

動態排時複存取標準格式之設計

Dynamic Scheduling Multiple Access Protocol Design and Analysis

任 德 盛

香港中文大學電子系

周 勝 鄰

國立交通大學電子計算機工程研究所

夏肇毅 王俊基 林世勳

國立清華大學電機工程研究所

(接受刊載日期：71年11月16日)

摘 要

在本論文中，提供一套動態排時複存取的協定——Dynamic Scheduling Multiple Access (DSMA) Protocol，它使計算機網路能正常的在超重的負荷下工作，避免了一般網路於負荷超重下性能急速下跌的缺點。在排時 (schedule)，我們以二分尋找法 (binary search) 取代直線性尋找法 (linear search)，將網路的性能大幅度的提昇。在可行性方面，我們亦對建立這網路所應考慮的實際問題加以討論，使 DSMA 協定成爲一套完整的網路協定，值得日後在要求高性能的系統中使用。

一、前 言

在近幾年中，近距離網路 (local network) 不斷的在發展，而複存取 (multi-access) 的架構爲這種網路的主流。用複存取的方式，大家便可以共用一個通訊管道 (channel)，每一使用者只要一對收發裝置接到這管道就可以和這網路的每一個使用者通訊。這種方式使得整個系統的花費降得很低，結構也變得單純的多。

因爲複存取的方式是大家共用一個通訊管道，要如何協調衆多的使用者，使它們在傳送訊息時不

會互相干擾，就成了複存取方式最重要的課題。有許多協定 (protocol) 提供了協調複存取的方法，如 TDMA, FDMA, ALOHA, CSMA 等。起先只是爲了使每個使用者的訊息能順利的傳出，慢慢的，就開始要求提高管道的使用率，及降低使用者的等待時間，而且也要求要有優先權的設置。在此，我們把一些現有的協定，做一個概括的介紹：

1. 固定分配類 [5] (Fixed Assignment Technique)

傳統的通訊上，將來自許多不同管道的訊息組

合後，再從單一管道送出的方法有分時調制 (TDM)，分頻調制 (FDM) 等。將這些調制法應用在複存取網路上就成了分時複存取 (TDMA) 與分頻複存取 (FDMA)：

(A)TDMA：在區域網路中，若把時間分成許多小時段，每一個使用者固定在某個時段中送出自己的訊息，就叫分時複存取法 (TDMA)。在 TDMA 中，一個時段只屬於一個使用者，就算這使用者不送出任何訊息，其它使用者也不可佔用這時段。因此，TDMA 不會發生訊息互相干擾的現象，每個使用者的訊息都可以安全的送出去。使用 TDMA，必須有系統的同步訊息，使每個使用者能正確的認出自己的時段，否則，將使各使用者因為對自己的時段判斷錯誤，而造成訊息相互干擾的後果。

(B)FDMA：如果每個使用者把自己的訊息用不同的頻率加以調制後再送入通訊管道，就叫做分頻複存取 (FDMA) 方式。在 FDMA 中，不同調制頻率的間隔必須大於訊息的頻寬 (bandwidth)，否則訊息將相互干擾，而無法正確的傳送。

使用 TDMA 就如同把一個一定頻寬的通訊管道分成許多頻寬較小的管道，每個使用者使用一個。而 FDMA 就如同把許多固定頻寬的管道合併，變成一個容量大的通訊管道。這兩者都是固定的把管道分配給使用者，當他們不使用時，其它使用者並沒有辦法移用這些管道。然而在資料通訊中，訊息往往是一陣陣發生的，因此，以 TDMA 或 FDMA 固定的分配管道給使用者，在使用效率上來講，是一個很大的浪費。所以，近年來的複存取技術，大都是以下所要介紹的方式，而不用固定分配。

2. 隨意存取類 (Random Access Technique)

(A)Pure ALOHA [1]: 這是最早的一種隨意存取協定，也是最簡單的一種，大約在1971年左右由夏威夷大學所發展成功。這協定的內容是：各使用者可以在任意時間送出訊息，如果等待一定時間後未收到對方正確收到的通知，則表示這訊息被破壞 (也就是此時亦有另一訊息在傳送)，於是這使用者將等待一段隨意的時間後再重新送出這訊息。

由於這協定未對使用者傳送訊息未以任何限制，因此，一旦網路上負荷加重時，過多的訊息將使網路上不斷的發生碰撞 (collision)，使網路的性能下降。為了改善這缺點，所以就有 slotted ALOHA 產生。

(B)Slotted ALOHA [7]: 這些協定與 Pure ALOHA 相同，只是系統中多了一個同步訊號，每個使用者要在同步訊號發生時才能傳送訊息。多了這個限制，使得訊息碰撞機會減少，而使網路的性能較 Pure ALOHA 提高了一倍。

(C)CSMA (Carrier Sense Multiple Access) [4]: 在 ALOHA 的系統中，若是能想辦法減少訊息碰撞的情況，性能將會提高許多。CSMA 就是針對這點，將 ALOHA 系統的訊息傳送，加以方式制限讓使用者在傳送訊息之前，先檢查通訊管道上是否已有訊息在傳送。如果已經有人在傳送了，則自己若現在傳出，只會造成碰撞，因此要等到別人傳完後再送出訊息。有了這層檢查，使 CSMA 在性能上，比 ALOHA 系統高出了許多，而成為近年來較通行的複存取協定。

3. 排時複存取類 (Scheduling Multi-Access)

除了以上所介紹的隨意存取的協定外，在複存取的網路中，還有一種排時複存取協定，它包括了 MSAP[3], BRAM [2] 等，各協定的共同點為：先有一段排時的時間，決定出那一個使用者可以傳送訊息，再由這使用者把訊息送出。各協定是以排時方法及優先權的設定為其特色。現以 MSAP 為代表，來說明這類協定的特色。

(A)MSAP (Mini-Slot Alternating Priority) [3]: MSAP 在排時的過程中，以時格 (Slot) 的劃分來代表各個使用者。每一使用者有一相對的時格，以優先權的高低依序排列，高的在前，低的在後。若使用者想傳送訊息，且優先權比他高的使用者都沒有送出訊息的話 (即在他之前的時格都是空的)，他就可以從他所屬的時格起，傳出它的訊息。傳完之這，這使用者的優先權變成最低的一個，優先權比他低一位的使用者會變成最高優先。整個優先權的次序，都是依照這規則循環變化。

