

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

赴德國實習相關環境試驗測試技術
出國報告書

服務機關：中華電信研究

所

出國人 職 稱：助理研究員

姓 名：孫航永

出國地點：德國

出國期間：90年11月17日至25日

報告日期：91年3月14日

摘要

近年來由於通訊產業的發展與網際網路相關應用日益普遍，加上繼行動通訊業務開放後，數家民營業者已於去年開始提供固定網路電信服務。面對這樣高度競爭的電信市場環境，提供客戶更穩定、更高品質的語音與數據服務是本公司努力的目標。環境試驗測試為通訊產品測試中重要的一環，其目的為確保通訊產品在研發完成進入實際運作之環境條件前，能通過相關的測試與評估，使系統上線運作後能提供穩定而高品質的電信服務。本人此次奉派出國實習即為了解國外最新之環境試驗測試技術與測試方法，以配合本所研發成果與營運單位採購系統測試之需要。

目次

1. 目的.....	1
2. 詳細行程.....	1
3. 環境試驗的目的與種類.....	1
4. 環境試驗測試相關規格.....	2
5. 環境測試系統架構與原理.....	6
6. 心得與建議.....	10
7. 附圖與附表.....	12

1. 目的

近年來由於通訊產業的發展與網際網路相關應用日益普遍，加上民營電信業者在語音和數據電信服務市場上積極攻城略地，如何在這樣高度競爭的市場環境中提供客戶穩定的語音與寬頻數據服務已成為本公司經營上最重要的課題。環境試驗測試為通訊產品測試中重要的一環，其目的為在通訊產品研發完成進入實際運作之環境條件前，能通過相關的測試與評估，以確保系統上線使用後能提供穩定的服務。為了解最新之環境試驗測試技術，本公司於九十年十一月依信人二字第90A3002551號函，核派職前往德國WEISS公司與RMS公司實習相關環境試驗測試技術。此兩公司分別在溫濕度測試系統與振動測試系統領域居世界重要地位。由於此兩公司之協助與配合使得此次研習過程相當順利。

2. 詳細行程

日期	摘要
90年11月17 ~ 18日	由台北飛阿姆斯特丹，轉機至法蘭克福，再乘德國鐵路運輸系統抵Reiskirchen-Lindenstrut之WEISS公司
90年11月19 ~ 21日	於WEISS公司實習環境試驗測試技術
90年11月21日(晚上)	由Reiskirchen-Lindenstrut乘德國鐵路運輸系統抵Reinbek之RMS公司
90年11月22 ~ 23日	於RMS公司實習環境試驗測試技術
90年11月24 ~ 25日	由Reinbek乘德國鐵路運輸系統抵法蘭克福，飛阿姆斯特丹，再轉機至台北

3. 環境試驗的目的與種類

以通訊產品為例，其環境試驗的目的為在產品研發完成進入實際運作之環境前，在實驗室模擬產品在運送、安裝及使用情形下可能遭遇的各種環境條件(environmental conditions)，同時量測相關的產品性能參數以評估產品的可靠度(reliability)。環境試驗包括溫濕度試驗、化學物質試驗與機械特性試驗等。由於溫濕度試驗與機械特性試驗中的振動試驗對於產品可靠度的評估最為重要，以下我們將針對這兩個部分加以說明。

3.1 溫濕度模擬環境試驗

一般而言，通訊設備從研發生產到安裝上線提供服務會經歷運送、儲存與安裝使用幾個階段。通常設備在運送及儲存的過程中會加以包裝。設備在運送及儲存的過程中可能遭受的環境條件往往會因不同的製造地點及運送方式而異。當通訊設備安裝完成開始運作後，其安裝地點往往也會展現不同的環境條件，如安裝於室外的設備所遭受的環境溫度變化就較安裝於

電信機房內的設備所遭受的環境溫度變化大。由於環境條件對通訊設備的使用情況與壽命影響很大，因此對電信服務提供業者而言，在通訊設備安裝上線提供服務前做好相關的溫濕度模擬環境測試與評估，對提供高品質與穩定的電信服務會有很大的幫助。

