

電信網路同步信號量測與分析

作者/劉奕悌 備役少校

提要

「電信網路同步(Network Synchronization)」在現代數位通信網路中是一極重要的課題，不論是交換機或傳輸設備均為不可忽略的因素。除了在規劃新通信網路及擴充網路設備時，應注意網路同步架構及方式是否恰當，在新建通信網路及擴充網路設備完成後，可藉著網路同步相關測試加以檢驗其適切性；在進行系統維護及查修時，同步信號之量測如滑失(slip)，更可作深入的故障判斷。電信網路維護單位如能定期量測時閃(jitter)及飄泊(wander)如TIE(Time Interval Error, TIE)、MTIE(Maximum Time Interval Error, MTIE)與TDEV(Time Deviation, TDEV)藉以檢驗同步信號之準確度及穩定度，及了解電信網路同步信號的變化，並適切調整，一定能使通信網路常保最佳化。

前言

由於電信網路同步的影響為廣泛性與全面性的，在現代數位通信網路中，不論是公共交換電話網路(Public Switched Telephone Network, PSTN)、整合服務數位網路(Integrated Service Digital Network, ISDN)、公共陸地行動網路(Public Land Mobile Network, PLMN)或數據通信的廣域網路(Wide Area Network, WAN)，也不論是交換機或傳輸設備，均為攸關品質良窳的重要因素。電信網路同步在早期類比通信網路，如劃頻多工(Frequency Division Multiplexing, FDM)的電信網路中即已存在。現代數位電信網路中，數據服務與應用與日俱增，電信網路失去同步，對各種服務品質均會產生立即而明顯的影響。本文將電信網路同步信號對各種

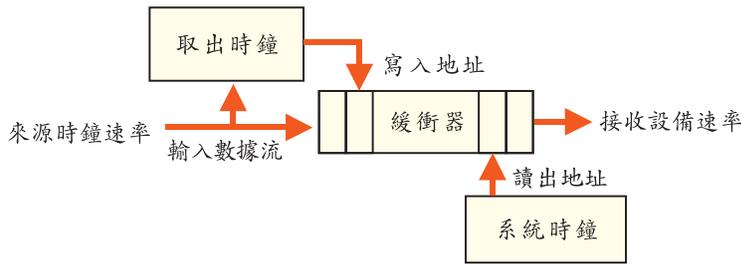
不同服務類別，如語音(speech)、數據(data)、視訊(video)等之影響程度，與同步信號量測原理、方法及如何分析同步信號量測結果進行探討。本文所討論的範圍以不影響系統服務之線上(On Line)測試為主。

滑失、時閃、飄泊的定義

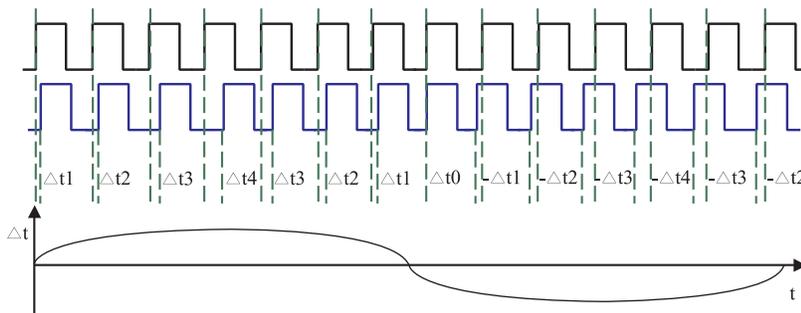
網路同步信號測試，是衡量網路同步信號品質，或確認故障原因的方式，其測試內容包括滑失、時閃和飄泊等項目。

一、滑失

由於傳輸或交換設備的緩衝器(buffer)，有一定的容量限制。兩個互相介接的設備頻率不同，以致超過緩衝器限制，進而造成輸入信號寫入緩衝器的速率比讀出的速率快或慢，使資料重複或漏失，稱為滑失，如圖



▲圖一 滑失示意圖[1]



▲圖二 時閃之示意圖 (作者自繪)

一。滑失起因於兩種相連接的設備頻率或相位不一致，因此其量測的目的，在於確認兩種相連接的設備頻率或相位有無不同步的情形發生，所以滑失並沒有量測單位，僅能以滑失量的多寡衡量之。

二、時閃

任何頻率振盪器所振盪出的頻率都會有誤差，只是誤差的大小、多寡有別，或誤差是否在所容許的範圍內。若一傳輸設備產生的頻率與理想的頻率有相位差，如圖二黑色方波為理想之方波，而藍色方波即為有相位差之方波。當相位差隨時間而產生某一固定週期的變化時，如將其相位差置於縱軸，即可得到如圖二下方的正弦波。國際電信聯

盟 (International Telecommunication Union, ITU) 定義此週期性之相位變化頻率如大於 10Hz，即為時閃；若此相位變化頻率如小於 10Hz，則為飄泊[2]。時閃為時脈信號偏離理想時間點之短期相位變化現象，由於時閃的相位變化頻率有時很大，故可視為一種快速的相位抖動。

時閃產生的原因可能是 SDH/PDH[3] 介面之映射(mapping)時閃、

指標調整(Pointer Adjustment)時閃、時序濾波器故障、碼際干擾等。

三、飄泊

如前所述飄泊與時閃恰好相反，為時脈信號偏離理想時間點之長期相位變化現象，常受溫度變化所影響，依國際電信聯盟定義，相位變化頻率如小於 10Hz 為飄泊。飄泊的衡量項目包含三項：TIE、MTIE、TDEV。這三種項目中，僅 TIE 需要連接儀表測試，MTIE 與 TDEV 則是根據 TIE 的測試結果，並以公式計算是否符合標準。一般儀表均能自行推算出 MTIE 及 TDEV，並能將其結果顯示於儀表面板，或另存新檔，進行離線分析。

