

行動式手持設備之通道傳輸品質保證之研究

張朝旭
國立聯合大學資訊管
理系
cschang@nuu.edu.tw

陳博智
國立聯合大學資訊管
理學系
pcchen@nuu.edu.tw

謝名鈞
國立聯合大學資訊管
理學系
abakabo@gmail.com

摘要

目前行動式教學大都以無線傳輸技術結合行動裝置來達成行動式的即時教學。而在行動裝置上的多媒體無線傳輸，常因傳輸通道的品質而影響畫面呈現效果，進而影響教學品質。而目前的行動裝置無論是平板或是智慧型手機，皆同時具備藍芽和 WiFi 兩種無線傳輸的介面，因此本研究擬提出一個混合式(Hybrid)的無線多媒體傳輸機制，讓整個教學過程中所需的無線傳輸，在此兩種技術(藍芽和 WiFi)之間進行動態式的切換，期望保證整體教學過程中的通道傳輸品質，經實驗證明此機制確實有效的提升無線多媒體傳輸的品質，進而促進整體教學的品質。

關鍵詞：通道傳輸品質、WiFi、BlueTooth

Abstract

With the rapid development of wireless technology and smart mobile devices, most teaching utilized these two technologies to implement the real-time mobile teaching. On the mobile devices, the wireless multimedia transmission brought a good teaching presentation. However, the transmission bandwidth in wireless channel is not guaranteed. This issue will make the teaching quality degraded. In this paper, a hybrid switching approach between WiFi and Bluetooth channel in a mobile device, such as smart phones, is proposed to solve this issue. This approach will make a mobile device to switch the wireless channel for achieving a good bandwidth guarantee in transmission. The experimental result has shown that this proposal is feasible and efficient for outdoor teaching.

Keywords: Outdoor Teaching, Channel Quality, Bandwidth Guarantee, BlueTooth

1. 前言

隨著後個人電腦時代的來臨[3]，行動裝置逐漸取代個人電腦的使用率，同時因無線傳輸的使用方便性，導致行動裝置如智慧型手機與平板等產生了驚人的成長[4]，同時也越來越被重視了。所以目前的行動設備皆具備Wifi與藍芽等無線傳輸功能甚至於Wifi Direct等技術，然而在能供選擇的通道越來越多的情況下，許多關於協定的設計仍然限制於同一通道之下，

導致傳輸頻寬沒有被充分使用，若能了解不同通道具備不同的傳輸特性，如：不同的連線方式、傳輸距離及流量等需求，不同的連線方法是能夠充分使用在不同的使用情境的。例如WiFi雖然能夠保證一定距離的快速傳輸，但需依賴附近的存取點(Access Point)的支援，雖然有非存取點(Ad-hoc)[1]的使用方式，但是需要額外之設定，一般的使用者並不熟悉，因此使用上有一定的限制性。

而藍芽相對於WiFi來說，擁有較被限制的傳輸距離以及較慢的傳輸速度，但是由於藍芽晶片非常普遍的被配置於行動裝置上，同時不需要除了行動裝置外的機器輔助(例如AP)，使得藍芽能夠使用於較近距離的各種傳輸情況(如:群聚教學)。所以依照當前傳輸需求情況選擇通道，就會成為很重要的問題，因為在本來就較不穩定的無線環境中，會面臨和Wireless

Sensor Network(WSN)[2]類似的問題，同時也就難以確保品質了。

而目前選擇無線傳輸通道的方法通常是依賴人工，於使用前進選擇，但由於無線傳輸中封包傳輸的遺失率是變動的，WiFi無線傳輸會因使用者動態增加而使得頻寬隨之減少，所以對於通道的選擇會止步於可以忍受的最低品質，一旦超過此界線則教學服務隨即中斷。同時在低頻寬下之重傳除浪費傳輸資源外，對於無線傳輸來說亦是電量的過度消耗。所以如果能夠去監測傳輸品質再決定通道的使用，不僅可以保證傳輸品質，同時可減少重傳及電量的消耗，並提升整體傳輸的效率。

