oluşabilecek herhangi bir yazılım ya da donanım hatası, vergi mükellefinin fatura dönüşüm ve yazdırma işlemlerini sekteye uğratmaktadır. Bu yüzden, bu çalışmada [1]’de anlatılan DIARIST yapısı için geliştirilmiş olan aksaklığa dayanıklı olası senaryolar ve bunların karşılaştırılması verilmiştir.

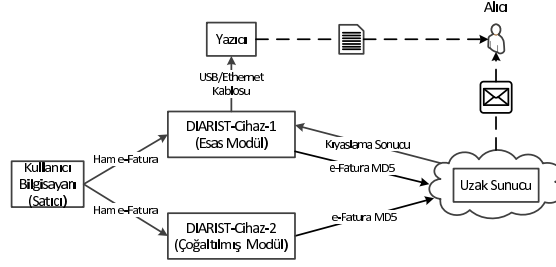
2 AKSAKLIĞA DAYANIKLILIK SENARYOLARI

DIARIST sisteminde, aksaklığa dayanıklılığı gerektirecek, kritik olan donanım bileşenlerinin, işlemci, yonga-üstü bellek, işletim sisteminin yüklü olduğu harici hafıza kartı, güç çipi, ethernet ve USB portları olabileceğine karar verilmiştir [5]. Yazılım tipindeki olası hatalar zaman yedekliliği ile giderilebileceği gibi donanım hataları ancak yer yedekliliği ile giderilebilmektedir [6]. Bu yüzden hatanın ayıklanması ya da telafi edilmesi için yedeklilik yöntemi incelenmiştir. Bu yöntem hem yazılım hem de donanım açısından aynı sistemin yedeğinden bir ya da daha fazla olması durumudur [7].

[1]’de aksaklığa dayanıklı olmayan, sadece bir adet DIARIST gömülü kartının olduğu basitleştirilmiş sistem bileşen modeli zaten anlatılmıştı. Kullanıcı tarafında kesintisiz hizmet verebilmek için, DIARIST sisteminin aksaklığa dayanıklı olması beklenmektedir.

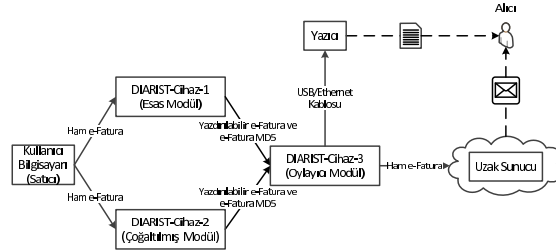
2.1 İkili Yedekleme Tabanlı Aksaklığa Dayanıklılık (İYTAD)

İYTAD’ de temel mantık sisteme ait bileşenlerinin bir kopyasının daha oluşturulmasıdır [2]. Bu yapıda her iki sistem de birbirinden tamamen bağımsız çalışmaktadır. İYTAD sistemlerde hata tespiti mümkün olurken, hatanın tolere edilmesi mümkün olmamaktadır. Burada tespit edilebilen şey, var olan iki paralel



Şekil 2: Oylayıcının uzakta olduğu İYTAD (DMR-RemoteVoter).

sistemin aynı giriş verilerine aynı ya da farklı cevap vermesidir. Bu yüzden aynı giriş için iki sistemin çıktıların karşılaştırılması gerekmektedir. Eğer çıktılar aynıysa sistemde herhangi bir hata olmadığı, aksi durumda, sistemlerin en az birisinde bir hata olduğu sonucuna varılır. Ancak hangi sistemin hatalı olduğu bu yöntemle bilinmemektedir.



Şekil 3: Oylayıcının yerelde olduğu İYTAD (DMR-LocalVoter).

