

1.1 Dur ve bekle (stop & wait) kullanım oranı

Herhangi bir akış kontrol tekniğinin ne derece etkin olduğunu ölçebilmek üzere hat kullanım oranının incelenmesi gereklidir. Dur ve bekle akış kontrol tekniğinde hattın kullanım oranını hesaplayabilmek için yararlanacağımız değerler;

- t_{frame} Bir çerçevenin iletim süresi (çerçeve ait bütün bitlerin gönderici uçtan çıkması için geçen süre)
- t_{prop} Çerçevenin göndericiden alıcıya varması için geçen süre
- t_{ack} Alıcıdan göndericiye yollanan alındı çerçevenin bütün bitlerinin alıcıdan çıkması için geçen süre

Buna göre iki uç arasında bir çerçevenin iletilmesi ve karşılığında alındı cevabının alınması için geçen süre

$$T_F = t_{frame} + t_{prop} + t_{ack} + t_{prop}$$

olarak hesaplanır. Formülümüzde t_{ack} diğer süreler ile karşılaştırıldığında ihmal edilecek kadar küçük bir değer olup hesaplamalarda kolaylık sağlaması açısından sıfır kabul edilecek olursa;

$$T_F = t_{frame} + 2t_{prop}$$

formülünü elde ederiz. Hattın kullanımını hesap edebilmek için sadece veri aktarımı için geçen zamanın tüm zamana yani veri aktarımı ve alındı bilgisinin alınması için geçen zamana oranlamamız gerekecektir. Bu durumda formülümüz

$$U = \frac{t_{frame}}{t_{frame} + 2t_{prop}}$$

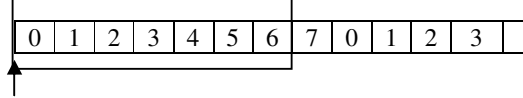
şeklinde olacaktır. Denkleminizi bir katsayıya bağlı olarak yazabilmek üzere ;

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{frame}} \quad \text{dersek;} \quad U = \frac{1}{1 + 2a} \quad \text{olarak ifade edilebilecektir.}$$

$$t_{prop} = \frac{\text{mesafe}}{h_u} = \frac{d}{v} \quad \text{ve} \quad t_{frame} = \frac{\text{frame_size}}{\text{data_rate}} = \frac{L}{R} \quad \text{olarak ifade edilebilir.}$$

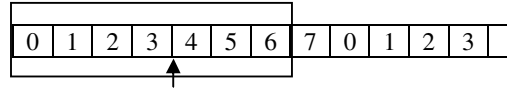
1.2 Kayan pencere (sliding window) akış kontrol tekniği

Gönderici Penceresi (Sender Window): Kayan pencere tekniğinde pencere büyüklükleri, çerçeve sıra numarası bilgisini saklamak için çerçeve içinde kullanılan alanın bir fonksiyonu olarak (2^n-1) olarak¹ belirlenir. Çerçeve sıra numaralarının 3 bit ile belirlendiği düşünülüğünde pencere büyüklüğü 7 olacaktır. Her çerçeve yollanışında pencerenin sol tarafındaki işaretçi sağa doğru kayacak bu şekilde pencere içinde yollanmayı bekleyen çerçeveler işaretçinin sağında, gönderilmiş ancak alıcıdan geri besleme alınmamış çerçeveler de solunda kalacaktır. Alıcıdan gelen geri besleme bilgisine göre pencerenin sol yanı işaretçiye yanaşırken sağ yanı da pencere büyüklüğünü sabit tutacak kadar sağ yana doğru uzayacaktır.



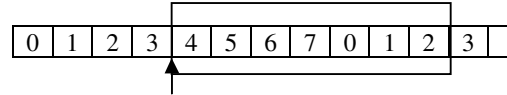
Şekil 1 Kayan pencere tekniğinde başlangıç durumunda gönderici penceresi

Gönderici 0, 1, 2, 3 numaralı çerçeveleri yollayınca pencere içindeki işaretçi bir sonraki turda yollanacak çerçeveyi gösterecek biçimde sağa doğru ilerler. (Şekil 2). Ancak alıcıdan yollanan 0, 1, 2 ve 3 numaralı çerçevelerin alındığına dair bir geri besleme gelmediği için bu çerçeveler yollanmış ancak alındı bilgisi gelmemiş olarak değerlendirilirler ve tampon bellek alanında tutulmaya devam ederler