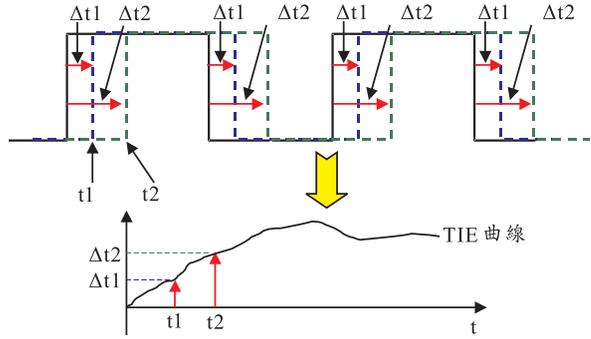
註 1：Acterna Co. Ltd., Sync_SM, 4 October 1999, p.7.

註 2：ITU-T Rec. G.810 "Definitions and Terminology for Synchronization networks" (Geneva, August 1996), p.3.

註 3：PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy)為近似同步之數位傳輸，如 T1、E1。SDH(Synchronous Digital Hierarchy)為歐洲規格之同步光纖系統(SONET)可容納 PDH 之低階數位信號。

(一)TIE

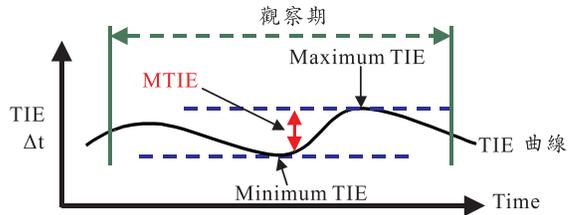
在TIE曲線圖中，記錄隨時間變化的被測信號與參考信號間的相位差異曲線圖。當一數據脈波在t1時發生Δt1的相位偏移，而在t2時發生Δt2的相位偏移，若將Δt1及Δt2置於垂直軸，以此方式記錄一段時間後即可得TIE的測試結果，如圖三。由TIE的測試結果可容易判斷待測信號的準確度及穩定度，但要進一步衡量其結果是否達到標準，仍需配合MTIE及TDEV曲線來判斷。



▲圖三 TIE的示意圖(作者自繪)

(二)MTIE

MTIE主要在於衡量長時期之相位穩定度，乃將某段觀察期中最大TIE與最小TIE相位差值，再取其最大值，並將觀察期依序遞增，其意義如圖四，可由TIE所測得之相位差數值，依公式(1)推算。例如每秒取樣一次，測試十秒，則可得十個TIE數值。觀察期可人為訂定之，如觀察期定為2、3、5、8秒，則當觀察期為2秒時，第1秒與第2秒間即可得一組[max-min]數值，第2秒與第3秒間可得另一組[max-min]數值，依此類推共可得九組[max-min]數值，最後在此九組[max-min]數值中取出最大值，即為max[max-min]值。以此方式可算出當觀察期分別為3、5、8秒時之max[max-min]值，並可繪出一MTIE曲線。此計算及繪製MTIE曲線過程為儀表自動執行。



▲圖四 TIE及MTIE之圖示(作者自繪)

x_i 為TIE之取樣值。[4]

(三)TDEV

TDEV主要在於衡量短時期的相位穩定度，計算某段觀察期的標準差(Standard Deviation)，其觀察期定義及設定同MTIE。其意義可由TIE所測得之結果，先經一濾波器，再依公式(2)計算RMS(均方根)值。

$$TDEV(n\tau_0) \cong \sqrt{\frac{1}{6n^2(N-3n+1)} \sum_{j=1}^{N-3n+1} \left[\sum_{i=j}^{n+j-1} (x_{i+2n} - 2x_{i+n} + x_i) \right]^2}$$

$$n = 1, 2, \dots, \text{整數部份} \left[\frac{N}{3} \right] \quad (2)$$

其中：

- x_i 為TIE之取樣值；
- N 為總取樣數；
- τ_0 為TIE之取樣時間；
- τ 為整合時間，TDEV之獨立變數；
- n 為取樣時間內之取樣數。

$$MTIE(n\tau_0) \cong \max_{1 \leq k \leq N-n} [\max_{k \leq i \leq k+n} x_i - \min_{k \leq i \leq k+n} x_i],$$

$$n = 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

公式1其中：

- τ_0 為TIE之取樣時間；
- $\tau = n\tau_0$ 為觀察期；

註4：ITU-T Rec. G.810 "Definitions and Terminology for Synchronization networks" (Geneva, August, 1996), p.7.

同步信號對網路上各種服務的影響

一般電信網路中最明顯的網路不同步現象即是滑失。滑失是兩個相連接設備所使用的頻率或相位不一致所造成，它是一種相對性的相位不一致，也是不同網路設備介接時最常發生的問題。而時閃(jitter)與飄泊則是設備本身或其參考時鐘源所產生的部分頻率或相位偏差，或由設備產生的數位信號所造成之相位偏差。時閃及飄泊有可能同時存在，並造成滑失現象，進而影響傳輸品質，嚴重者也會導致服務中斷情形，所以對傳輸線上所載送的各種服務會造成直接的影響。經研究證實，滑失對載送在傳輸電路的各種服務，可能發生如下的影響：