戶外教學主要是為了補足某些課堂上無法充分傳達的知識並且巧妙的融合了玩樂和教育為一體的教學活動。此類教學活動通常會在教室之外進行，因此網路的傳輸環境是非常不明確的，不要說有線網路，更多情況的教學情境是連無線網路都沒有的。因此為了充分支援戶外教學的需求，所以本研究將以在戶外教學時較缺乏AP支援的情境下為例，並且以Frame Per Second(FPS)為傳輸品質的基準，以行動手持設備作為教學設備中之伺服器(老師端)與客戶端(學生)來進行戶外教學，由伺服器傳送動態視訊給客戶端，來模擬多媒體無線傳輸之教學方式，以視覺方式觀察畫面呈現的品質並以FPS[6]來量測當成通道傳輸的品質，進而了解通道傳輸品質對於整個教學過程中畫面呈現品質的影響，最後加上說提出的傳輸機制，於不同的傳輸通道之間進行切換，以確保通道傳輸品質的保證，並和單獨使用某一通道的狀況相比，來呈現兩者之間對於教學品

質的影響。

2. 文獻探討

2.1 Wireless Sensor network(WSN)

Wireless Sensor Network網路[2]是由一個或者多個基地台以及成千上萬個分散在實際空間的網路結點所組成，其通常具有下列特徵：

1. 獨特的網路拓撲-

對外連線通常由根部的基地台負責，呈現星樹狀(Star-tree)拓撲。然而拓撲會隨著時間改變每個連結的狀態以及結點情況。

2. 不同目的的應用-

在這網路上的應用包括很廣，於是有不同的需求。

3. 資料流方向-

大部分的資料流向為向上(由結點向基地台)。

4. 資源限制-

每個網路結點和一般的網路相比其運算量較低、電量有限。

5. 訊息規模小

WSN的實際應用，可用於軍事安全、監測健康與安全、控制傳輸系統等上。就是當通訊協定及設施建立好，只需依目的地做特定的偵測，就可以達到監控的能力。而在WSN裡面常用的傳輸技術有ZigBee、Wifi、Bluetooth，而後兩者是智慧型手機中常用之技術，詳細說明如下。

2.2 WiFi

WiFi是WiFi聯盟(Wi-Fi Alliance)所提出，基於IEEE802.11的認證標準。通常得連線模式需要熱點的支持，所以與熱點之間的狀況，例如距離、遮蔽、熱點的信號強度等等，決定了WiFi的連線品質。

WiFi作為一個被廣泛使用的標準，不僅網路的覆蓋率高，對於使用情境的考慮也日趨完善，一直以來WiFi的各種發展是植基於基礎建設模式(infrastructure mode)上不斷完善本身的應用，如WPA加密保護。同時因為WiFi的使用逐漸擴散，對於各種使用情境的考慮也越來越多。於是本來較不受重視的特設模式(ad hoc mode)也因此再次被提出，而WiFi聯盟則針對此模式所面對的情境發佈了新的標準，WiFi Direct。然而目前這套標準尚無法和Wifi相提並論且面臨著強大的競爭。

WiFi Direct是由WiFi聯盟於2009年提出，主要目的是為彌補Wifi所缺乏的裝置之間直接連結的使用情境。此種技術能夠在基礎建設模式下達成裝置之間直接互連，然而此種情境其實已經能夠經由特設模式完成，但是由於特設模式尚未被廣泛使用，於是其在服務品質(Quality of Service, QoS)以及節約能源的能力較低於基礎建設模式，所以WiFi聯盟所提出的這個認證標準，便是標榜能在基礎建設模式下達成兩個裝置直接互連的情況。

WiFi Direct之運作機制為互連的機器會互相協商出一個Group Owner(GO)，而這個GO會負責該網路對外以及網路內的傳輸，即類似於傳統的AP。而此時其他未支援WiFi Direct的機器會將視為傳統AP。WiFi Direct基本上還是屬於WiFi的範疇，所以機器不需要再增加而外的設備來支援WiFi Direct而只需要將原本的WiFi介面卡進行軟體升級即可達成WiFi Direct的功能。