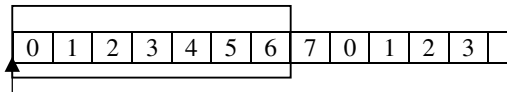
Şekil 2 Kayan pencere tekniğinde çerçeveler yollandıktan sonra gönderici penceresi

Alıcıdan 0, 1, 2 ve 3 numaralı çerçevelerin alındığına dair bilgi geldikten sonra² göndericinin penceresi doğru iletilen çerçeve sayısına bağlı olarak sağa doğru ilerleyecektir. (Şekil 3) Çerçevenin sağa kayırılması ile pencerenin solunda kalan çerçeveler alıcıya doğru olarak iletildikleri için tampon bellek alanından uzaklaştırılmış olurlar. Pencere sağa doğru kaydırıldığında içine yeni çerçeveler alınmış olacaktır.



Şekil 3 Kayan pencere tekniğinde alındı bilgisi geldikten sonra gönderici penceresi

Alıcı Penceresi (Receiver Window): Kayan pencere tekniğinde alıcı ile göndericinin pencere büyüklükleri aynı olması gereklidir. Şekil 4'de alıcı penceresinin başlangıç durumu gösterilmiştir. Pencerenin başındaki işaretçi doğru olarak alınan çerçevenin tampon bellek üzerinde nereye yerleştirileceğini göstermek üzere kullanılmaktadır.

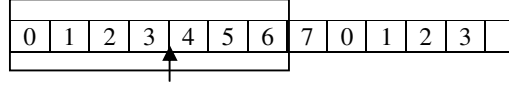


Şekil 4 Kayan pencere tekniğinde başlangıç durumunda alıcı penceresi

Alıcı doğru olarak aldığı her çerçeveyi kendi penceresi içinde uygun yere yerleştirdiğinde işaretçi sağa doğru ilerleyecektir. Pencerenin başı ile işaretçinin gösterdiği nokta arasında kalan çerçeveler doğru alınmış olup bunlar içim gönderene geri besleme bilgisi yollanmamıştır. (Şekil 5)

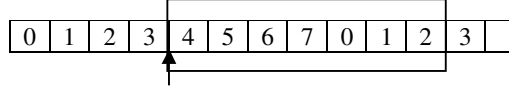
¹ Çerçeve büyüklüğünün neden 2^n-1 şeklinde belirlenmesi gerektiği 0 numaralı başlık altında açıklanmıştır.

² Alındı bilgisinin birden fazla çerçeveyi birden kapsayacak şekilde nasıl yollanacağı kullanılan protokol yapısına uygun şekilde ileride açıklanacaktır.