一、滑失對CCS7(Common Channel Signaling No. 7)信號方式的影響

針對CCS7信號方式[5](signaling)的傳送，是藉著重傳信號單元(Signal Unit)以修正錯誤，這樣的方式僅用於MSU(Message Signal Unit)，而未用於FISU(Fill In Signal Unit)或LSSU(Link Status Signal Unit)。若

FISU在傳送期間發生滑失，對信號內容的傳送並不會有影響。如發生在LSSU的信號方式則啟動校正(alignment)的程序會重複執行。但如果滑失發生在傳送MSU的內容時，會使接收到的MSU發生錯誤，接收端會要求發送端重傳信號內容，導致不正常的傳輸，而降低傳輸量(throughput)[6]。

二、滑失對語音的影響

(一)一般狀況下滑失對語音並無太大影響，僅偶而產生「咔它」聲(click)[7]。

(二)對於POTS(Plain Old Telephone Service, POTS)未壓縮的語音，僅有極少比例會因滑失產生「咔它」聲[8]。

(三)壓縮的語音對滑失的容忍度較低，一個滑失就會產生「咔它」聲[9]。

三、滑失對傳真(FAX-Facsimile)的影響

一個滑失會導致Group 3標準的傳真[10]產生4到8條線的殘缺不全、失真或失去某些線。如滑失持續發生，此傳真可能需要重新傳送[11]。

四、滑失對音頻數據(Voice Band Data)的影響

註5：CCS7為國際電信聯盟於1980年所制定的交換機局間共同波道中繼信號方式的標準，規範於ITU-T Q.700~Q.788通信協定中，其信號方式的標準曾經多次修訂。國際電信聯盟所制定的CCS7信號方式異於日本、美洲、中國大陸的標準。CCS7信號方式中的信號劃分為FISU、LSSU、MSU三種信號單元，可參考ITU-T Q.703通信協定。其中FISU: Fill In Signal Unit代表兩交換機局間如無信號內容傳送時，即以此空檔信號單元代替。LSSU: Link Status Signal Unit為兩交換機局間首次建立信號方式鏈路時，以及信號方式鏈路發生故障時，即以此信號單元傳送控制信號。MSU: Message Signal Unit為實際替用戶所傳送的信號方式，如建立呼叫、送碼、拆線等。

註6：P. K. Bhatnagar, Engineering networks for Synchronization, CCS7, and ISDN Standards, Protocols, Planning and Testing, (1987), p.13.

註7：Decina, M., and U. deJulio. "International Activities on Network Synchronization for Digital Communication", (IEEE International Communications Conference, 1979).

註8："AT&T Effects of Synchronization Slips". (ITU-T contribution COM SpD-TD, No. 32, Geneva, November 1969).

註9：Stefano Bregni, Synchronization of Digital Telecommunications Networks, (Politecnico di Milano, Italy 2002 by John Wiley & Sons, Ltd). p.137.

註10：Group 3的傳真通信標準是將傳真透過數據機，並經由公眾電信網路傳送的數位傳真通信標準。

註11：J.E. Abate, H. Drucker. "The effect of slips on facsimile transmission. Proceedings of IEEE International Communications Conference '88", (1988).

單一滑失對語音頻段中的數據會產生近2秒左右的傳輸錯誤，在某些狀況下甚至會導致傳輸中斷。在POTS波道中的數據傳輸（音頻數據機），一個滑失會依傳輸速率及編碼狀況而定，產生10毫秒(ms)至1.5秒的傳輸中斷[12]。

五滑失對數據傳輸的影響

滑失會產生數據內容的傳送不正確，啟動修正機制而重新傳送，進而減少傳輸量(throughput)。

六滑失對數位視訊(video)傳輸的影響

一個滑失就可能對視訊中的某些信號產生失真，或訊框(frame)凍結的情形（類似動作極慢的動畫），對於低速編碼之視訊系統尤其嚴重[13]。

七滑失對整合服務數位網路(ISDN)的影響

整合服務數位網路中的數據服務，對滑失的敏感性特別高，它不像脈波編碼調變(Pulse Code Modulation, PCM)編碼式的語音，因為語音的每個位元皆以數據的模式傳送，且錯誤修正是以重送的方式進行，致使因滑失造成錯誤重送的次數增加，減少實際數據的傳送量。若沒有錯誤修正的機制，則滑失會導致服務變差，進而使視訊電話或視訊會議的訊框凍結或顯示不完整。

八滑失對加密服務的影響

滑失對加密服務的影響非常嚴重，一個滑失即可能造成接收端失去加解密鍵(可還原資料的數據)。而喪失加解密鍵將導致資料無法正確的傳送至目的地，進而影響資

料的安全性。

除了滑失之外，電信網路的同步問題還包含傳輸媒介、傳輸延遲、訊框特性、溫度變化、元件品質不良、元件劣化、元件老化、網路同步規劃不當或失誤等，並產生同步源信號之相位變化，如：時閃、飄泊等同步上的問題，進而引發誤碼或其他信號傳送的故障。

同步信號的量測

一量測原則

(一)忠實

測試同步信號時，應確實記錄測試結果並儲存，勿因個人的好惡與期待，或以小技巧而使測試結果有所偏差，影響結果分析與原因判斷。

(二)正確

熟悉待測信號特性與測試儀表操作設定，明瞭測試方法、環境與程序，使每一步驟皆能執行無誤，才能得到正確結果。測試期間如發現任何錯誤、異常或警告(alarm)，應隨即停止測試，錯誤修正後重新測試。

(三)完整

由於飄泊的測試常需超過一天以上，同步信號的測試特性與測試時間長短應加以配合，方可完整記錄測試結果，勿因其他原因中止或破壞執行中的測試。測試時程，須事先妥善規劃，不宜任意更改或縮短測試時程，而影響測試結果的完整性或整體測試計畫。

註12：H. Drucker, and A. C. Morton. "The Effect of Slips on Data Modems. IEEE International Communications Conference", (1987).