2.3 Bluetooth

藍芽是個發展成熟的無線技術標準，同常用於短距離通訊上。其應用廣泛，如傳輸檔

案，藍芽電腦配件等等。藍芽的版本經過多次更新，最終其頻段為2.4GHz。

藍芽3.0+HS中所謂的”HS”指的就是High Speed，使藍芽的傳輸應用能擴展到大型檔案像是高解析圖像或是影音資料的傳輸，也因此藍芽3.0+HS又常被稱作藍芽高速技術。藍芽3.0+HS的主要更新特色包括了AMP技術(Generic Alternate MAC/PHY Protocol)、支援802.11協議配接層(802.11 Protocol Adaptation Layer, PAL)、單點無線資料傳輸UCD(Unicast Connectionless Data)、增強電源控制EPC(Enhanced Power Control)等。

一言以蔽之，藍芽3.0+HS的最大特點便在於實現更快更順暢的傳輸經驗，目前藍芽3.0+HS已經開始逐漸廣泛被運用在檔案傳輸上(例如在FTP、OPP等傳統藍芽應用定義)，傳輸速度由3Mbps大幅提升至24Mbps。

藍芽技術聯盟(Bluetooth Special Interest Group, SIG)於2010年6月底時推出藍芽4.0版本，藍芽4.0+LE中的”LE”代表的是Low Energy，也就是低功耗。藍芽4.0的技術架構包含了傳統藍芽技術(如Bluetooth 2.1+EDR)與藍芽低功耗技術，藍芽4.0+LE更加入了藍芽3.0高速技術。其中的低功耗技術可謂是4.0的最大特色。藍芽低功耗技術宣稱能大幅節省電力耗損，因此相當適合使用微型電池裝置，該技術能使藍芽裝置在閒置時休眠、僅在需要執行傳輸任務時啟動藍芽功能，因此能有效的降低功耗，延長使用壽命。

藍芽4.0 LE的另一大特點則是開發出所謂的單工與雙工模式(Single Mode & Dual Mode)。單工模式能經由簡易的裝置搜尋、單

點對多點資料傳輸設計，達到低電耗連線傳輸的目的；而雙工模式的運作架構，則是可以與不同的藍牙規格（例如2.1 + EDR或是3.0 + HS）相結合，使用者可根據需求切換高速或者是低耗電的運作方式。

2.4 通道傳輸品質

如何確保傳輸通道的通暢，從有線連線的時代就開始被討論。所以要如何判斷一個通道的傳輸是順暢的？於是在過去許多的研究之下，有各式用於評估傳輸品質的方法，例如Frame Rate、PLR。[5]

2.4.1 Frame Rate

畫面更新率是用於測量顯示影格數的數量。測量單位為「每秒顯示影格數」(Frame per Second, FPS, 畫面更新率)或「赫茲」，一般來說FPS用於描述影片、電子繪圖或遊戲每秒播放多少影格，而赫茲則描述顯示器的畫面每秒更新多少次。因為人類眼球擁有的視覺暫留的能力，所以只要當畫面更新率在10-12影格[6]時便會產生畫面是連續的感覺。

畫面更新率本是用於評估畫面的流暢程度的方法，但是在網路傳輸上，當傳輸的數據量加大，傳輸通道也會因此需要更大的流量，而每張影格都是擁有一定的數據量的，所以透過觀察Frame rate在接收端的數值，我們能夠得知傳輸通道的流量情況，如果此通道連基礎的影格數的傳輸都無法達成的話，則會造成接收端畫面的延遲。所以也就是應該切換的時刻了

一般電影業拍攝的畫面更新率為24影格，然而在早期電子遊戲上畫面更新率小於30影格畫面會產生不連貫的感覺。因為顯示卡計算時並未將動態模糊的現象考慮進去。理論上畫面更新率是越高越好，但是在高於85影格之

後就超出人體大腦的極限了，即便在增加也沒有意義了。

2.4.2 PLR

封包遺失率(Packet Loss rate)，意即所有傳送出去的封包中遺失封包的比例，是一種常用的評估傳輸品質的方法。封包可能因為各種原因而遺失，例如碰撞。而在無線的環境下，遺失封包的機率也較高。遺失的封包不僅會消耗流量、增加傳輸時間，所以封包遺失率越低越好。本研究計算遺失率的方式為(式1)：
(全部傳送的影格量- 實際接收到的量)/全部傳送的影格量 ... 式1