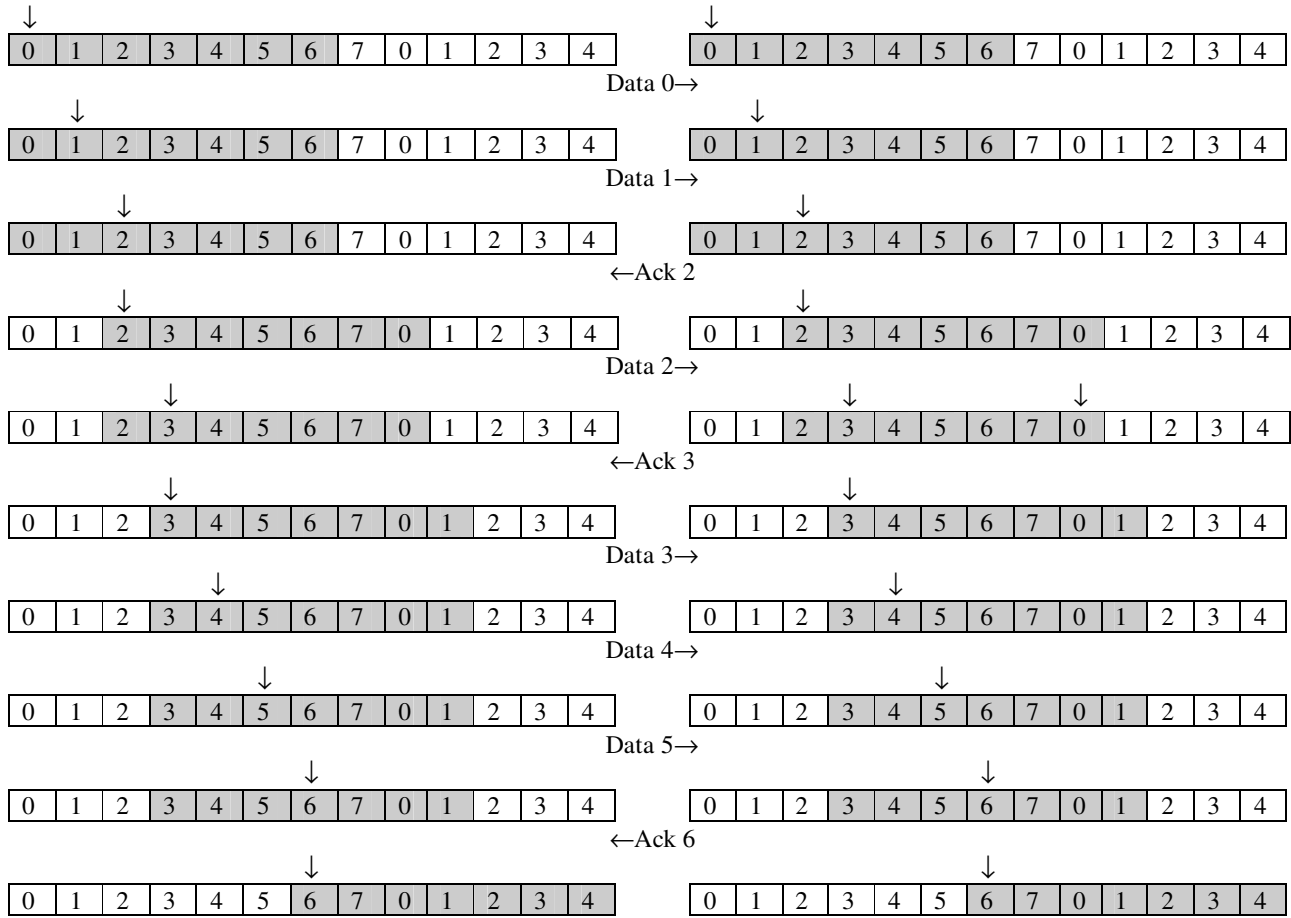
Şekil 5 Kayan pencere tekniğinde çerçeve alındıktan sonra alıcı penceresi

Alıcı geri besleme bilgisini her çerçeve için bağımsız olarak yollayabileceği gibi birkaç çerçeve için bir tane alındı çerçevesi de yollayabilir. Alıcının geri besleme bilgisini yollamasını takiben kendi penceresini de uygun şekilde kaydırması gerekir. Alıcının aldığı tüm çerçevelere bir seferde geri besleme yollamasını takiben pencere sağa kaydırılacak ve alındı bilgisi yollanan çerçeveler tampon bellekten çıkartılarak yerine yenileri dâhil edilecektir.