註13：J. E. Abate, E. W. Butterline, R. A. Carley, P. Greendyk, A. M. Montenegro, C.D. Near, S.H. Richman and G. P. Zampetti. "AT&T's new approach to the synchronization of telecommunications networks". (IEEE Communications Magazine 1989; 27(4): 35-45).

二量測方式與程序

(一)滑失的量測(以Sunrise Telecom Inc.的Sunset E1儀表為例說明滑失的量測)。

產生滑失的主要原因有：非完美的時鐘、傳輸延遲的變動、時閃[14]。一般傳輸或交換設備也有內建滑失偵測功能，但僅顯示滑失量的多寡，並無快慢之分。滑失的衡量方式，並無確切單位，故僅由傳輸或交換設備的偵測結果，無法斷定兩種設備的頻率孰快孰慢，而需藉助儀表量測確定。

1.滑失的量測方式

(1)絕對型

以較準確的主時鐘信號如氫原子鐘、銫原子鐘、銣原子鐘、同步供應單元(Synchronization Supply Unit, SSU)等為參考信號(如2MHz或2Mb/s)，連接至測試儀表，將待測設備配線架的發送監測孔數位信號，作為待測信號。如圖五，因其信號已衰減20dBdsx[15]，並不影響實際的發送信號。待測信號如為光信號，因無監測孔，可用5%：95%之光信號功率分離器，取5%使用，如圖六。絕對型滑失信號的量測連接方式，如圖七。

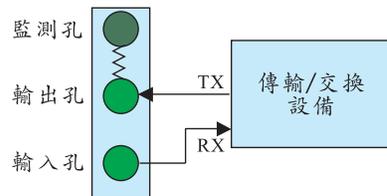
(2)相對型

以兩介接設備中一設備的配線架發送監測孔之數位信號，連接至測試儀表(任何一端皆可)作為參考信號，另一設備作為待測設備。將待測設備配線架發送監測孔的數位信

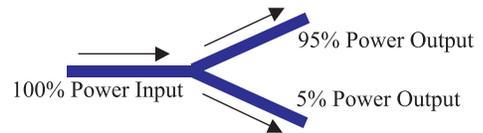
號作為待測信號，並將待測信號與參考信號相比較，如圖八。

2.滑失的量測程序

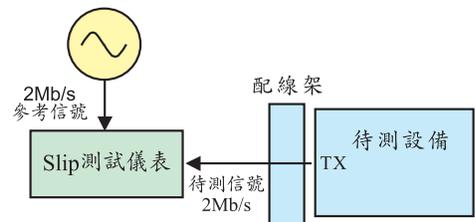
(1)設定待測信號參數：測試前，應



▲圖五 待測設備配線架的發送監測孔示意圖(作者自繪)



▲圖六 5%：95%之光信號功率分離器(作者自繪)



▲圖七 絕對型滑失量測連接方式(作者自繪)



▲圖八 相對型滑失量測連接方式(作者自繪)

註14：呂道鴻，網路同步，(電信訓練所，民國87年7月)，頁10~11。

註15：以120Ω的E1為例，其正或負半週之標準電壓為3V，監測孔之信號衰減量可以公式dBdsx=20log(Vmon/3V)或dBdsx=20log(Vmon,p-p/6V)公式計算之。其中dBdsx為dsx,digital signal cross-connection,Vmon為監測孔正或負半週之電壓，Vmon,p-p為監測孔峰對峰(peak to peak)之電壓。如衰減20dB，則依以上公式可得監測孔之電壓應為+/-0.3V。

Type	Signal	Frame Structure	Line Code	Interface	SDH	Mapping (Payload)
PDH	T1	ESF	B8ZS	N/A	N/A	N/A
PDH	E1	PCM31C	HDB3	N/A	N/A	N/A
SDH	N/A	N/A	CMI	Optical	STM-1	VC4

▲表一 電氣信號相關參數設定參考範例 (作者整理)

將電氣信號相關參數設定正確，如：訊框結構(Frame Structure)、線碼(Line Code)、時鐘源(Clock Source)等，才不致影響測試結果，表一為設定參考範例。

(2)依測試方法連接儀表與設備間的信號線，注意配線架與連接線阻抗匹配問題(例如E1有120Ω及75Ω之分)，及連接線的連接器是否恰當。

(3)按下「RUN」鈕啟動測試，切換顯示螢幕至「Measurement Results」中的滑失畫面。

(4)按下「RUN」鈕(啟動與停止為同一按鈕)停止測試，記錄結果並儲存之。

(二)時閃的量測(以Acterna Co. Ltd.之ANT-20儀表為例說明時閃的量測。ANT-20可依測試項目選擇應用程式進行量測)。

1.時閃的測試方式有：本質時閃測試(Intrinsic Jitter—輸出時閃測試—Output Jitter)、最大時閃容忍度測試(Maximum Tolerable Jitter)、時閃轉移功能測試(Jitter Transfer Function)三種，其中第一種為線上測試(On Line Test)，後兩種為離線測試(Off-Line Test)。因離線測試會造成系統服務中斷，而本質時閃的測試亦適合系統維護者使用，故本文僅敘述本質時閃的測試程序。