由此可發現，MSAP 是以直線性尋找法找出

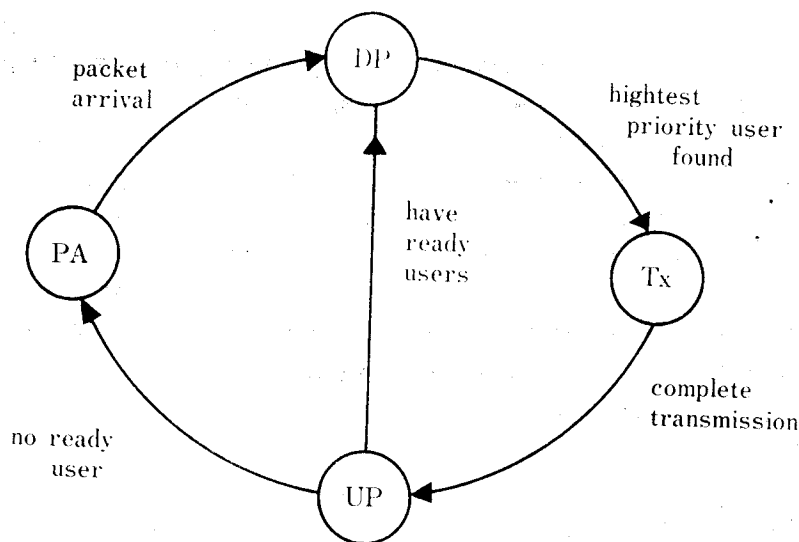
最高優先的使用者，當網路中有大量使用者時，排時將花費相當的時間。在本論文中，我們提出 DSMA (Dynamic Scheduling Multi-Access protocol) 以二分尋找法取代 MSAP 的直線尋找法，節省了許多排時的時間，在以下各節中，將對 DSMA 做詳細的介紹。

二、DSMA 協定內容

DSMA 共有五個狀態 (State)：

- ①全測——probe-all (PA)
- ②下測——down-probe (DP)
- ③傳送——transmission (Tx)
- ④上測——up-probe (UP)
- ⑤中斷——Interrupt-mode (IM)

其關係轉換圖示於圖一。各個狀態的功能分述如下：



圖一、DSMA 中的狀態轉換圖。

Fig 1. State diagram of DSMA.

(1)全測 (PA)

PA 是起始狀態，它的目的在於偵測使用者傳送訊息的意願。有使用者想傳送訊息時，就在 PA 中送出載波，使大家離開 PA，而在下個時格中進入 DP 以決定那個使用者有權傳送訊息，否則依舊停在 PA 狀態。

(2)下測 (DP)

在 DSMA 協定中，每個使用者有個優先權記錄器記錄本身的優先權，若記錄器有 n 個位元 (bit)，則定 0 為最高優先，而 $2^n - 1$ 為最低。第 $n-1$ 位元為 MSB，第 0 位元為 LSB。DP 是讓想傳送訊息的使用者，在 DP 的第 k 個時格中以載波表示第 $n-k$ 位元的內容 (當這位元為 0 時，送出

載波；為 1，則不動作)。若使用者發現某一時格中有載波出現，而自己却未曾在這時格中傳送載波，則這使用者在這次 DP 的競爭中會被阻擋，要等待下一次的排時再來爭取傳送的機會。在 DP 的第 k 個，也是最後一個時格中，未曾被阻擋的使用者如果他的第 0 位元為 0，就可以從這時格起進入 Tx 狀態傳送訊息，否則就要等第 k 個時格中無人傳送後，到第 $k+1$ 個時格再傳出訊息。

經過 DP 的這番過程，能留到最後而未被阻擋的人，就是這許多想傳訊息的使用者中，優先權最高的一位。DP 挑出這使用者，共花了 n 或 $n-1$ 個時格的時間。

(3)傳送 (Tx)

在傳送狀態時，得到傳送權的使用者把訊息傳

出，傳完後，其優先權將變成最後一位。而優先權低於他的使用者把優先權向上提昇一位，高於他的使用者維持原狀。變更後就進入UP，繼續決定下一個傳送訊息的使用者。

(4)上測 (UP)

在Tx狀態後，原可直接跳到PA狀態。我們加入UP的原因，是爲了在負荷重的時候，節省排時的時間。想傳送訊息的使用者在UP時檢查自己的優先權記錄器，若記錄器中由MSB到LSB的方向第一個1出現在第k位元時，那麼他將在第k+1個時格中送出載波，以表示有訊息傳送。與DP相同的，UP的時格中若有載波存在，而自己並未送出載波，會被阻擋到下次再參加排時。

一旦UP第i個時格中發生載波，下一時格將進入DP，而從第i-2個位元起下測。因爲在i時格中有載波，表示第一個1發生在第i-1位元，也就是說最高優先權的那個使用者的第n-1位元到第i-1位元的數值都已定出，所以只要到DP中再定出第i-2到第0位元的數字就可。

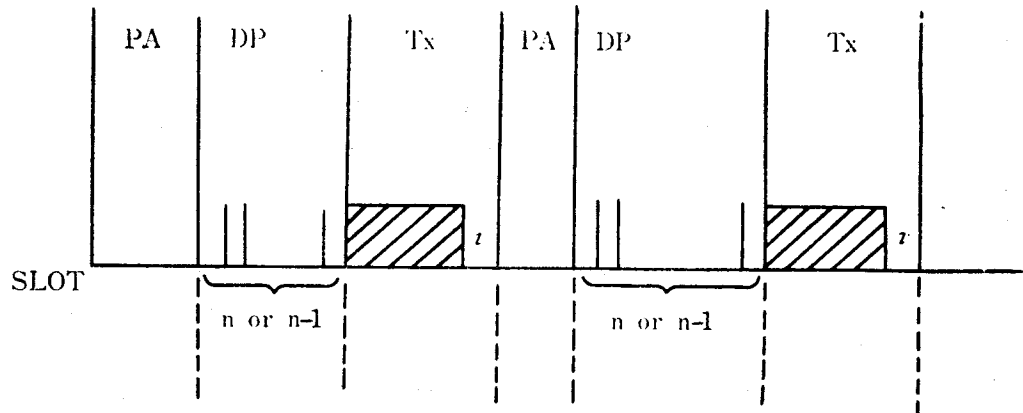
在UP中，有兩個特殊的優先權，一個是優先權0，一個是優先權1。優先權0的使用者若有訊息要傳，可以從第一個時格起直接傳送。優先權1的使用者若見到第一個時格中沒有人傳送，那麼他便可以在第二個時格中進入Tx狀態將訊息傳出。除了這兩個特例之外，其餘的都會先進入DP後再傳送。

(5)中斷 (IM)

中斷是因爲有新的使用者加入或離開，或是系統修護而產生的狀態，平常不容易發生，我們在下節會加以介紹。

以上五個狀態就是DSMA的定整協定。在發展這協定的同時，我們亦發展了一些變化的協定，包括SDSMA (Simplified DSMA) 與SDSMA/SA及DSMA/SA，現在分述如下：

1.SDSMA——SDSMA是把DSMA簡化，刪去了UP狀態，每次Tx狀態完後就進入PA狀態重新開始(如圖二)。



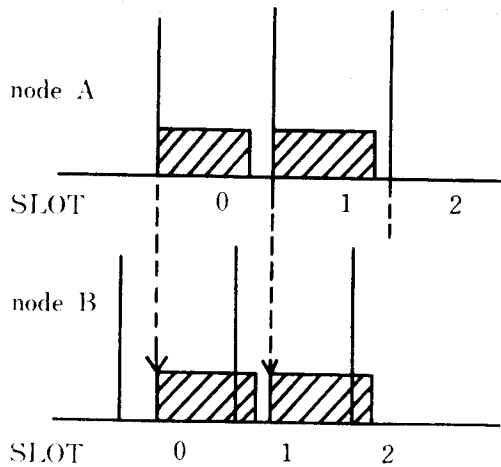
圖二、SDSMA的時序圖。

Fig 2. Timing diagram of SDSMA.