2.4.3 Jitter

在網路中傳送視訊(Video)，連續畫面(Frame)的抵達時間間隔(Jitter)，即使是在頻寬很大的有線網路環境之下，也會有若干的差異，而此種差異一般被稱之為Inter-frame Jitter。

本論文所以提到的Jitter 指的是視訊中一張畫面播完之後收到下一張畫面的間隔時間，兩個封包之間的時間差。

3. 研究方法

在戶外教學的環境下，使用者能夠分為老師(伺服器端)和學生(客戶端)，其中由老師(伺服器端)傳送影片給學生(客戶端)藉以達成教學的目的。於是為了了解此種環境下通道傳輸的狀況，本研究共有三組實驗。首先是Jitter的實驗，藉由限制頻寬並且記錄Jitter的數值。限制頻寬是為了模擬出WiFi無線網路中，使用者人數眾多導致網路傳輸速度慢的網路環境，來進行戶外教學，來研究頻寬對於Jitter的影響。本論文發現頻寬大小的改變會造成Jitter的變化，間接影響視訊畫面呈現的效果。所以本論文提出以混合型傳輸通道為基礎並以Jitter為

判斷切換時機的通訊協定，同時以兩組實驗來測定混合型通道協定的效果。首先這兩組實驗皆以不限制任何無線傳輸頻寬下來進行實驗，來看看當無線傳輸頻寬相當充裕時，本研究提出之混合型傳輸協定之表現。

第一組實驗(如圖 1)為當 AP 在距離使用者(伺服器端和客戶端)極近距離(不超過一公尺)的情況下，向遠離AP 的方向延伸出15個點，每個點之間相距一公尺，最後再加上起始的點，共計有16個點，之後學生(客戶端)在每個點上停留三分鐘用以接收老師(伺服器端)傳送的資料並且記錄FPS(畫面更新率)。此實驗分別使用為藍芽、Wifi 及混合型通道(hybrid channel)來進行三次的傳輸。

因為在戶外教學中，老師和學生因為教學需要，因此彼此不會相距太遠，但AP則很容易位於遠離使用者集體的位置。但是第一組實驗 AP 和使用者距離極近，所以沒辦法很好的模擬出戶外教學中，使用者群集並且遠離AP 情況，因此第二組實驗(如圖 2)將AP 移至遠離使用者30公尺的地方，而學生(客戶端)的移動範圍減低為5公尺，這是因為第一組實驗發現藍芽的效能會因為距離銳減，所以限縮了學生(客戶端)的移動距離以保證藍芽的效能。最後的第三組實驗是透過此實驗，來測試本研究的混合型通道協定是否可提升教學效果與品質。

本研究的混合型通道協定加入了Jitter的概念，讓Jitter能察覺傳輸過程中的頻寬的變化，此頻寬改變可能來自於無線網路中使用者的增加，或是無線網路傳輸環境中出現雜訊，所造成的傳輸效能下降，這些都是無線網路傳輸環境中先天的特質，而且這些特質因動態改

變而不易察覺，然而這些都很可能是造成教學品質下降的主因，因此本研究加入Jitter來解決此問題。故本組實驗進行頻寬限制來模擬頻寬的變化，並於此情況下對每張影格之間的Jitter差距來進行測試及記錄。本研究的實驗設備為Acer筆電(進行AP之模擬)、Acer iconia tab 100(伺服器端)、Acer transformer tablet pad TF300t(客戶端)。