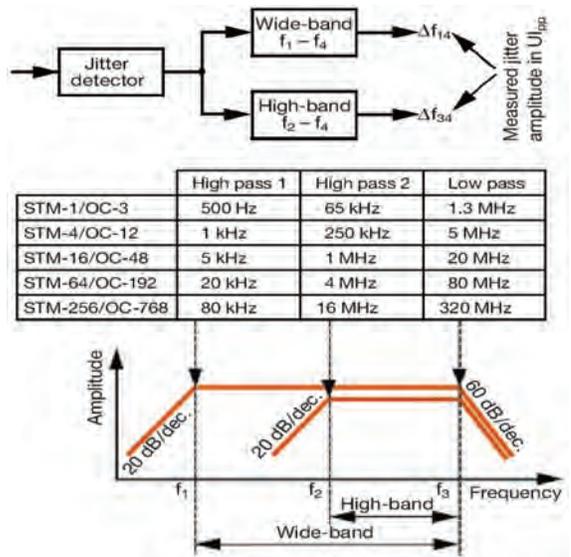
2.時閃的測試程序

(1)將 Signal Structure、O.172兩個應用程式加入ANT-20主程式使用。

(2)設定待測信號參數：由Signal Structure應用程式設定待測信號各種參數，可參考表一的設定方式。

(3)設定時閃相關參數

由O.172應用程式設定時閃的種類為輸出時閃。設定時閃濾波器參數，國際電信聯盟針對不同的介面或信號制定了各種時閃規範，必須符合其規範，才算達到標準。因時閃是大於10Hz的相位變化，故時閃的頻率在測試時也需考慮在內。因此，不同的介面信號在時閃頻率濾波器也有其相關之規定，如High-Band、Wide-Band，如圖九。故檢查時閃結果時，此濾波器也需依速率設



▲圖九 不同的介面信號之時閃頻率濾波器的相關規定[16]

註 16：Application Note 71-O.172, (Acterna Co. Ltd.), p.29.

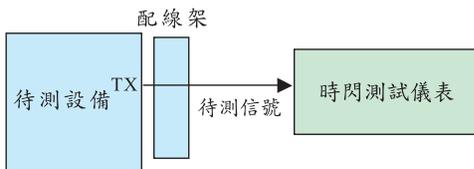
定正確。設定時閃正、負臨界值(Positive/Negative Count)，可依相關標準設定，如：ITU-T G.823、G.825。

(4)連接儀表與設備間的信號線，注意配線架與連接線阻抗匹配問題，及連接線的連接器是否恰當。連接方式如圖十。

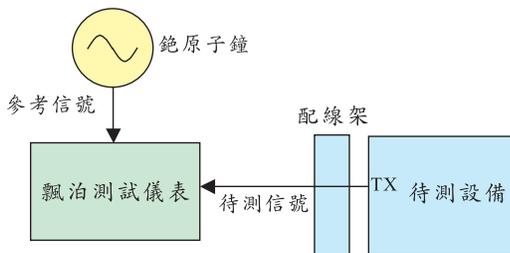
(5)可由「RUN」鈕啟動測試，「STOP」鈕停止測試。由O.172應用程式儲存(Export功能)副檔名為「ara」(Acterna公司的檔案格式)或「csv」(微軟的Excel檔案格式之一)之檔案，可以Acterna公司ANT-20 DEMO軟體或微軟之Excel軟體重新載入測試結果，進行離線分析。

(三)飄泊的量測 (以Acterna Co. Ltd.之ANT-20儀表為例，說明時閃的量測。ANT-20可依測試項目選擇應用程式進行量測)。

常用的飄泊測試方式有：飄泊分析測試(Wander Analysis)、最大飄泊容忍度測試(Maximum Tolerable Wander)(連接方式如圖



▲圖十 時閃的測試連接方式 (作者自繪)



▲圖十一 TIE的測試連接方式 (作者自繪)

Wander Frequency	Period
10μz	27.8h
1mHz	1000sec=16.7min
1Hz	1sec

▲表二 飄泊的頻率與週期之關係[18]

十一)。因最大飄泊容忍度測試為離線測試，故本文僅敘述飄泊分析測試的方式與程序。

因飄泊的相位變化頻率較小，故需長時間測試觀察其相位變化，測試時間可為數十分鐘至數十天之久，如表二。測試時所設定的取樣頻率關乎測試結果之解析度，通用的原則[17]為：1.1/s：每秒取樣1次相位變化，適於較長測試時間至99天。2.30/s：每秒取樣30次相位變化，為標準量測，符合ITU-T O.172的標準。3.300/s：每秒取樣300次相位變化，適於較精確的分析。

同步信號的量測結果分析

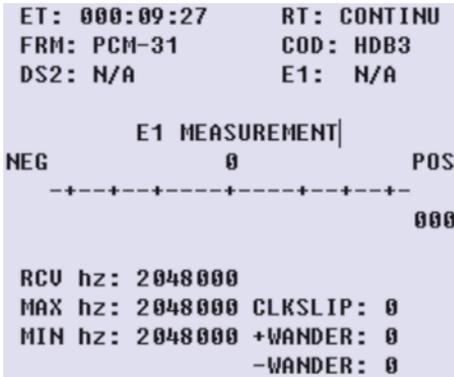
一、滑矢量測結果之的分析

如果兩個互相介接的設備頻率不一致，則有可能產生滑失。圖十二中測試結果趨向右端，則表示待測設備較參考時鐘源之頻率或相位為快，趨向右端愈多，表示待測設備較參考時鐘源的頻率或相位愈快；如測試結果趨向左端，則表示待測設備較參考時鐘源之頻率或相位為慢，趨向左端愈多，表示待測設備較參考時鐘源的頻率或相位愈慢。

針對每秒8000個訊框的主參考時鐘(Primary Reference Clock, PRC)所產生1個滑失的週期約為72天，其計算方式如下：

註 17：Application Note 71-O.172, (Acterna Co. Ltd.), p.21.