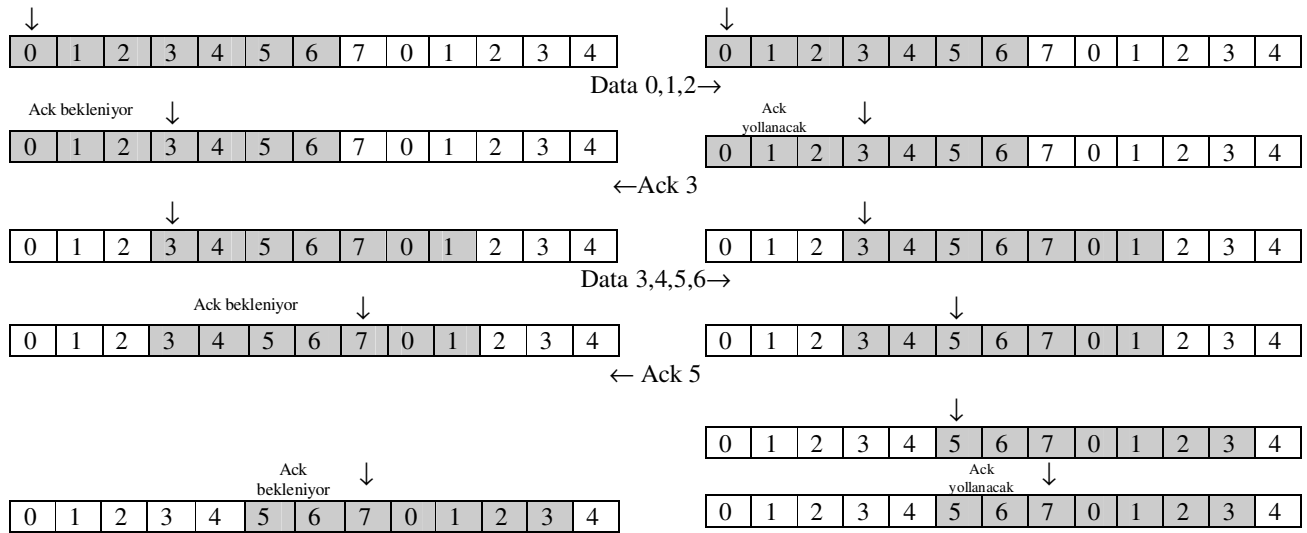


Şekil 6 Kayan pencere tekniğinde geri besleme bilgisi yollandıktan sonra alıcı penceresi

Tablo 1 Kayan pencere akış kontrol uygulaması-1



Tablo 2 Kayan pencere akış kontrol uygulaması -2



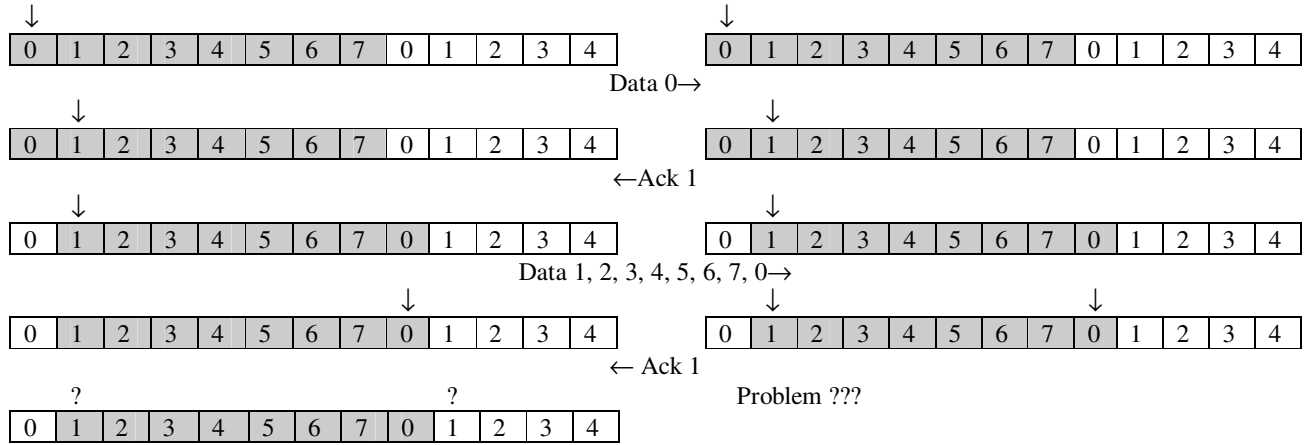
1.3 Neden pencere uzunluğu (window size) 2^n-1 dir?

Pencere büyüklüğünün neden 2^n değil de (2^n-1) olarak kullanıldığını anlayabilmek için öncelikle pencere büyüklüğünün 2^n olması durumunda ne tür bir problem olacağını görmek faydalı olacaktır. Pencere büyüklüğümüz 8 olarak ($n=3$) kabul edilmiş olsun. Gönderici 0 numaralı çerçeveyi yollamış ve buna karşılık olarak alıcı ACK 1 çerçevesini yollamış olsun. Gönderen, alıcının yolladığı alındı bilgisi uyarınca 1 numaralı çerçeveden itibaren sıradaki çerçeveleri pencere sınırlarında içinde olmak kaydıyla herhangi bir alındı bilgisi beklemeeksizin yollasın. Bir süre sonra da alıcıdan kendisine ACK 1 çerçevesi geldiğini düşünelim. Bunun geri besleme bilgisi iki farklı anlam taşıyabilir (Tablo 3).