Şekil 2’de verilen yapı İYTAD’ın ilk örneğidir. Burada iki adet DIARIST kartı bulunmakta olup, bu kartlar aynı ham fatura verisini aynı anda birbirine paralel olarak işlemektedir. İşlem sonucu oluşturulan, yazdırılabilir biçime dönüştürülmüş olan e-Fatura verisinin hash değerleri (ör. MD5) alınıp, sunucuya oylanması için gönderilmektedir. Oylayıcı modunda görev alan uzaktaki sunucu, kıyaslama sonucunu esas sistem olan ilk DIARIST cihazına gönderir. Eğer kıyaslama sonucunda her iki işlem sonucu eşit ise, ilk DIARIST cihazı yazıcıya, yazdırılabilir biçimdeki e-Fatura verisini göndermektedir. Aksi durumda sistemde hata olduğu anlaşılır.

Şekil 3’de verilen yapıda da üç adet DIARIST sistemi bulunmaktadır. Burada ilk iki sistem Şekil 2’deki gibi birbiri ile paralel çalışır ve aynı fatura verilerini aynı anda, birbirinden bağımsız olarak işlemektedir. Burada üçüncü DIARIST sisteminin görevi oylama sistemi olarak çalışmasıdır. Eğer oylama sonucunda her iki çıktının eşit olduğuna karar verilirse, ilgili e-Fatura verisi yazdırılmak üzere üçüncü DIARIST sistemine gönderilmektedir. Şekil 3’de verilen yapının Şekil

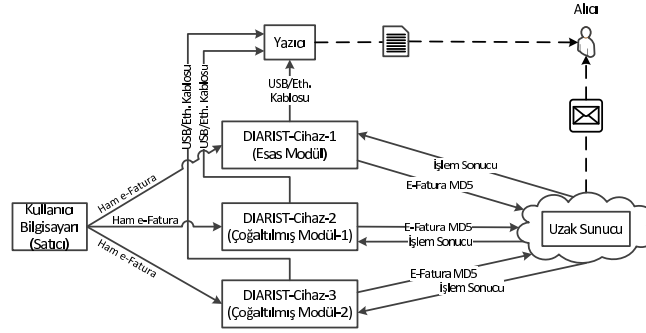
Tablo 1: Donanım tabanlı aksaklığa dayanıklılık senaryolarının kıyaslanması

Aksaklığa Dayanıklılık Senaryoları	Hata Tespiti	Hata Tolere Etme	Donanım Maliyeti	Yazılım Maliyeti	Haberleşme Maliyeti	Kullanıcı Bilgisayar İş yükü	Sunucu İş yükü	Güç Tüketimi
Aksaklığa dayanıksız sistem ([1])	0	0	1	1	1	1	1	1
DMR-RemoteVoter (Şekil 2)	1	0	2	3	3	2	2	2
DMR-LocalVoter (Şekil 3)	1	0	3	2	2	2	1	3
TMR-RemoteVoter (Şekil 4)	1	1	3	3	4	3	2	3
TMR-LocalVoter (Şekil 5)	1	1	4	2	3	3	1	4

2'deki yapıya nazaran avantajı, oylama fonksiyonunun yerelde yapılması olup, her bir e-Fatura verisi için uzaktaki sunucuya bağlanma ihtiyacı duymamasıdır.

2.2 Üçlü Yedekleme Tabanlı Aksaklığa Dayanıklılık (ÜYTAD)

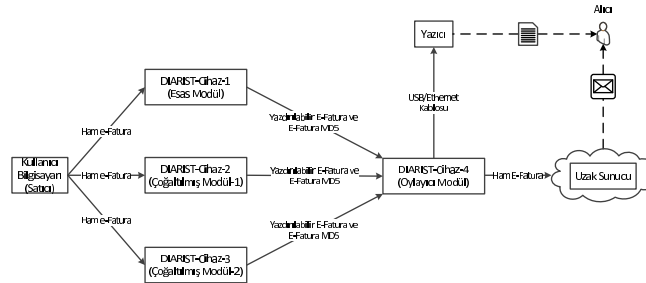
ÜYTAD' ta temel mantık sisteme ait bileşenlerinin iki kopyasının daha oluşturulması esasına dayanmaktadır [3]. Bu yapıda her üç sistem de birbirinden tamamen bağımsız olarak çalışmakta olup, aynı anda aynı işlemleri yapmaktadır. Üçlü yedeklemenin ikili yedeklemeye göre avantajı, hata durumunda oy çokluğuna bakılabiliyor olmasıdır. ÜYTAD' ta temel bileşenlerinin iki adet kopyasından başka oylayıcı modülünün de üçlü olduğu tasarımlar mevcuttur [4]. Böyle sistemlerde oylayıcıdan kaynaklı tek hata noktası (single point of failure) söz konusu değildir [3-4]. Karmaşıklık düzeyi ve maliyeti yüksek olduğundan bu çalışmada sadece tek oylayıcı modülünün olduğu tasarımlar ele alınmıştır.