2.SDSMA/SA與DSMA/SA (SDSMA with sync. adjustment 與 DSMA with sync. adjustment) ——

SDSMA 與 DSMA 在系統負荷非常低的時候，會一直在PA狀態裏。但由於每一個使用者內部

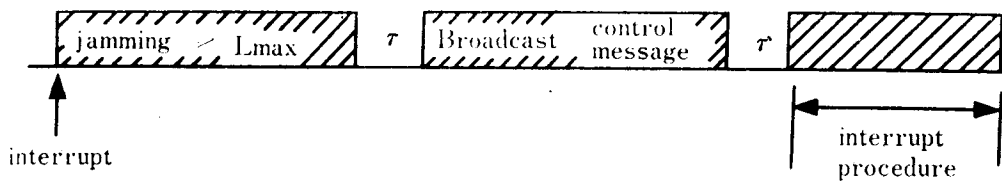
計算 Slot 寬度的時基 (time base) 多少都有一點誤差，時間一久，彼此對時格的計算會發生不同步的現象。像在圖三裏，使用者A的載波是發生在第一時格，但因不同步使得使用者B看起來好像第一、二時格中都有載波，這誤差將使排時發生錯誤。



圖三、因時基不同步而發生的錯誤。
 Fig 3. Asynchronous because of time base error.

爲了校正這種偏差，平常可以用訊息的結束點做時格的同步訊息，但在負荷十分低的時候，就缺乏了這些信號。SDSMA/SA 與 DSMA/SA 是在 SDSMA 與 DSMA 協定中，一旦偵測到大於 M 秒中沒有訊息發生，使所有的用戶都傳出一個同步訊息，讓各使用者的時格得以同步。多了這同步訊息的設置，免除了系統發生不同步的危險，提高系統的穩定度。

以上是各種變化的 DSMA 協定，但在實際的



圖四、標準之系統中斷程序。
 Fig 4. Standard system interrupt procedure.

先發出一個大於 L_{max} 之干擾信號 (L_{max} 是最大可能訊息的長度)，經過 τ 後，再發出一個廣播訊息 (Broadcast message) 通知大家現在是進行何種中斷程序，是由誰發起的，之後再進行各種中斷程序的工作，然後再恢復正常。

當兩個使用者都發出中斷程序，以最後發生的爲合法。

下面，我們將介紹各種中斷程序的工作。

系統中，光有這協定並無法把系統建立起來。因爲沒有使新使用者加入系統的方法，也沒有提供方法讓新使用者與系統間取等同步，而且一旦系統發生混亂，也沒有修護的功能。因此，在下節中，我們將提供一套完整的中斷程序，讓使用者得以依照這程序加入，脫離或修護這系統。

三、系統中斷程序 System Interrupt Procedure) —— 加入使用者，去除使用者與修護 (Recovery)

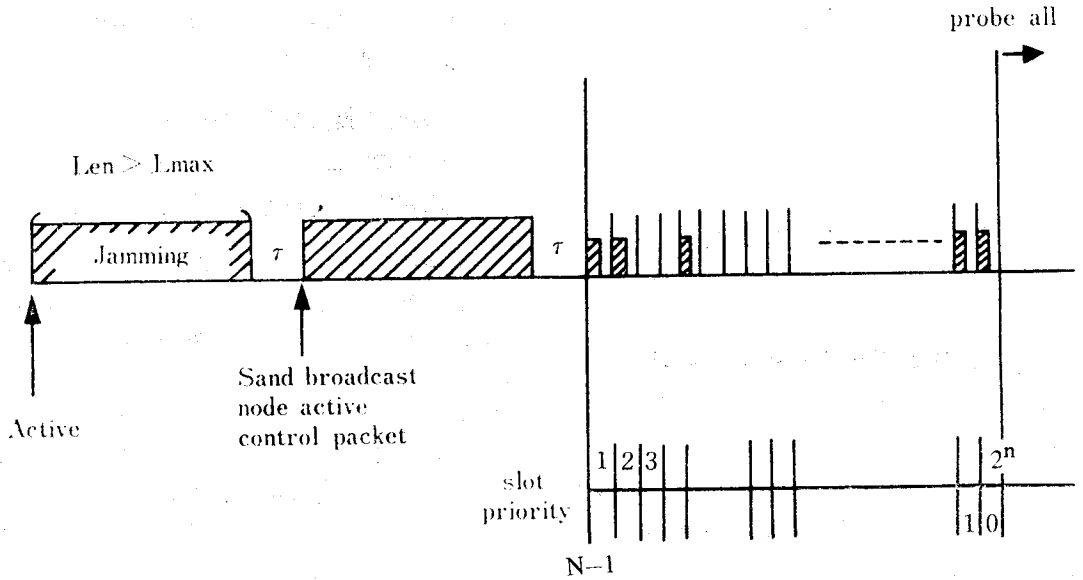
各種排時協定，如 MSAP[3], BRAM[2] 等，對於干擾都非常敏感。外來的干擾可能使排時發生錯誤，或使少數使用者發生優先權重覆的可能，這些都是急需解決的問題。在上述各報告中，都沒有提到如何修護錯誤，如何加入使用者，或如何去除使用者。在本節中，我們將提出一個完整的程序，使系統的錯誤或變動都有一個合適的方法解決。

當系統要加入使用者，去除使用者或修護故障時，都可經由系統中斷程序來完成。這程序可由任何一個使用者引發。當一新使用者想加入這系統時，它會發起中斷程序，以得到一優先權的號數；當一使用者想離開這系統，它也可以發起中斷程序，以便讓出這優先權；當一使用者發現訊息老是傳不出去時，他可以發起中斷程序，以修護故障。這些系統中斷程序有一固定的形式 (圖四)：

(1) 加入新使用者：當一個使用者打開電源，要加入網路的行列時，它就送出一個干擾信號，其長度可以是 $1.5 L_{max}$ 或 $2.0 L_{max}$ 。當各使用者發現信號 $> L_{max}$ 時，就知道有人發起了中斷程序。而新加入的使用者在干擾信號完後，再等 τ 時間送就出一個廣播訊息 (Broadcasting) 內容爲有新使用者加入。等這訊息一完，經 τ 時間後就依自己的優先權次，度由低而高，在屬於自己的時格中送出載