1. Alıcı yollanan tüm çerçeveleri almış ve bunların tamamına birden bir çerçeve ile cevap vermiştir. Alıcı bu durumda almayı beklediği çerçeve numarasını göndericiye iletir. Gelen alındı bilgisine göre gönderici penceresini sağa kaydırarak sıradaki 1 numaralı diğer çerçeveden başlayarak çerçeveler yollanacaktır.
2. Alıcı tarafından son yollanan geri besleme bir şekilde ağ üzerinde tekrarlanmış olabilir. Bu durumda alınan geri besleme göndericinin yolladığı çerçeveler için yollanmış olmayıp böyle değerlendirilmesi durumunda bazı çerçeveler alıcıya ulaşıp ulaşmadığı doğru anlaşılamadan göndericinin penceresinden (dolayısıyla tampon belek alanından) çıkarılacaktır.

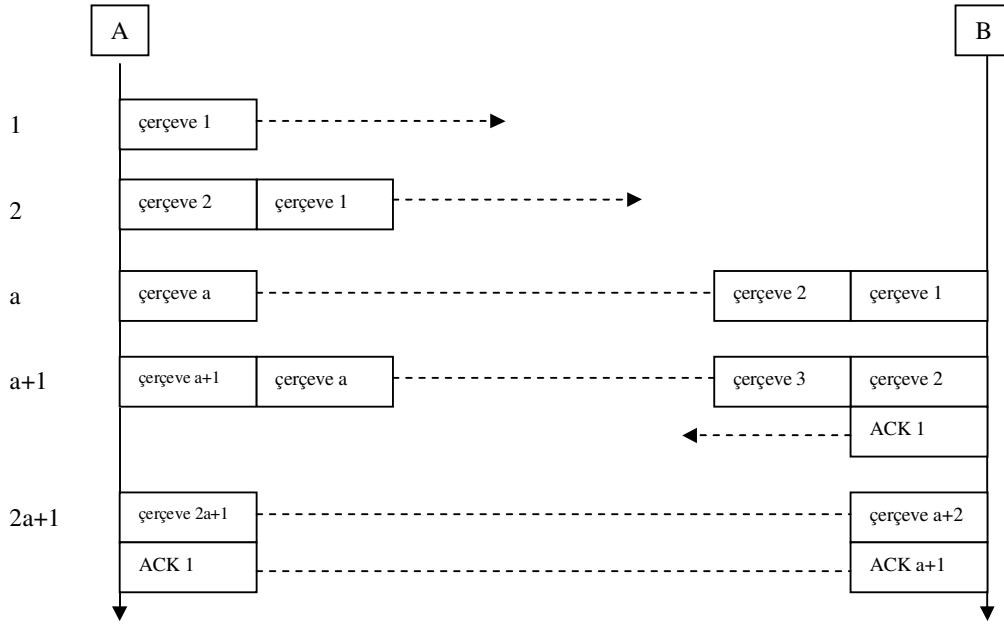
Yukarıda açıklanmaya çalışılan senaryo birbiri ile iki durum oluşturmaktadır. Bunun nedeni de pencere büyüklüğünün 2^n olarak seçilmesidir. Bu problemi ortadan kaldırmak için pencere büyüklüğünün 2^n-1 olarak seçilmesi gereklidir.

Tablo 3 Pencere büyüklüğünün 2^n olması durumunda yaşanan problem



1.3.1 Kayan pencere (Sliding window) kullanım oranı

Dur ve bekle akış kontrol tekniği kullanılması durumunda iki uç arasındaki hattın kullanım oranının düşük olabileceğini görmüştük. Kayan pencere akış kontrol tekniğinde kullanım oranını hesaplayabilmek için dur ve bekle akış kontrolü için belirlediğimiz a sabitinden yararlanıp $t_{\text{frame}} = 1$ olarak kabul edersek, $t_{\text{prop}} = a$ olacaktır. Kayan pencere akış kontrolündeki hat kullanım oranında pencere büyüklüğünün (w) değeri belirleyici rol oynamaktadır. Eğer $w \geq (2a + 1)$ seçilir ise çerçeve 1'e ait alındı bilgisi, gönderici tarafındaki (A) pencere³ boşalmadan gelmiş demektir (Şekil 7). İletimin bu şekilde sürmesi durumundan gönderici penceresi boşalmadan daha önce yollanan çerçevelerin alındı bilgisi göndericiye gelmiş olacak bu sayede iletişim sırasında hiçbir bekleme olması gerekmeyecektir. Doğal beklemenin olmaması hat kullanımının %100 olmasını sağlar.