Şekil 4: Oylayıcının uzakta olduğu ÜYTAD (TMR-RemoteVoter).

Şekil 4' de verilen yapı ÜYTAD'm ilk örneğidir. Bu örnekte toplam üç adet DIARIST sistemi birbirinden bağımsız olarak, paralel bir şekilde çalışıp, aynı anda aynı e-Fatura verilerini işlemektedir. Her bir DIARIST cihazı ilgili e-Faturayı işledikten sonra yazdırılabilir biçimdeki e-Fatura verisinin hash değerini (MD5) uzakta bulunan sunucuya oylanmak üzere gönderir. Burada bulunan üç DIARIST sistemi de doğrudan yazıcıya bağlı olup, ilgili e-Fatura belgesinin hangi DIARIST sistemi tarafından yazıcıya gönderileceğine sunucu karar vermektedir. Eğer üç sistemden gelen sonuçlar birbiri ile tamamen tutarlı ise sunucu e-

Fatura verisinin herhangi bir DIARIST cihazından (varsayılan DIARIST-Cihaz-1) yazdırılmasına izin verip, diğerlerine izin vermemektedir. Burada DIARIST sistemlerinden kaynaklı büyük bir hata (ör. elektrik kesintisi ya da ağ problemi sebebiyle yanıt alınamaması durumu) olduğunda, sunucu tarafında bir zaman aşımı (time-out) süresi belirlenmiştir. Belirlenen süre içerisinde sistemlerin herhangi birisinden cevap alınamaması durumunda ilgili sistemin en azından o anlık hatalı olduğuna karar verilir. Böyle olunca, zaman aşımına uğramayan sistemlerden birinin cevabı doğru kabul edilebilmektedir. Eğer gelen üç hash değerlerinde (MD5) tutarsızlık olursa, oy çokluğuyla doğru olana karar verilir ve sunucu oy çokluğuna uyan DIARIST sistemlerinden birisinin yazıcıya ilgili e-Fatura verisini göndermesine izin verir.



Şekil 5: Oylayıcının yerelde olduğu ÜYTAD (TMR-LocalVoter).

Şekil 5’de anlatılan yapının Şekil 4’deki yapıya nazaran en büyük avantajı oylama işleminin dördüncü bir akıllı kart ile yerelde yapılması ve her bir e-Fatura verisi için sürekli sunucudan cevap beklemeye ihtiyaç duymamasıdır. Bu senaryoda ilk üç DIARIST sistemi aynı anda aynı e-Fatura verilerini birbirinden bağımsız olarak, paralel bir şekilde işlemekte ve sonuçları, yerelde bulunan oylayıcı sisteme göndermektedir. Bu yapıda yazıcıya doğrudan bağlı olan tek sistem oylayıcı sistemi olup, bu sistem aynı zamanda ilk üç DIARIST cihazını uzakta bulunan sunucuda izole etmektedir. Şekil 4’dekine benzer olarak, yerelde bulunan oylayıcı sistemi (DIARIST-Cihaz-4), oy çokluğuna göre hangi DIARIST sistemlerinin doğru çalıştığına karar vererek, ilgili e-Fatura verisini yazıcıya göndermektedir. Görüldüğü üzere, genel olarak ÜYTAD sistemleri (bkz. Şekil 4, 5) sadece hatanın tespiti değil, aynı zamanda hatanın düzeltilmesi işlemini de oylama sistemi ile sağlayabilmektedir.