3.2 振動試驗

如前所述，通訊設備從研發生產到安裝上線提供服務會經歷運送、儲存與安裝使用幾個階段，在不同階段通訊設備所遭受的機械環境條件也不相同。舉例來說，設備在運送過程中的振動情形往往較儲存與使用時的振動情形嚴重，以車輛運送方式為例，振動主要來自引擎的運轉以及道路表面的不平整。通常設備在運送過程中所遭受的振動為隨機振動(random vibration)，換言之，其振動頻率範圍較大。在這樣大的頻率範圍內，存在著一些較易造成設備損害的共振頻率(resonance frequency)，為了找出共振頻率，振動測試系統必須具備頻率掃描(frequency sweeping)的能力，一旦找出了較易造成設備損害的共振頻率，就可以在實驗室預先評估其影響，同時針對受測系統作必要的調整或修改，以確保設備在運送過程中不會因機械環境條件的影響而損壞。

4. 環境試驗測試相關規格 ETS 300019環境試驗測試標準

在本文中，我們將以在歐洲各國廣為採用的ETS 300019環境試驗測試標準為例，說明如何針對通信產品完成從規劃到實際執行環境試驗測試的過程。一般而言，通信產品的環境試驗測試包含兩個階段。首先是了解各種環境條件對產品的影響，同時針對產品在儲存、運輸及使用狀況下各種可能的環境條件加以考量，以規劃出適合的環境試驗測試規格。其次是依據所規劃的環境試驗測試規格，利用相關的環境試驗測試儀器與設備，對產品進行測試與評估。歐洲通信標準協會(European Telecommunication Standard Institute, ETSI)之設備工程技術委員會(Equipment Engineering Technical Committee)所頒布之通信設備環境條件及環境試驗(Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment)系列標準，主要包括環境條件分類(ETS 300019-1, Classification of environmental conditions)與環境試驗規格(ETS 300019-2, Specification of environmental tests)兩部分，前者針對產品在儲存、運輸及使用狀況下可能遭受的各種氣候、化學及機械環境條件加以分類，後者則針對不同的環境條件分類，規範相關的測試規格及試驗方法。ETS 300019-1-0與ETS 300019-2-0分別針對ETS 300019-1與ETS 300019-2系列標準的內容作概略介紹，這些標準的內容如下表一所示。從表中我們可以看出，ETS 300019-1系列標準所定義的環境條件分類包含通訊產品在儲存、運輸、固定使用於氣候保護環境中、固定使用於非氣候保護環境中、安裝使用於陸上交通工具中、安裝使用於水上交通工具中以及攜帶型非固定式使用等七種情形，這七種情形分別定義於ETS 300019-1-1 ~ ETS 300019-1-7的規範中。而ETS 300019-2系列標準所規範的環境試驗規格剛好與ETS 300019-1系列標準所定義的環境條件分類相呼應，舉例而言，ETS 300019-2-1中所規範的測試規格與試驗方法是針對ETS 300019-1-1中所定義的環境條件分

類，而ETS 300019-2-2中所規範的測試規格與試驗方法是針對ETS 300019-1-2中所定義的環境條件分類，餘類推。

表一 ETS 300019-1 and ETS 300019-2 series standards

ETS 300019-1-1 Classification of environmental conditions : Storage
ETS 300019-1-2 Classification of environmental conditions : Transportation
ETS 300019-1-3 Classification of environmental conditions : Stationary use at weatherprotected locations
ETS 300019-1-4 Classification of environmental conditions : Stationary use at non-weatherprotected locations
ETS 300019-1-5 Classification of environmental conditions : Ground vehicle installations
ETS 300019-1-6 Classification of environmental conditions : Ship environments
ETS 300019-1-7 Classification of environmental conditions : Portable and non-stationary use
ETS 300019-2-1 Specification of environmental tests : Storage
ETS 300019-2-2 Specification of environmental tests : Transportation
ETS 300019-2-3 Specification of environmental tests : Stationary use at weatherprotected locations
ETS 300019-2-4 Specification of environmental tests : Stationary use at non-weatherprotected locations
ETS 300019-2-5 Specification of environmental tests : Ground vehicle installations
ETS 300019-2-6 Specification of environmental tests : Ship environments
ETS 300019-2-7 Specification of environmental tests : Portable and non-stationary use