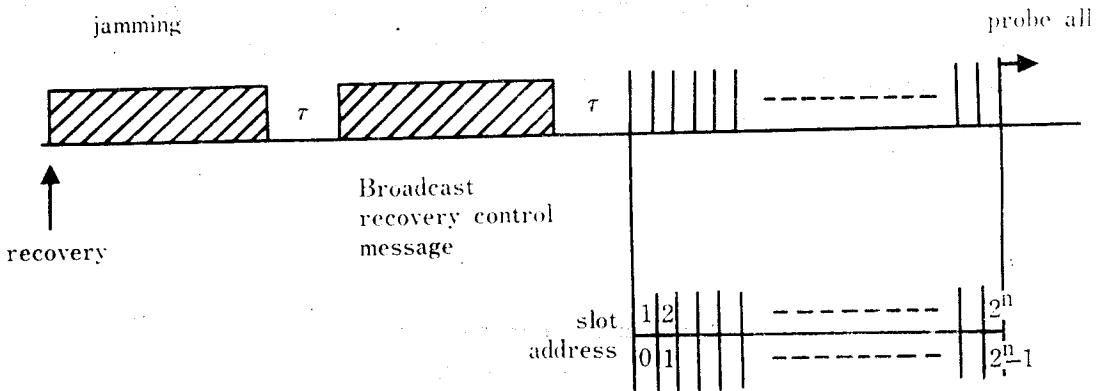
波。例如優先權值為 $N-1$ 者為最低優先，它會在第一個時格中送出載波。優先權為 0 者在第 N 個時格中送出載波。如此，各優先權是否有人佔用，可

以很明顯的看出。新加入的使用者就選擇那個最低而沒人使用的優先權為自己的優先權，這樣就完成加入新使用者的程序（圖五）。



圖五、增加使用者約系統中斷程序。

Fig 5. Interrupt procedure for new user activating.



圖六、修復程序。

Fig 6. Recovery procedure.

(2) 去除使用者：當使用者要關掉電源，離開系統時，它也是先發起干擾信號，然後再發出一個廣播訊息，內容為去除使用者，上面有他的優先權。如此就完成了整個程序。其它使用者得到這通知後，優先權低於於它的使用者就把優先權提高一級，優

先權高於他的則不動。

(3) 修復故障 (Recovery)：任何一個使用者在許久傳不出一個訊息的情況下，可以發起修復故障程序。修復程序的開始也是先送一個大於 L_{max} 的干擾信號，然後發起的修復程序使用者再送出一

個廣播訊息，通知大家修護，此後修護步驟開始：依照自己的地址碼 (address code) 在屬於自己的時格送出載波。如地址為 0 者在第 1 個時格中送出載波，地址為 100 者，就在第 101 個時格處送出載波。每個人都注意在它送載波之前已經有多少送出載波，這個數目就是它新的優先權。比如現在有地址為 0, 3, 4, 5, 7, 8 等使用者，則

- 使用者 0 之優先權重設為 0
- 使用者 3 之優先權重設為 1
- 使用者 4 之優先權重設為 2
- 使用者 5 之優先權重設為 3

等到全部 2^n 個 slot 完後，再繼續正常操作 (圖六)

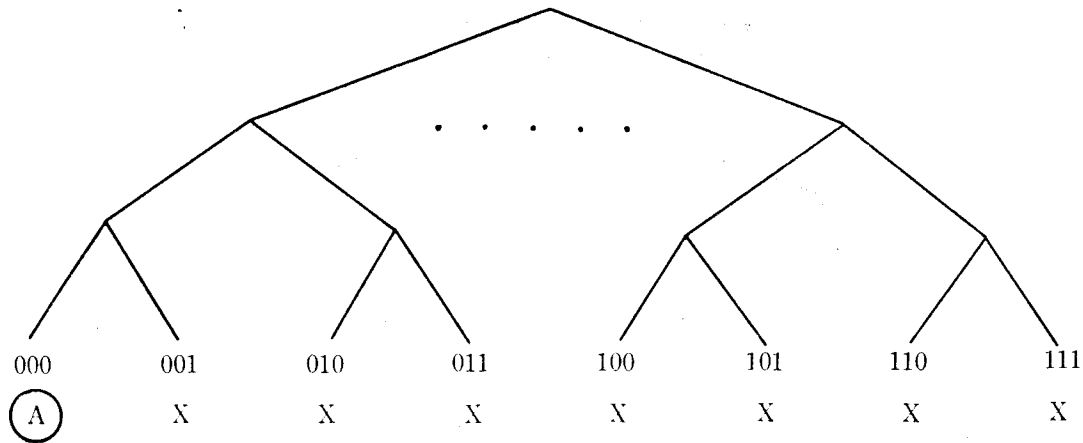
有了這些系統中斷程序，DSMA 就成爲一個完整可行的系統。我們在下一節裏以例子來說明 DSMA 的動作。

四、DSMA 操作

我們現在舉一個例子來說明 DSMA 的運作。

設一個系統最多可容 8 個使用者，所以優先權記錄度長度為 3 個位版。我們將描述使用者的加入，傳送訊息，再脫離系統的過程。

1. 使用者 A 發出中斷訊號，宣布欲加入爲新使用者。等 8 個時格後，發現沒人回答，表示沒人在系統中，所以 A 就把自己的優先權設爲 0 (圖七)



圖七、使用表 A 加入系統。

Fig 7. Node A activates.

其後，使用者 B 發出新的使用者訊號，發現只有優先權 0 有人回答，於是 B 就把自己的優先權設爲 1 (圖八)。然後 C, D, E, F, 依次宣布加入，分別得到 2, 3, 4, 5 之優先權，此時共有 6 個使用者 (圖九)。