3 DONANIM TABANLI AKSAKLIĞA DAYANIKLI SİSTEMLERİN KIYASLANMASI

Yukarıda anlatılan tüm senaryoların avantajları ve dezavantajları Tablo 1’de kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamalarda, aksaklığa dayanıksız sistem temel olarak alınmış olup, diğer aksaklığa dayanıklı senaryolar farklı metrikler üzerinden aksaklığa dayanıksız bir sisteme göre ölçülandırılmıştır. Bu ölçülandırma işleminde

nümerik değerler kullanılmıştır. Örneğin ilk iki sütunda belirtilen ‘Hata Tespiti’ ve ‘Hata Tolere Etme’ özellikleri 0 ve 1 ile değerlendirilmiştir. Burada 0 değeri bu özelliğin ilgili senaryoda olmadığını, 1 değeri ise bu özelliğin ilgili senaryoda mevcut olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde üçüncü sütundaki nümerik değerler, ilgili senaryoda kullanılan gömülü kart sayısını göstermektedir. ‘Yazılım Maliyeti’ olan dördüncü sütundaki değerler, kullanıcı bilgisayarını ve sunucuda fazladan yazılım gerektirecek durumlara göre güncellenmiştir. Örneğin ‘TMR-RemoteVoter’ (bkz. Şekil 4) senaryosundaki ‘Yazılım Maliyeti’ nin 3 değeri, DIARIST cihazları hariç hem kullanıcı bilgisayarında hem de sunucu tarafında fazladan yazılım gerektirdiğini göstermektedir.

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, e-Fatura ve e-Arşiv fatura dönüşümlerinden sorumlu, dağıtık DIARIST sisteminin donanım tabanlı aksaklığa dayanıklılık senaryolarını detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bunun yanında her bir senaryonun birbirine göre donanım, yazılım, maliyet, güç tüketimi, kullanıcı bilgisayarına verdikleri fazladan yük ve sunucu haberleşmesinden kaynaklanan fazladan haberleşme maliyetleri açısından detaylı bir şekilde kıyaslanmıştır. Ülkemizde e-Arşiv alanındaki güvenilirlik ihtiyacını karşılayabilecek bir sistem geliştirilmiş olup bu sistem kısa zamanda piyasaya sunulacaktır.

5 TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ar-Ge Merkezi İdea Teknoloji Çözümleri Bilg. San.Tic. A. Ş. kurumu tarafından 3140421 no’lu, DIARIST: E-Belge İşleme ve Yazdırma Donanım Platformu başlıklı TEYDEB projesi kapsamında desteklenmiştir.

6 Kaynakça

1. S. Bayar, M. G. Ülkar, A. Şen, “Kullanıcı Tarafında E-Belge Oluşturma ve Yazdırma Yazılım Deneyimleri”, 9. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu (UYMS’15), İzmir, Türkiye, 09-11 Eylül 2015.
2. J. F. Brooks, "The Mythical Man-Month. Addison-Wesley". pp. 64., 1995.
3. R.E. Lyons, W. Vanderkulk, "The Use of Triple-Modular Redundancy to Improve Computer Reliability", in IBM Journal of Research and Development , vol.6, no.2, pp.200-209, April 1962
4. S. Habinc, "Functional Triple Modular Redundancy (FTMR). VHDL Design Methodology for Redundancy in Combinatorial and Sequential Logic.", Gaisler Research, Design and Assessment Report, 2002.
5. E. Dubrova, “Fault-Tolerant Design”, Springer, 2013.
6. A. Avizienis, “Fault-Tolerant Systems”, IEEE Transactions on Computers, vol. 25, no. 12, pp. 1304–1312, 1976.
7. J. C. Laprie, “Dependable Computing and Fault Tolerance: Concepts and Terminology”, FTSC-15, 1985.