以下我們以固定使用於氣候保護(weatherprotected)環境中之通訊產品為例，說明如何依循ETS 300019這份規格進行相關的環境條件分類與環境試驗測試，由於ETS 300019-1-3所針對的環境條件分類即為固定使用於氣候保護環境中之使用情況，因此我們所要參考的主要是ETS 300019-1-3與ETS 300019-2-3這兩份規格。

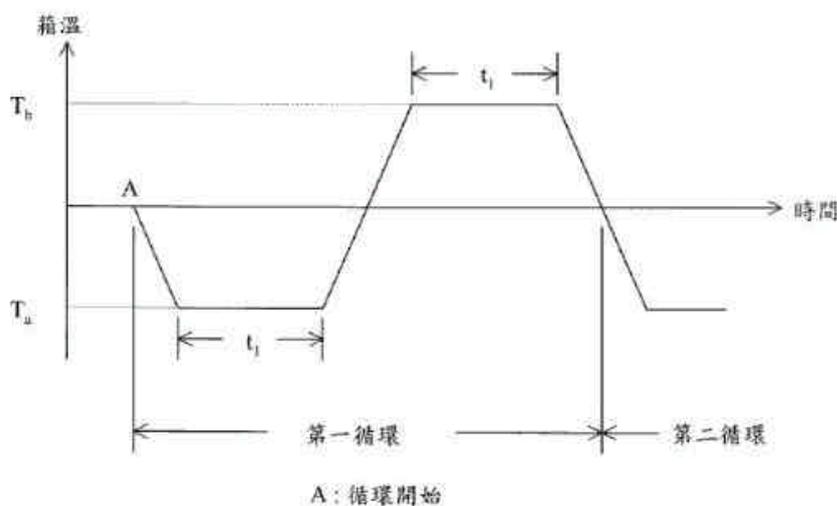
4.1 ETS 300019-1-3

ETS 300019-1-3說明當某通信設備的設計是針對固定於氣候保護環境中之使用情況時，該通信產品的相關環境條件分類。一般裝設於電信機房的設備均可稱為固定使用之設備，以別於可攜式(portable)產品。ETS 300019-1-3的內容依據通信產品安裝地點是否為開放式環境、是否有使用溫度調節系統或散熱裝置而又分為五類，如附表一所示。以表中之Class 3.1所描述的溫度控制環境(Temperature-controlled locations)為例，它所適用的情形為將通信設備放置於有永久性溫度調節系統的密閉式環境(enclosed location)中使用，通常這類環境的濕度並沒有

特別加以控制，但溫度調節系統必須正常運作以避免設備所在環境的溫度有過高或過低的現象。附表二及附表三為ETS 300019-1-3中所列舉的各種環境試驗測試參數。以附表二中之Class 3.1所描述的溫度控制環境為例，其測試溫度範圍為5°C至40°C，而相對溼度測試範圍為5%至85%。至於像振動測試等機械特性測試參數，則規範於附表三，舉例而言，Class 3.1的振動測試幅度為0.3 mm，最大測試加速度為1 m/s²。

4.2 ETS 300019-2-3

針對前述ETS 300019-1-3中提到的Class 3.1環境條件分類與測試參數要求，ETS 300019-2-3提供了相關的測試規格與試驗方法，舉例而言，由表二可知，當我們欲針對受測通信產品進行溫度變化之試驗時，測試儀器所須提供的溫度變率為0.5°C/min.，而有關溫度循環試驗的方法則須參照IEC 68-2-14之建議，其試驗輪廓示於圖一。對於固定溫度變率之循環試驗，通常進行二次循環測試，而圖中 t_1 的值為3小時，且依據IEC 68-2-14之建議，測試溫度的容許誤差應介於 $\pm 3^\circ\text{C}$ 之間。至於正弦振動試驗的振幅、加速度與相關頻率掃描範圍等機械特性測試規格，參見表三。