2. 若有 B, D, E 三者想傳送訊息，於 P A 狀態時三者都送出載波，系統進入 D P。

3. 使用者 B 在 D P 的第一時格中送出載波，阻擋了 E 及 F (圖十)。

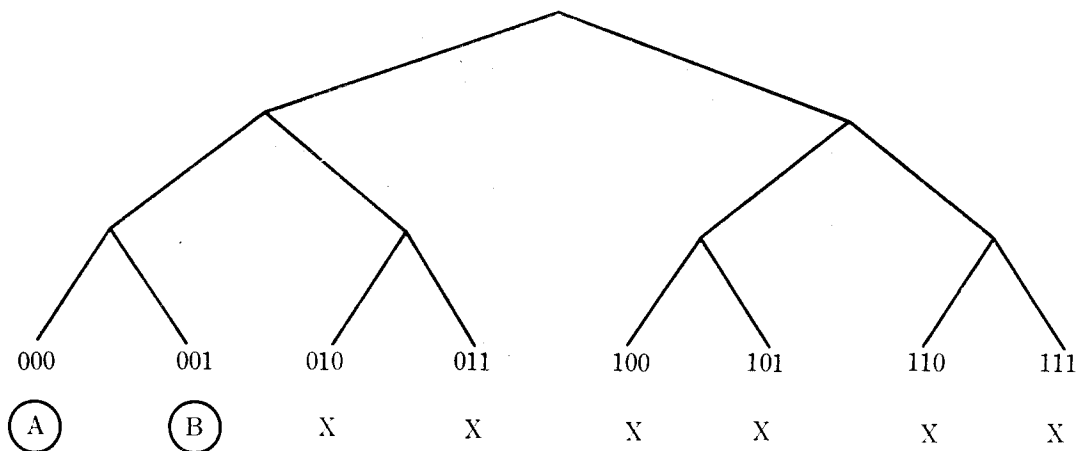
接着 B 在第二時格中又送出載波，阻擋了 C, D (圖十一)。

在第三時格中，無人送出載波，D P 狀態結束時，B 未被阻擋，因而得到傳送權，在下一時格中進入 Tx 狀態 (圖十二)。

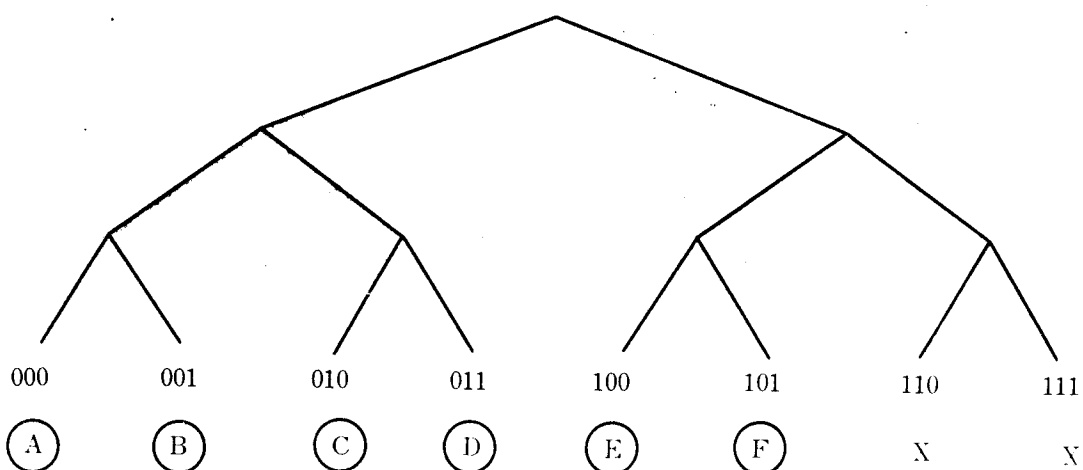
4. B 傳出訊息，所有的優先權都調整。B 之優先權變成 $6 - 1 = 5$ ，然後系統進入 U P 狀態。

5. 進入 U P 狀態後，還有 D, E 兩人想傳 (圖十三)。在第三時格時，D, E 兩者同時送出載波，然後跳到 D P，從 bit 0 開始做 D P，以決定何者優先權較高。

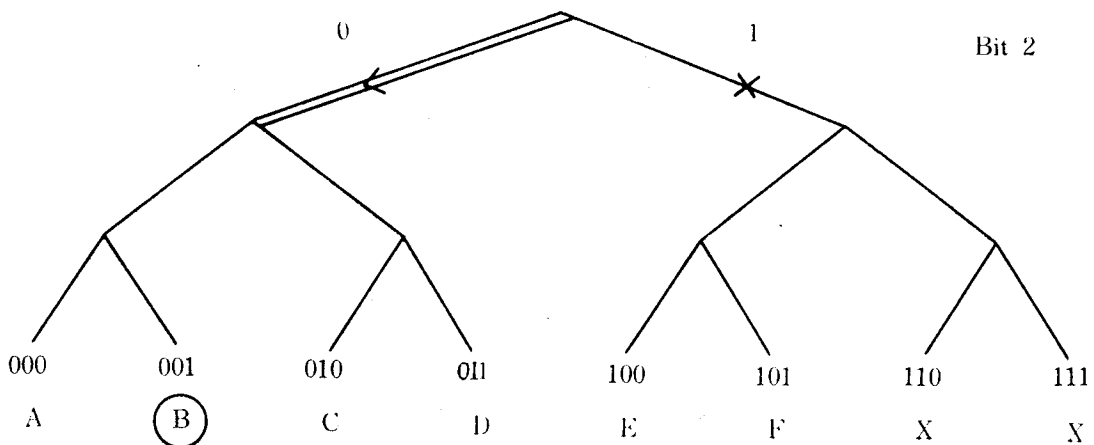
6. D P 的 slot 1，因爲是在 D P 的最後一個位元，同時 D 的第 0 位元爲 0，所以 D 就直接跳入 Tx 傳送訊息 (圖十四)。傳完後，D 之優先權變爲 $6 - 1 = 5$ ，其餘優先權在 D 之後的皆減 1 (圖十五)，然後進入 U P。



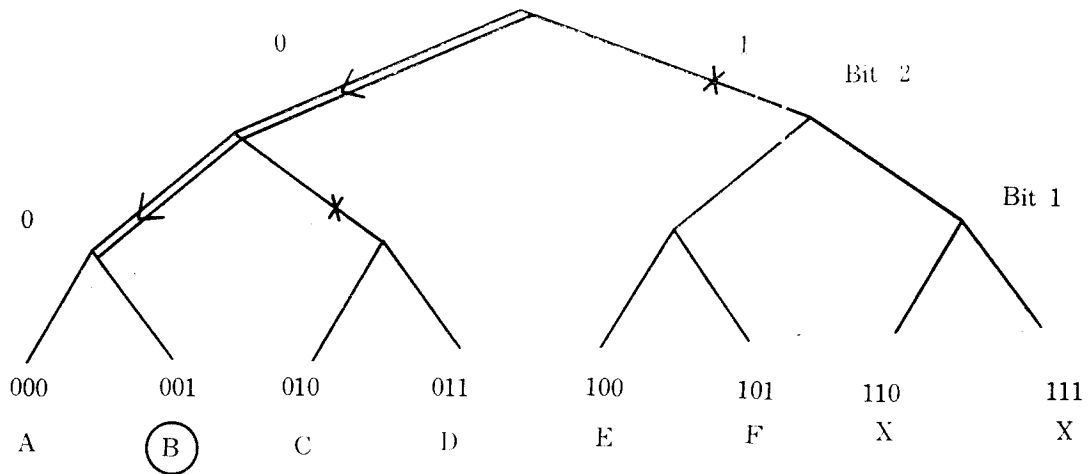
圖八、使用表B加入系統。
Fig 8. Node B activates.



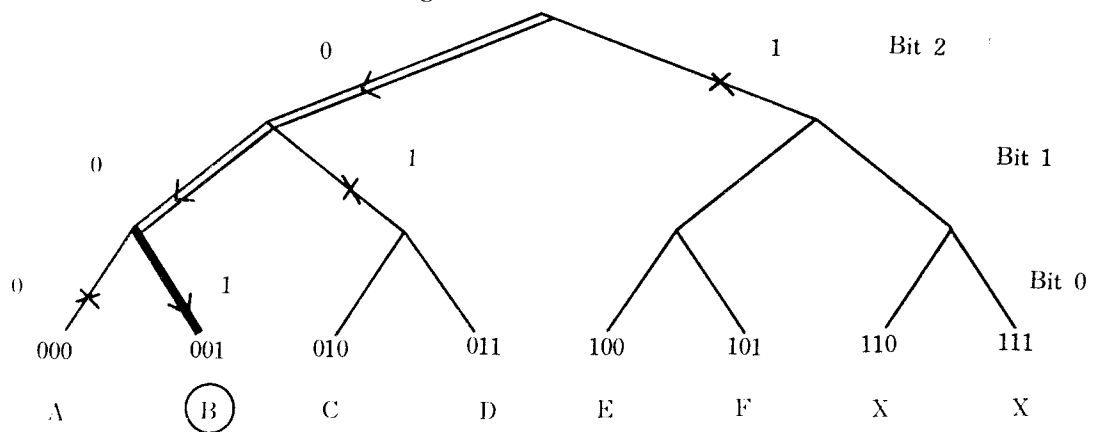
圖九、使用表C.D.E.F加入系統。
Fig 9. Node C,D,E,F, activate.