註 18：Application Note 71-O.172, (Acterna Co. Ltd.), p.23.



▲圖十二 測試結果無滑失的範例

(資料來源：Sunrise Telecommunications Co. Ltd. Sunset E1 Slip畫面)

$$1/(1 \times 10^{-11} \times 24\text{hr} \times 3600\text{sec/hr} \times 8000\text{frame/sec} \times 2\text{ends}) = 72\text{day}$$

其中 1×10^{-11} 為主參考時鐘的頻率準確度。

以同樣的方式可以推算出如表三的結果，隨準確度的變差，兩介接設備產生的滑失也隨之增加。不同的服務亦有其可接受的滑失率，如表四所示。

若由傳輸設備、交換機的階層式架構來律定，傳輸設備與不同的交換機等級也有其可允許之滑失率，如表五。

根據上述各種標準，可作為評斷設備滑失的測試結果是否符合需要，或判斷電信網路中的同步是否達到最小要求，以便採取必要的查修措施。

二、時閃量測結果的分析

時閃的衡量單位為UI(Unit Interval)，此

單位一般為微秒(μ second)。UI並非固定，是依數據傳輸速率的不同而不同，UI恰為其傳輸速率的倒數，亦即在其傳輸速率下傳輸每位元所需之時間。例如：

T1的傳輸速率為1.544Mb/s，T1之1 UI為 $1/1.544\text{Mb/s}$ 也就是 0.648μ seconds；而E1之1 UI為 $1/2.048\text{Mb/s}$ 即 0.488μ seconds。不

Clock A	Clock B	1 slip per	Slips per day
$+1 \times 10^{-11}$	-1×10^{-11}	72days	0
$+1 \times 10^{-10}$	-1×10^{-10}	7days	0
$+1 \times 10^{-9}$	-1×10^{-9}	17hours	1
$+1 \times 10^{-8}$	-1×10^{-8}	2hours	14
$+1 \times 10^{-7}$	-1×10^{-7}	10minutes	138
$+1 \times 10^{-6}$	-1×10^{-6}	62seconds	1328
$+1 \times 10^{-5}$	-1×10^{-5}	6seconds	13824

▲表三 設備準確度與產生滑失的關係表[19]

服	務	目	標	滑失率目標 (次/小時)
PCM 語音	電話	1可聞雜音/10分鐘		100
	音響	1可聞雜音/1小時		1
數據	每筆長度固定	99.5%效率		1
	每筆長度可變			0.33
傳真	無錯誤處理之系統	圖像損壞的機率1%		0.17
	有錯誤處理之系統	每160秒重寫一行		25

▲表四 不同的服務可接受的滑失率[20]

設	備	滑失率之分配
傳輸設備		1 Slip/10hours
長途交換機		0 Slip/5hours
端局交換機(無障礙時)		0 Slip/10hours
端局交換機(一個障礙時)		1 Slip/10hours
端對端		1 Slip/5hours

▲表五 不同設備、交換機之階層可接受的滑失率[21]

註19：Sync_SM, (Acterna Co. Ltd., 4 October 1999), p.8.

註20：呂道鴻，網路同步，(電信訓練所，民國87年7月)，頁5。

註21：呂道鴻，網路同步，(電信訓練所，民國87年7月)，頁29。

論時閃或飄移，不同的介面信號皆有不同的通信協定律定其規範，如表六所示。

輸出時閃有正負之分，正時閃代表相位超前，負時閃表示相位延遲，其測試結果可以正負峰值表示(+peak, -peak, peak-peak)，如圖十三的範例。

除了時閃頻率濾波器之外，測試結果的衡量標準也分為兩種：設備(equipment)標準、網路介面(Network Interface)標準，表七為網路介面的時閃標準值（用於離線測試）。在了解上述的介紹後，即可清楚地判斷所測試的時閃結果是否符合標準。

三飄泊量測結果分析(以Acterna TIE & MTIE _TDEV analysis軟體說明)

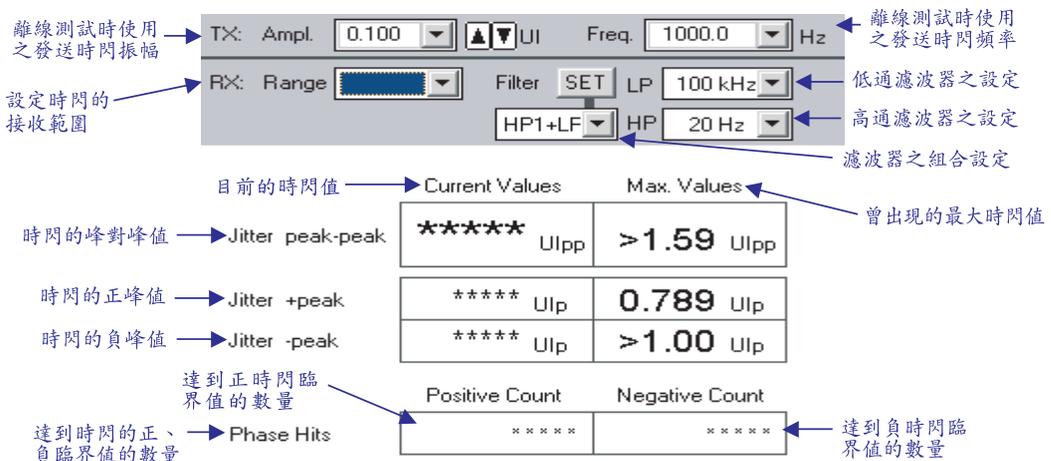
Recommendation	Interface/Signal
ITU-T G.811	Primary Reference Clock
ITU-T G.812	Synchronization Supply Unit
ITU-T G.813	Synchronization Equipment Clock
ITU-T G.823	E1
ITU-T G.824	T1
ITU-T G.825	Synchronization Digital Hierarchy