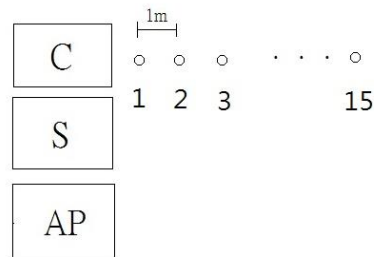


圖 1：實驗一架構圖

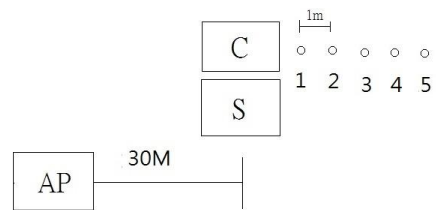


圖 2：實驗二架構圖



圖 3：混合型通道傳輸協定

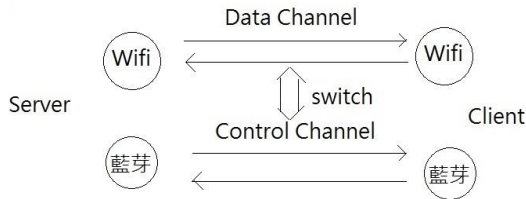


圖 4：協定通道使用

3.1 混合型通道傳輸協定

混合型通道傳輸協定是本文所提出的方法(如圖 3、4)，因為通道產生的多樣性導致不同特性的通道不斷出現，而不同通道又同時代表了對於不同使用情境的適應情況。所以，隨時監測通道的傳輸狀況並且選擇表現佳的通道理應該能提供比單純使用某種通道更加穩定的傳輸品質。因此本研究提出的傳輸協定能夠在 Wifi 和 Bluetooth 通道之間進行切換，以達成在各種頻寬變化下都能有不錯的傳輸效能表現。本通訊協定之通道切換演算法，如圖5所示。

```
int BTMax,WifiMax//存最大平均值的變數
int fps//存放每秒影格數的變數
long WifiBadDelay//使用Wifi時，Jitter的總和
long BTbadDelay//使用藍芽時，Jitter的總和
int second//計秒數

TimerTask T1//每秒執行的執行緒
{
    //每秒會執行的部分(計算每秒的Jitter總和)
    if(使用Wifi)
    {
        long temp=WifiBadDelay/fps //計算每秒平均Jitter
        if(temp > WifiMax)
        {
            WifiMax=temp
        }
        WifiBadDelay=0 //清零
    }
    else
    {
        long temp=BTbadDelay/fps //計算每秒平均Jitter
        if(temp > BTMax)
        {
            BTMax=temp
        }
        BTbadDelay=0 //清零
    }
}
```

```
if(second==10)//總計用Wifi傳送10秒 並且更新最大平均值
{
    if(使用Wifi)
    {
        //切換到藍芽
    }
    else{
        //切換到Wifi
    }
}

if(second>20 && second%5==0 && second%60 !=0) //在初始化之後每隔五秒檢查網路狀況
{
    if(WifiMax >= BTMax)//如果Wifi較差
    {
        if(使用Wifi)
        {
            //切換藍芽
        }
    }
    if(WifiMax < BTMax)//如果藍芽較差
    {
        if(使用藍芽)
        {
            //切換Wifi
        }
    }
}

if(second%60 ==0)//每60秒
{
    if(使用WIFI)
    {
        //切換藍芽
    }
    else
    {
        //切換Wifi
    }
}

second++
}
```

圖 5：混合型通道傳輸協定之通道切換演算法

在初始化時，首先針對兩個通道進行10秒的傳輸用以蒐集資料。之後分別將兩個通道的最大Jitter 平均值記錄，為了避免頻繁的切換通道，每五秒比較兩個通道的平均並且決定要使用的通道，因為影格之間的Jitter會受到傳輸品質影響，優良的通道品質可以減少Jitter的時間。當通道確認下來之後，程式每60秒會在進行一次切換通道以確認通道當前的Jitter。



圖 6: 實驗場域環境圖

4. 實驗結果

4.1 Jitter

為了增加模型對於切換時機之判斷的準確率，於是本研究也測量了兩個Frame之間的時間，我們稱之為Jitter。因為當網路狀況差的時候，封包遺失的機率會加大，所以當封包遺失時，就會造成重傳的情況。當重傳產生的時候就會延遲到兩個Frame之間的時間差。同時，此次實驗為了模擬較差的Wifi狀況，我們將網路狀況設置成如圖8所示。