圖一 固定溫度變率之循環試驗輪廓

表二 Temperature-controlled locations — climatic tests

Environmental parameter			Environmental Class 3.1	Environmental test specification T 3.1. In-use, Temperature-controlled locations			
Type	Parameter	Detail parameter	Characteristic severity	Test severity	Duration	Reference	Method
Air temperature	low	(°C)	+5	+5	16 h	IEC 60-2-1	AblAd: Cold (8) (9) (11)
	high	(°C)	+60	+40 (2) or +50 (16)	16 h	IEC 60-2-2	Ba/Bd: Dry heat (11)
	change	(°C) (°C/min)	0.5	+25/+40 (4) 0.5 (7) (10)	half cycle 3h = 3h	IEC 60-2-14	Hb: Change of temperature (11) (11)
Humidity	relative	low	(%)	5	note (5)		
		high	(%) (°C)	85	85 +30	4 d	IEC 60-2-50
	condensation		90				
absolute	low	(g/m ³)	1	note (5) (10)			
	high	(g/m ³)	25	(12)			
Air pressure	low	(kPa)	70	note			
	high	(kPa)	101	note			
Air speed		(m/s)	5.0	note			
	intensity		no				
Water	rain		no				
	low temperature		no				
	other sources		no				
icing & frosting			no				
	radiation	(W/m ²)	700	(21)			
Radiation	heat	(W/m ²)	600	(3)			

表三 Temperature-controlled locations — mechanical tests

Environmental parameter			Environmental Class 3.1	Environmental test specification T 3.1. In-use, Temperature-controlled locations			
Type	Parameter	Detail parameter	Characteristic severity	Test severity	Duration	Reference	Method
Vibration	sinusoidal	displacement (13) (mm) acceleration (13) (m/s ²) frequency range rates of vibration	0.3 2-9	1.0 9-200			
Shocks	shocks	shock spectrum duration acceleration (13) (m/s ²) number of shocks directions of shocks	Type L 22 40	half sine 0 (16) 50 8 (14)		IEC 60-2-27	Es: Shock (15)

no = this condition does not occur in this class.
 none = verification is required only in special cases.
 (n) = NOTE (n = number of note), see subclause 3.0.

5. 環境測試系統架構與原理

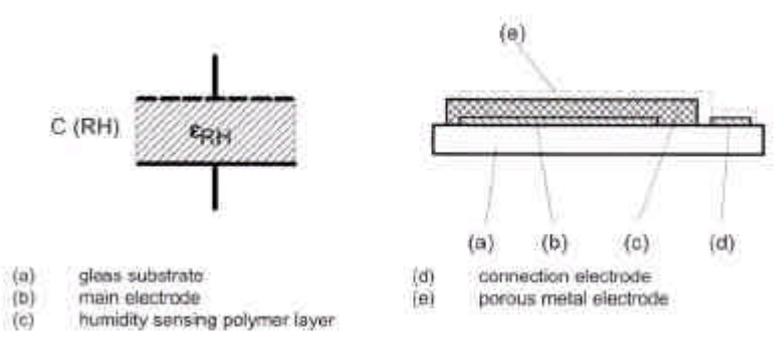
5.1 冷凍循環系統(Chiller Refrigeration System)

首先，冷媒(refrigerant)在壓縮機(compressor)中被壓縮成高溫高壓的氣體，此高溫高壓的氣體流經冷凝器(condenser)後變成液態冷媒。冷凝器可為水冷式(water-cooled)或氣冷式(air-cooled)。液化後的高壓冷媒進入熱膨脹活門(Thermal Expansion Valve)，熱膨脹活門將冷媒轉換為溫度較低的低壓飽和氣體，最後此低壓飽和氣體進入蒸發器(evaporator)，由蒸發器輸出的氣態冷媒重新進入壓縮機，完成一循環過程。當氣態冷媒通過蒸發器時，會吸收大量的熱，冷凍循環系統與外界之主要熱交換(heat exchange)過程即於此處進行。見附圖一。