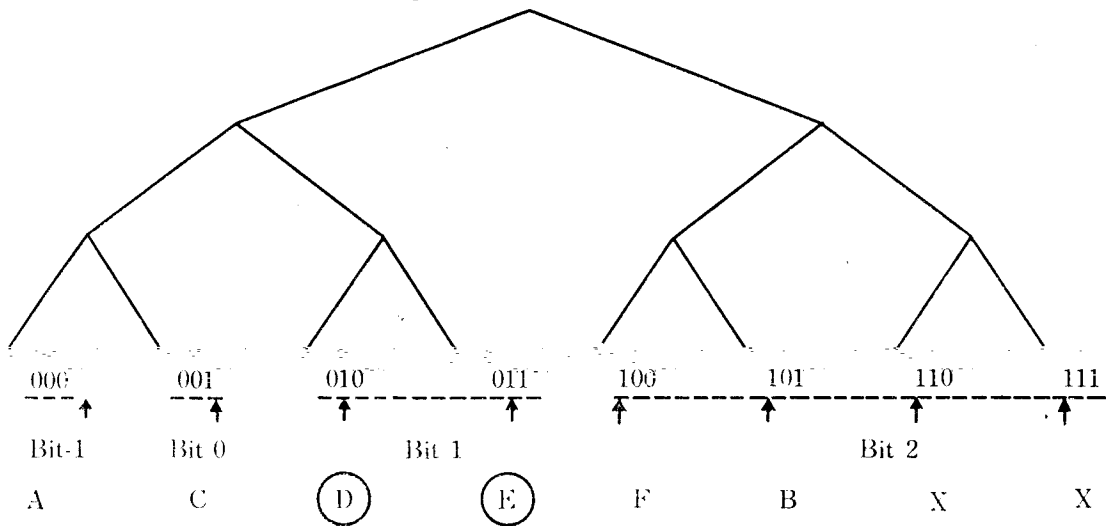
圖十、下測的第一個時格。
Fig 10. First slot of DP.



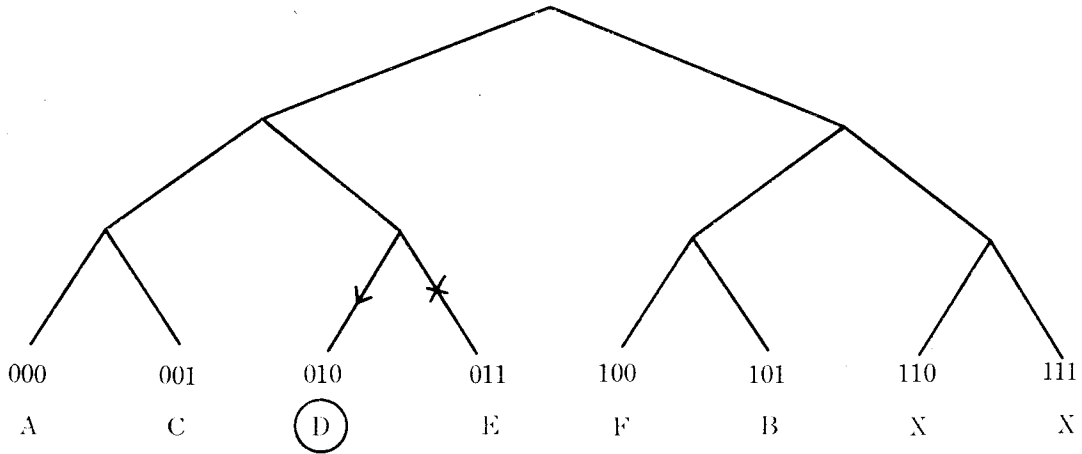
圖十一、下測的第二個時格。
Fig 11. Second slot of DP.



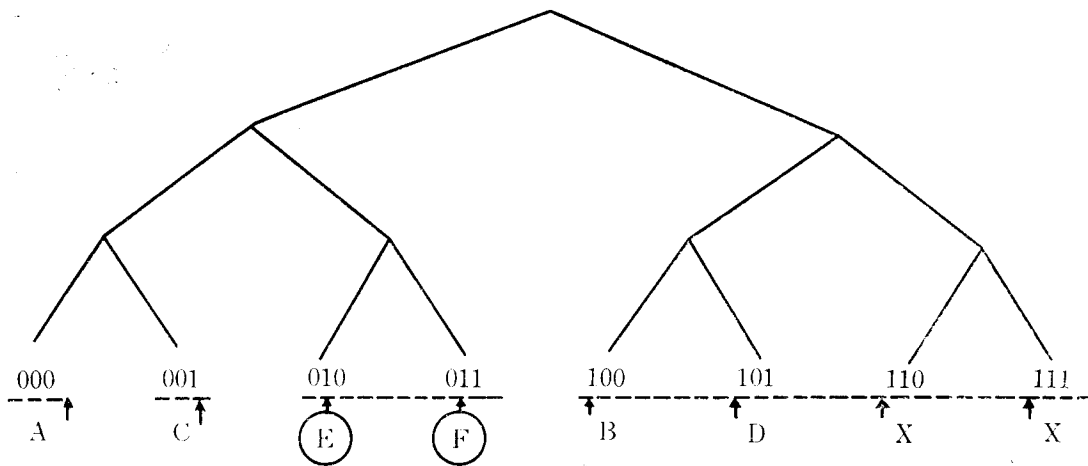
圖十二、下測的第三個時格。
Fig 12. 3rd slot of DP.



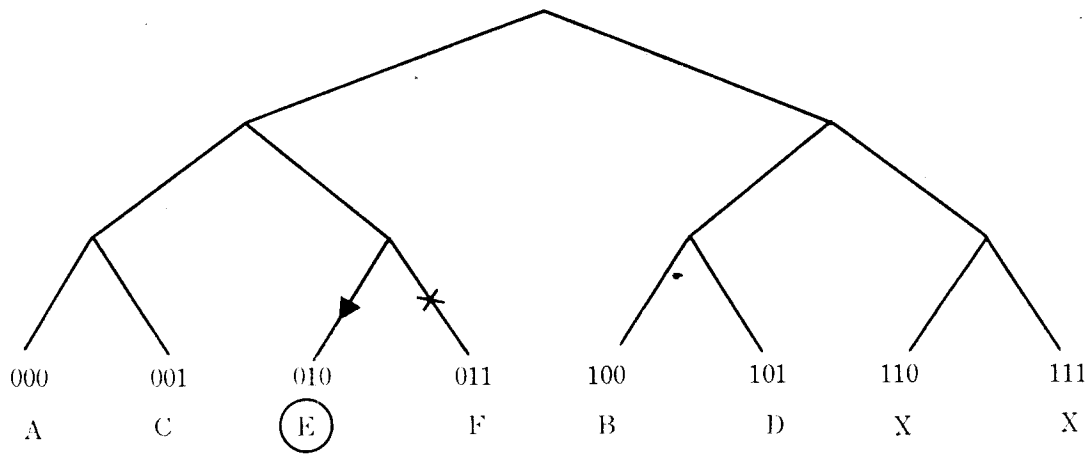
圖十三、上測的分法。
Fig 13. The groups of UP.