▲表六 與各種介面或信號有關的通信協定 (作者整理)

如前所述飄泊之查驗項目包含：TIE、MTIE、TDEV等三項，其中僅TIE需要連接設備至儀表測試，MTIE、TDEV則由前述之公式計算，即可得出其數值與曲線。

(一)TIE量測結果分析

TIE的測試是將待測信號脈波相對於參考信號脈波的相位差異，隨時間變化而記錄下來。圖十四為同時比較兩個測試結果，此測試可輕易由其曲線得知兩個被測信號中，何者信號之準確度及穩定度較佳，其判斷方式可參考圖十五。其中曲線1趨近於橫軸（參考信號源），且為一直線，所以既準確又穩定（在現實環境中不可能有此理想曲線）；曲線2趨近橫軸，但有起伏，為準確卻不穩定的TIE曲線；曲線3偏離橫軸較遠，且變化起伏較大，既不準確又不穩定；曲線4為一直線，但偏離橫軸較遠，雖穩定但不準確。一般而言，若TIE的相位變化到達 $\pm 10^{-6}$ 秒，就算較差的TIE曲線，約為SEC(Synchronous Equipment Clock, SEC)獨立運作(Free Running)的標準。如TIE曲線出現較多



▲圖十三 時閃測試結果的範例 (作者整理)

Network Interface	Standard	Bit rate	Jitter limits	
			Wide-band jitter/UIpp	High-band jitter/UIpp
SDH Transport	ITU-T G.825 ETSI 302 084	STM-1e	1.5	0.75
		STM-1	1.5	0.15
		STM-4	1.5	0.15
		STM-16	1.5	0.15
		STM-64	1.5	0.15
SONET Transport	ANSI T1.105.03 Telcordia GR-253	OC-1	1.5	0.15
		OC-3	1.5	0.15
		OC-12	1.5	0.15
		OC48	1.5	0.15
	Telcordia GR-1377	OC-192	1.5	0.15
PDH Transport	ITU-T G.823 ETSI 302 084	2048k b/s	1.5	0.2
		8448k b/s	1.5	0.2
		34368k b/s	1.5	0.15
		139264k b/s	1.5	0.075
	ANSI T1.102 Telcordia GR-499 ITU-T G.824	1544k b/s	5	0.1
		6132k b/s	3	0.1
		44736k b/s	5	0.1
Synchronization	ITU-T G.825 ETSI 300 462-3-1	2048k b/s PRC	0.05	-
		2048k b/s SSU	0.05	-
		2048k b/s SEC	0.5	0.2
		2048k b/s PDH	1.5	0.2
	ANSI T1.101	1544k b/s	5	0.1

▲表七 網路介面的時間閃標準值[22]

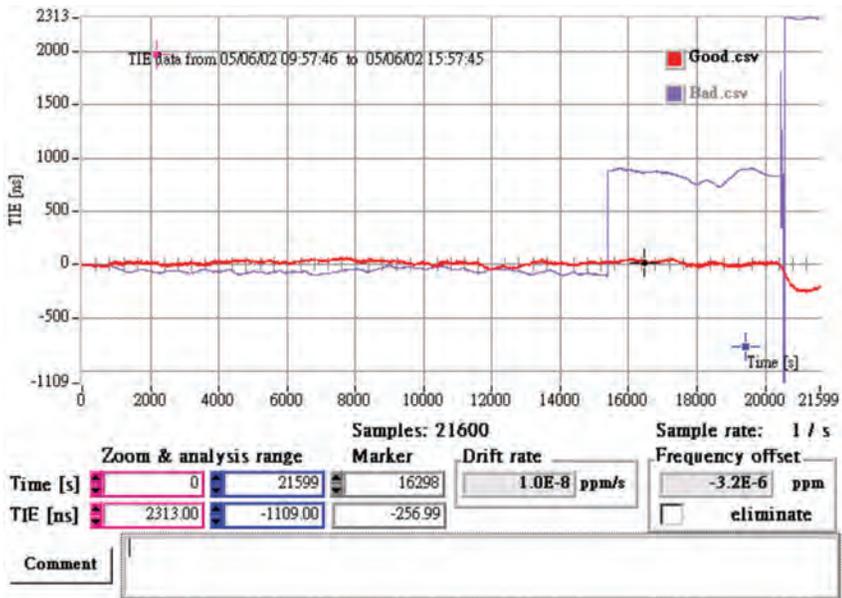
的鋸齒狀，且非常綿密，表示其相位變化頻率較高，可能為時間閃所造成，常出現於SDH的介面。

(二)MTIE量測結果分析

MTIE乃根據TIE測試結果依公式(1)計算出來，國際電信聯盟根據不同的介面信號，制定出許多規範來律定MTIE的最低標準，如表六。茲以E1為例，如圖十六較粗的紅色實線，其中橫軸為觀察期而非一般的

時間軸，可自行訂定之，如：2秒、3秒、5秒、8秒、20秒、30秒……。其他介面信號，也有其各自的MTIE標準規範律定之。在判斷測試結果時，僅需觀察由TIE之測試結果依公式(1)計算出來的曲線，若位於國際電信聯盟對此信號所制定的MTIE標準曲線(mask-波罩)以下，則符合標準；反之，則不符合標準。若MTIE的曲線符合標準，則表示此被測信號的長期穩定度已到達一定