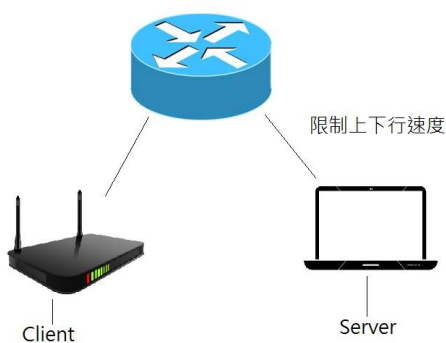


圖 7，實驗架構圖

藉由Router R的界接，我們就可以實現限制頻寬的行為，從而模擬戶外教學的環境。實驗組別分別為70K,150K,10MB, 無限制 四

組。結果如圖9所示

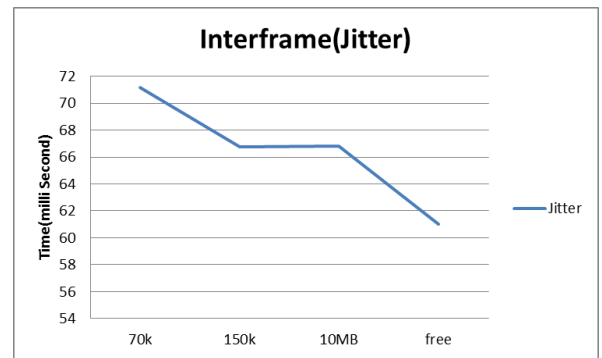


圖 8，Interframe實驗結果

可以發現無限制頻寬的時候Jitter最小，而限制頻寬越小則Jitter則越大，這表示Jitter對於網路狀況是敏感的。同時也能發現10MB跟150K的限制頻寬差距反而不大，我們認為是因為頻寬減少之後，其餘下的頻寬還是能夠充分負荷程式運行所消耗的頻寬。所以兩者差距不是很大。但是當150K頻寬在繼續往下減少之後，我們又發現Jitter急遽的上升。這是因為頻寬已經超過了臨界值，所以整體程式的運作被干擾。從而花了更多的時間在重傳之上。未來此項指標可以和藍芽之間相比，在符合條件的時候切換，是以更符合實際情況的時機轉換頻道

4.2 第一組實驗

第一組實驗為在AP和Server相距極近的情形下，三種通道選擇法的差別。第一組實驗結果如圖4。圖4中X軸表示的是Server和Client之間的距離，Y軸則為影格數。可以發現Wifi是強於藍芽的，所以混合型通道傳輸協定只會在一開始以及之後的固定間隔的時間會切換到藍芽通道，測試看看藍芽通道的連線狀況。但是在測試完畢之後，很快的混合型通道傳輸協定在測試完之後，便會切換到擁有較好的通訊情況的通道上，因此可以觀察到混合型

通道傳輸協定能夠成功的選擇優秀的傳輸通道並且選用其作為資料通道。綜觀而言，Wifi一直是最優秀的通道，然而在戶外的情形下去卻無法保證能夠獲得AP 的支援，所以本論文的混合型選擇法在發現現有通道不好的情況下進行切換，因為無線網路的狀態是會不斷改變的，所以本研究也會定期的去追蹤不用的通道的傳輸情況以期獲得更好的傳輸效率。

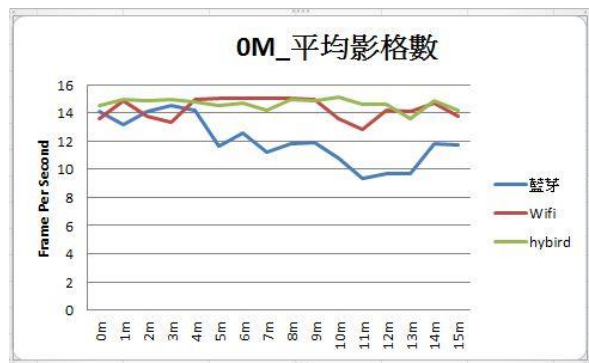


圖 9: 第一組實驗_平均影格數折線圖
 總結這組實驗，Wifi在穩定情況下能夠達成優良的傳輸品質。但是在戶外教學的情況下，通常很難確保身邊有可用的AP，所以第二組實驗即是拉遠AP和使用者之間的距離，借以模擬使用者群聚以及AP存取困難的情形。觀察Wifi是否能夠保證優良的傳輸量。