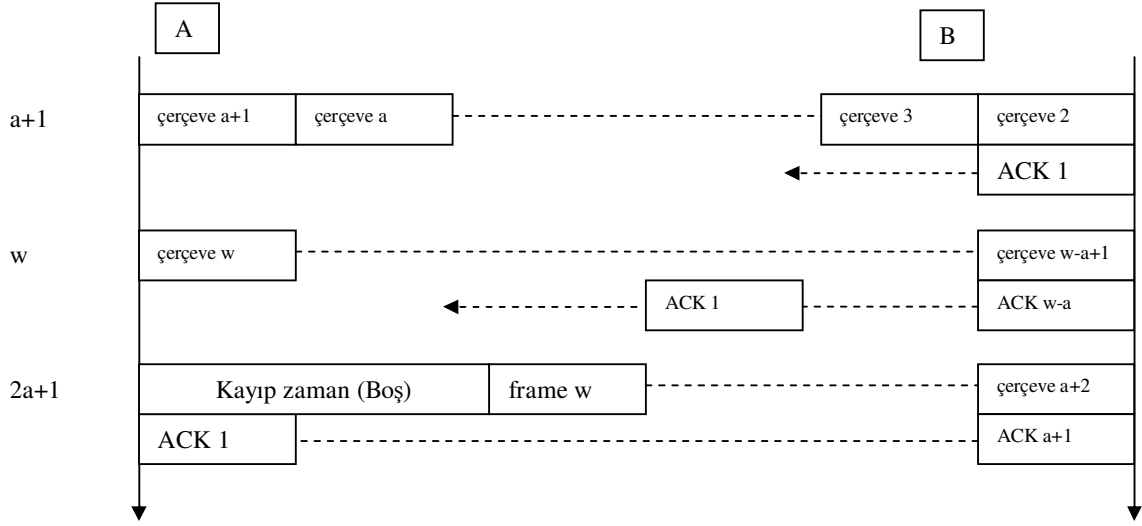


Şekil 7 Kayan pencere akış kontrolü: Pencere büyüklüğünün ($w \geq 2a+1$) olması durumu

Pencere büyüklüğü $w < (2a+1)$ olması durumunda ise gönderici penceresi sınıra dayanmasına rağmen alıcıdan (B) daha önce yollanmış olan çerçevelere yollanan alındı çerçeveleri göndericiye erişmemiş olacaktır. (Şekil 8) Bu durumda $(a+1)$ birim süre zarfında w tane çerçeve yollanabilmiştir. Buna göre hat kullanım oranı için

$$U = \frac{w}{2a+1} \text{ Formülü bulunur.}$$

³ Pencere büyüklüğü $W=2^n - 1$ olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 8 Kayan pencere: Pencere büyüklüğünün ($w < 2a+1$) olması durumu

Genel olarak pencere büyüklüğünün $w=7$ seçilmesi pek çok uygulama için yeterli bir sonuç vermektedir. Ancak a sabitinin büyük olduğu ($t_{prop} > t_{frame}$), yüksek hızlı geniş alan ağlarında pencere büyüklüğü $w=127$ olarak seçilmektedir.

Kayan pencere akış kontrol tekniğindeki hat kullanım oranlarının pencere büyüklüğüne⁴ bağlı tek bir formül olarak ifade etmek gerekir ise;

$$U = \begin{cases} 1 & w \geq 2a + 1 \\ \frac{w}{2a + 1} & w < 2a + 1 \end{cases} \text{ olacaktır.}$$

⁴ Dur ve bekle akış kontrolü kayan pencere akış kontrolünün pencere büyüklüğü $w=1$ olduğu özel bir durumdur. Bu özellik her iki akış kontrol tekniğinin hat kullanım oranları incelendiğinde de görülmektedir.