圖十四、使用者D得到傳送權。
Fig 14. The Node D gets the chance to Tx.



圖十五、使用者 E,F 想傳送資料。
Fig 15. Node E,F, want to Tx.



圖十六、使用者E得到傳送權。
Fig 16. E gets the Tx right.

7. UP 之第三時格，E 送載波，進入 DP 之第 0 位元，然後得到傳送權（圖十六）。等 E 傳完後，就進入 UP，E 的優先權變成 5。

8. UP 經過 4 個沒人傳送載波的時格後，就進入 PA，優先權分佈如下

```
A C F B D E X X
000 001 010 011 100 101 110 111
```

9. 若此時 F 要離開網路，則 F 發出取消使用者的中斷程序，宣布自己的優先權為 2，則優先權重排為：

```
A C B D E X X X
000 001 010 011 100 101 110 111
```

10. 若 A, B, D 先後離去，則變成下列情況：

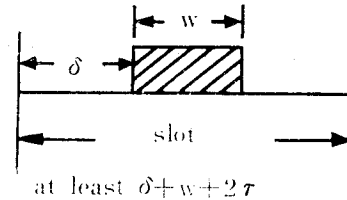
```
C E X X X X X X
000 001 010 011 100 101 110 111
```

由這個例子我們可以很清楚的了解 DSMA 的操作過程。在實際的系統中，除了這些程序外，還必須考慮許多現場因素，如傳播延遲，時基誤差等因素。在下節中，我們將討論如何來克服這些問題。

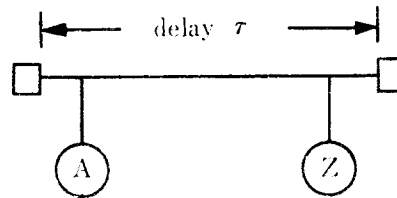
五、時格寬度與排時載波寬度的關係

τ 是整個系統的傳輸延遲 (propagation delay)，假設載波寬度為 w ，載波時格的起點的距離 δ ，即補償為 δ 。因為每一個時格是以訊息的結束點來同步，考慮最壞的情況下，A 與 Z 兩使用者據分

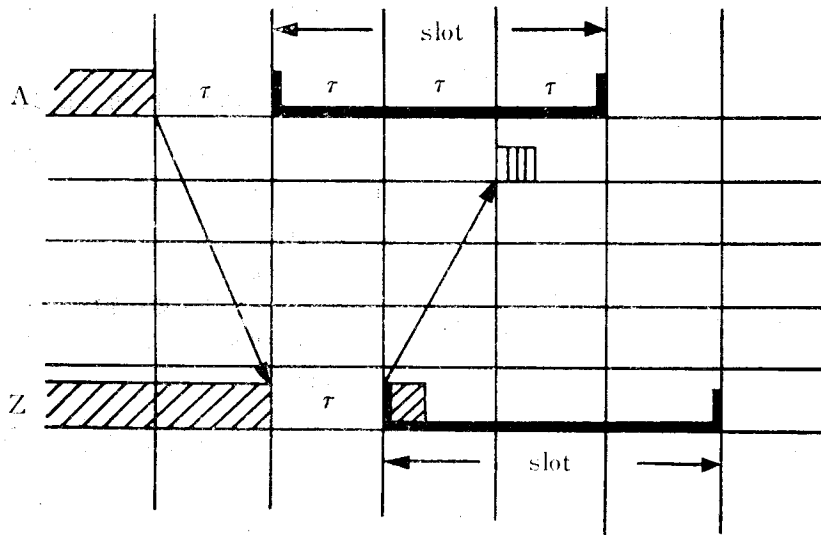
系統的兩端（圖十八），則 A 送一個訊息到 Z，兩者的同步點已相差 τ ，等 Z 再送載波出來後又經過 τ 才到 A（圖十九），兩者總共就有 2τ 的偏差。加上補償誤差與載波寬度 w ，所以時格至少需有 $\delta + w + 2\tau$ 的寬度（圖十七）才可。



圖十七、時格的詳細結構。
Fig 17. The detail of the slot.



圖十八、使用者 A, Z 在網路中的位置。
Fig 18. Position of A, Z in the network.



圖十九、足够的時格寬度可防止因傳播延遲產生的誤差。
Fig 19. Enough width of slot prevent the error because of delay.

在DSMA/SA中，若連續M秒沒有訊息，使用者就會自動發出同步訊號。這個M的大小，與δ有關。如果δ越大，M也就越大，排時的時間也就增長，所以我們希望δ越小越好。但如δ小，M也就得小，同步訊息也就會加多。因此我們要找出一個最好的M與δ的搭配。在本節中，將針對這點加以分析。

假設時基有a%的誤差，則在同步訊息發生之前會累積(M·a)/100 sec的誤差而補償量δ的大小，必須能容納這誤差。因此

$$\delta > M \cdot a / 100 \dots\dots\dots (5.1)$$

一旦M定下，δ的大小也隨之固定。現在要找出M值，使延遲減至最小。

在負荷輕的情況下，各使用者傳出訊息將不受其它使用者的影響，因此可以算是獨立的信號源，所以我們將其設成 Poission arrival。

在 Poission arrival 中，Tsec 裏有k個訊息產生的機率為

$$P(k, T) = (\lambda T)^k e^{-\lambda T} / k! \dots\dots\dots (5.2)$$

其中λ為每秒平均的訊息數。此外，假設此系統平均排時一個訊息需 Sav 個時格，而每個時格的寬度為 Ts (Ts = δ + w + 2τ) 秒，所以每秒鐘內花在排時的時間有 λ·Sav 個時格。因此，由於補償量δ使得延遲增加的量為 λ·δ·Sav sec 而因為同步訊息的發生，使得其它訊息必須多花時間等待同步訊息的結束。這情況發生在有其它訊息產生在同步訊息傳送的時候，其機率為

$$P_r = P(0, M) \cdot (1 - P(0, L_s)) \dots\dots\dots (5.3)$$

Ls：同步訊息傳送所花的時間 (sec)

即在 M sec 中沒訊息發生，且剛好在傳送同步訊息的 Ls 時間中有訊息發生的機率。其平均延遲為 Ls/2，而每秒中平均會發生λ次，所以平均的延遲為

$$D_s = \frac{\lambda L_s}{2} \cdot P(0, M) \cdot [1 - P(0, L_s)] \\ = \frac{\lambda L_s}{2} e^{-\lambda M} (1 - e^{-\lambda L_s}) \dots\dots\dots (5.4)$$

我們希望找出M，使δ與同步訊息兩者引起的延遲為最小，即使

$$D(M) = \lambda \cdot Sav \cdot \delta + \frac{\lambda L_s}{2} e^{-\lambda M} (1 - e^{-\lambda L_s}) \dots\dots\dots (5.5)$$