4.3 第二組實驗

第二組實驗是將AP和Server之間的距離增加為30公尺，同時由於Server和Client 兩者之前的距離和之前的實驗距離一樣，所以第二組實驗便只考慮混合型和Wifi 兩者的比較，平均影格數如圖6。可以發現Wifi 仍然是優秀的通道，其中值得注意的是雖然增加了AP 和Server 的距離但是其傳輸品質卻沒有受到顯著的影響。和一般想法中的距離越遠訊號越差是不同的。可能是本次實驗的距離不夠遠，未來的研究可以朝此一方向發展。

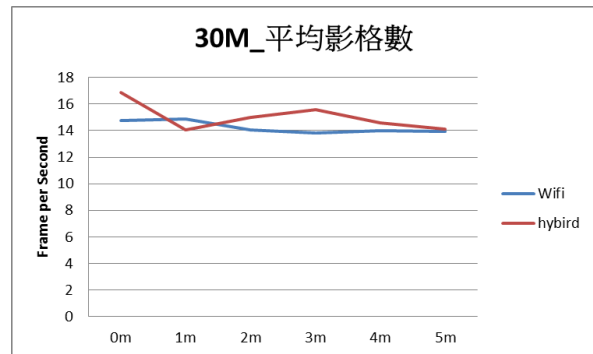


圖 10: 第二組實驗_平均影格數折線圖

5. 結論

混合型架構通常的用意為取兩者之優以擊兩者之劣，研究結果顯示Wifi是強大的傳輸通道(因傳輸頻寬大且傳輸距離遠)，然而在戶外教學的情境中，Wifi不一定隨時可以存取的到，反而藍芽可以隨時互傳。而藍芽在近距離的表現和WiFi相差不多，但因其傳輸頻寬小且一旦傳輸距離稍遠，傳輸效能就會開始減弱，然而比起Wifi，藍芽在戶外教學的情境中使用限制較低。因此將這兩種網路透過混合式通道傳輸協定來擷取他們的傳輸長處，藉由不斷的偵測這兩種網路(WiFi與藍芽)即時的網路狀況並且進行比較來決定使用最佳之傳輸通道，經實驗證明，混合式通道傳輸協定提供了最佳的傳輸效能。

因為通道不斷的推陳出新，讓使用者有越來越多的選擇，但是在未具備相關專業知識之下，使用者不一定能做出正確的判斷，所以與其讓使用者選擇，本研究提出的混合型通道協定就能夠替使用者作出更好的決定。未來的研究方向能夠朝著將混合型通道協定轉變成為實際被程式直接使用的API，以及嘗試加入新的通道到本協定之中，以期本協定能夠提供更好，更有效率的通道切換方法。

参考文献

- [1] ***Ad-hoc Mode for Mobile Devices***
<http://blog.miniasp.com/post/2010/11/06/turn-windows-7-into-wireless-access-point.aspx>
- [2] Chonggang Wang, Kazem Sohraby, Bo Li, Yueming Hu, “***A Survey of Transport Protocols for Wireless Sensor Networks***”. IEEE Network, (2006)
- [3] ***Charles Cooper, “Apple's Cook: 172 million 'post-PC' devices in the last year”***, CNet, March 2012 (available online at, <http://www.cnet.com/news/apples-cook-172-million-post-pc-devices-in-the-last-year/>).
- [4] “***Cisco Visual Networking Index (VNI) Mobile Forecast Projects Nearly 10-fold Global Mobile Data Traffic Growth Over Next Five Years***”, Cisco , Feb. 2015 (available online at , <http://newsroom.cisco.com/press-release-content?type=webcontent&articleId=1578507>).
- [5] Xing gong Zhang, Yang Xu, Hao Hu, Yong Liu, Zongming Guo , Yao Wangy,” ***Profiling Skype Video Calls: Rate Control and Video Quality***”, INFOCOM 2012 Proceedings IEEE
- [6] Read, Paul; Meyer, Mark-Paul; Gamma Group. ***Restoration of motion picture film***. Conservation and Museology. Butterworth-Heinemann. 2000: 24–26