註22：Application Note 71-O.172, (Acterna Co. Ltd.), p.30



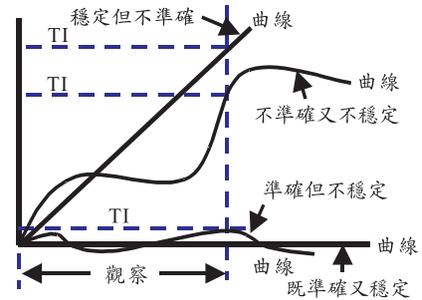
▲圖十四 兩個TIE之測試結果範例

(資料來源：Acterna Co. Ltd., ANT-20儀表TIE&MTIE_TDEV軟體畫面)

標準範圍。圖中較細的紅色點線為某E1之MTIE曲線，在較粗的紅色曲線下，亦即通過國際電信聯盟的標準範圍。圖下方中間紅色橢圓形曲線，表示目前設定的MTIE標準為何，此設定也可更改為其他的標準。

(三)TDEV量測結果之分析

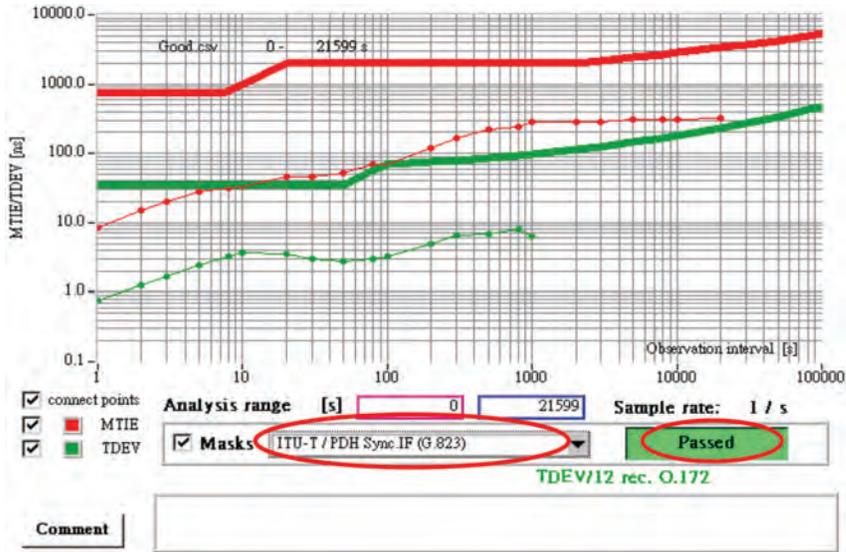
TDEV乃根據TIE測試結果依公式(2)計算出來，國際電信聯盟根據不同的介面信號，制定出許多規範來律定TDEV的最低標準，如表六。茲以E1為例，如圖十六綠色較粗實線，其中橫軸為觀察期，而非一般的時間軸，可自行訂定之，如：2秒、3秒、5秒、8秒、20秒、30秒……。與MTIE類似，其他介面信號，也有各自的TDEV標準規範律定之。在判斷測試結果時，僅需觀察由TIE測試結果依公式(2)計算出來的曲線，若



▲圖十五 TIE曲線的判斷範例[23]

位於國際電信聯盟對此信號所制定的TDEV標準曲線(mask-波罩)以下，則符合標準；反之，則不符合標準。若TDEV的曲線符合標準，則表示此被測信號之短期穩定度已到達一定的標準範圍。圖中較細的綠色點線為某E1之TDEV曲線，位於較粗的綠色曲線之下，亦即通過國際電信聯盟的標準範圍。圖下方中間紅色橢圓形曲線，表示目前設定

註23：P. K. Bhatnagar Engineering networks for Synchronization, CCS7, and ISDN Standards, Protocols, Planning and Testing, (1987), p.19.



▲圖十六 MTIE及TIE的實際範例與標準 (作者整理)

TDEV的標準為何，此設定與MTIE所使用的相同，此設定也可更改為其他標準。

結論

電信網路同步的重要與影響已隨著科技的發展與日俱增，然而由於網路同步所造成的故障卻常為潛在性而極為複雜的問題，且影響範圍廣泛又不易察覺。其發生的可能原因有：網路規劃時的疏忽或失誤、網路急速擴充與成長、網路擴充時網路同步未納入考慮，及其他網路介接時忽略網路同步、維運設定疏失的問題。為避免上述因素影響整體網路運作，以類似「系統調校」的方式週期性抽樣進行各項同步信號之量測，實有其必要。並於每次量測完畢，發現網路同步信號不佳，立即追查原因，修正與改善。如此，可避免不必要問題的發生，確保電信網路運作順暢無虞。

參考資料

- 一林維木，「第七章－SDH同步概述及其重要性」，同步數位階層網路技術概論，(2000年8月)。
- 二Acterna Co. Ltd., ANT-20 Operation Manual。
- 三Sunrise Telecommunications Co. Ltd. Sunset E1 Slip畫面。
- 四Acterna Co. Ltd., ANT-20儀表 O.172應用程式Jitter畫面。
- 五 Acterna Co. Ltd., ANT-20儀表 TIE & MTIE_TDEV軟體畫面。

作者簡介

劉奕悌，中正理工學院專13期。曾任分隊長、教官、麟瑞實業公司系統部副理、台林通信公司資深工程師、智邦科技公司工程師、台灣易利信公司工程師。現任遠傳電信股份有限公司網路規劃技術副理。