為最小。

在此，我們取δ = 0.01 Ma 代入5.5式，得

$$D(M) = 0.01 \lambda Sav Ma + \frac{\lambda L_s}{2} e^{-\lambda M} (1 - e^{-\lambda L_s}) \dots\dots\dots (5.6)$$

取其極小值，令

$$D'(M) = 0$$

$$\Rightarrow 0.01 \lambda Sav \cdot a - \frac{\lambda^2 L_s}{2} (1 - e^{-L_s}) e^{-\lambda M} = 0$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda M} = \frac{0.01 \lambda \cdot Sav \cdot a}{0.5 \lambda^2 L_s (1 - e^{-\lambda L_s})}$$

$$\Rightarrow \text{即在 } M = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{Sav \cdot a}{50 \lambda L_s (1 - e^{-\lambda L_s})} \dots\dots (5.7)$$

處，D有極小值。

又極小值發生處M一定要大於0，否則極小值就是發生在M = 0處，所以我們必須使

$$\frac{Sav \cdot a}{50 \lambda L_s (1 - e^{-\lambda L_s})} < 1$$

即

$$a < \frac{50 \cdot \lambda L_s (1 - e^{-\lambda L_s})}{Sav} \dots\dots\dots (5.8)$$

才可找到一個正數的M使D為最小。

在實際的系統中，M只要大約符合導式(5.7)的要求就可，它的取捨仍以方便為主。

六、DSMA與其它協定的比較

DSMA是個完整的協定，也是對以往協定的改進，在本節中，我們將 Polling, MSAP與 DSMA 三者的性能加以比較：

1. Polling [3]:

傳送一個訊息，其長度為 1 sec，共需花 T sec 的時間才能把這訊息傳完 (T = 傳送時間 + 等待時間)。

$$T = 1 + \frac{S}{2(1-S)} + \frac{a}{2} (1 - \frac{S}{N}) (1 + \frac{Nr}{1-S}) \dots\dots\dots (6.1)$$

S：throughput

τ：最長的傳播延遲

a：等待 τ / (訊息傳播時間) = τ / 1 = τ

N : 使用者數目

r : 花在質問一個使用者的時間，等於 $2 + (T_p/\tau)$

T_p : 傳送 Polling message 的時間

當 $S \rightarrow 0$ 時, $T = 1 + \frac{a}{2} (1 + N(2 + (T_p/\tau)))$ 。可知每一訊息有 $\frac{a}{2} (1 + N(2 + \frac{T_p}{2}))$ 的時間在做排時的工作。

2. MSAP [3]:

$$T = 1 + \frac{S}{2(1-S)} + \frac{a}{2} (1 - \frac{S}{N}) (1 + \frac{N}{1-S})$$

當 $S \rightarrow 0$ 時, $T = 1 + \frac{a}{2} (1 + N)$ 。

可知其等待排時的時間平均為 $\frac{a}{2} (1 + N)$

3. DSMA:

在 $S \rightarrow 0$ 時, DSMA 一定是 P A 狀態, 然後訊息發生後進入 D P 狀態。從訊息發生到進入 D P 狀態, 可能要等待 0 至 $1a$ 的時, 所以平均為 $\frac{a}{2}$, 而在 D P 的排時過程, 奇數需要 $\lceil \log_2 N \rceil a$ 的時間, 偶數使用者需 $(\lceil \log_2 N \rceil - 1) a$ 。因此從訊息發生, 到訊息傳完, 共需

$$T = 1 + \frac{a}{2} + (\lceil \log_2 N \rceil - \frac{1}{2}) a$$

$$= 1 + \lceil \log_2 N \rceil a$$

因此, 等待排時之平均時間為 $\lceil \log_2 N \rceil a$

現在將 $S \rightarrow 0$ 時, Polling, MSAP 與 DSMA 之 T 式列出如下:

$$\text{Polling: } T = 1 + \frac{a}{2} (1 + N(2 + \frac{T_p}{\tau}))$$

$$\text{MSAP: } T = 1 + \frac{a}{2} (1 + N)$$

$$\text{DSMA: } T = 1 + \lceil \log_2 N \rceil a$$

現舉一例: 設一系統有 256 個用戶, 而 $T_p/\tau =$

10, 可得二者在排時所花的時間如下:

Polling: 1536.5a

MSAP: 128.5a

DSMA: 8a

由此可發現 DSMA 在排時上所花的時間遠小於 MSAP 與 Polling。這也是二分尋找法在尋找大量資料時, 遠快於直線尋找法的時性表現。

七、結 論

DSMA 為對過去排時協定的一項改革。它捨棄了直線性尋找, 代之以二分尋找法來決定最高優先權的使用者, 在效率與延遲上, 都有顯著的改善。再者, 這篇論文對協定的可行性上加以詳細的考慮, 提出系統中斷程序未解決實際使用者進出系統的問題, 並讓系統以同步訊息維持同步。整個協定的設計, 皆以實際可行性為考慮要項, 最終目的, 就希望能使協定付之實行。對系統設立者而言, 可拿 SDSMA/SA 來建成一套較簡單的系統, 一旦要求它在重負荷時性能優越, 就以 DSMA/SA 來建立系統。日後只要再將這協定的過程繼續減化, 就可以使 DSMA 協定成為另外一種通用的網路協定。

參 考 文 獻

1. Abramson, N. 1973b. *The ALOHA System in Computer Communication Network*, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.
2. Chlamtac, I., W.R. Franta, and K. D. Levin. August 1979, BRAM: The broadcast recognizing access method. *IEEE Trans. on Commun.*, **COM-27** (8).
3. Kleidrock, L. and M.O. Scholl, July 1980, Packet switching in radio channels: New conflict-free multiple access schemes, *IEEE Trans. on Commun.*, **Com-28**, (7), 1015-1029.
4. Kleinrock, L. and F.A. Tobagi, December 1975. Packet switching in radio channels: Part I-Carrier sense multiple access modes and their throughput delay characteristics. *IEEE Trans. on Commun.*, **Com-23**, (12).
5. Kleinrock, L. and F.A. Tobagi. August 1976. Packet switching in radio channels: part III-Polling and (dynamic) split-channel reservation multiple access. *IEEE Trans. on Commun.*, **Com-24**, (5),

- 832-845,
6. Metcalfe, R.M. and D.R. Baggs. July 1976. Ehternet: Distributed packet switching for local computer networks *Communication on ACM*, **19**, (7), 395-403.
7. Tanenbaum, Andrew S. 1981. *Computer Network*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Dynamic Scheduling Multiple Access Protocol Design and Analysis

Takshing Yum

Department of Electronics, Chinese University of Hong Kong

S.L. Jou

Institute of Computer Engineering, National Chiao-Tung University

Chao-Yih Hsia, J.J. Wang, and S.S. Lin

Institute of Electrical Engineering, National Tsing-Hua University

In this paper, we provide a design for the Dynamic Scheduling Multiple Access (DSMA) protocol for a computer network. This protocol will function normally under any loading condition. It made use of a binary tree search scheduling technique; and provides

significant delay and throughput performance improvement over the linear search technique. Detail design as well as a cost analysis for an experimental network based on DSMA are also provided.