5.2 電容性濕度計(Capacitive Humidity Sensor)

以一個利用薄膜技術(thin film technology)所製作的電容性濕度偵檢元件為例，其結構如圖二所示。基本上它是一個平行板電容器(parallel-plate capacitor)，以一多孔性(porous)的金屬薄層及玻璃表面的金屬電鍍層作為電極(electrode)，而其電介質(dielectric)為一種聚合物(polymer)。由於位在電介質表面的金屬薄層為多孔性，因此聚合物的含水量(water content)

可隨周圍環境的濕度變化。此聚合物的相對電介質常數 ϵ_{RH} 取決於其含水量。由於平行板電容器的電容值 $C = \frac{\epsilon_{RH} \epsilon_0 A}{d}$ (A為電極板面積，d為兩電極板間距)，因此電容器的電容值會隨周圍環境的濕度變化，且兩者間的關係為線性(linear)。若將此種電容器用於特別設計的電子電路中，則此電路中某種可量測的電量與此電容器的電容值間會有一固定的(函數)關係，因此藉由量測此電量，我們就可以掌握電容器所在環境的濕度狀況。電容性濕度計具有攜帶方便的優點，但其特性較易因老化現象(aging)而改變，且若長期暴露於相對濕度較高的環境中，其量測準確度也會變差。通常這種濕度計較適合應用於低相對濕度的環境。



圖二 Capacitive Humidity Sensor

5.3 乾濕球濕度計 (Psychrometer)

乾濕球濕度計包含兩具完全相同的溫度計，其一為乾球溫度計(dry-bulb thermometer)，另一為溼球溫度計(wet-bulb thermometer)。基本上溼球溫度計只是在乾球溫度計外緊密地被覆一層吸水棉布(a jacket of tight-fitting muslin cloth)。在實際運作情況下溼球溫度計的末端必須浸於蒸餾水(distilled water)中以保持這層棉布濕潤，且乾濕球濕度計周圍環境必須通風良好(properly ventilated)。由於溼球溫度計表面水分的蒸發效應使得其溫度較乾球溫度計的溫度(也就是周圍環境的溫度)低。如果周圍環境的濕度較低，溼球溫度計表面水分的蒸發量較多，則溼球溫度計和乾球溫度計間的溫差就較大；反之，若周圍環境的濕度較高，溼球溫度計表面水分的蒸發量較少，則溼球溫度計和乾球溫度計間的溫差就較小。因此，溼球溫度計和乾球溫度計所量得的溫度差值可視為周圍環境相對濕度的指標。通常我們採用風扇，或是使乾濕球濕度計旋轉，以使乾濕球濕度計運作於通風良好的狀況。見附圖二。乾濕球濕度計的準確度比電容性濕度計的高，其應用範圍也較大，但不適合用於溫度較高(100°C以上)的環境。

5.4 露點濕度計 (Chilled Mirror Hygrometer)

露點濕度計的系統構成(system block diagram)示於附圖三。其主要元件為一由導熱性(thermal conductivity)極佳的金屬(例如銀或銅)製成的鏡子，為避免氧化，鏡面通常以金或鎳等金屬電鍍處理。另外，通常我們利用檢光器(photodetector)接收來自發光二極體(Light Emitting Diode)、經鏡面反射的光。檢光器的輸出訊號用來控制thermoelectric heater。將露點濕度計

置於待測環境中，首先thermoelectric cooler將鏡面冷卻，當鏡子的溫度降至露點(dew point)，鏡面開始有微細的水滴生成，此時由發光二極體照射至鏡面的光不再完全反射至檢光器，而有部分光散射(scattering)的現象。一旦檢光器的輸出訊號位準下降，thermoelectric heater就會啟動並產生制衡thermoelectric cooler的作用，使鏡面的溫度始終維持在露點溫度。由於不同環境濕度所對應的露點溫度皆不同，因此透過查表法(look-up table method)便可以推算出待測環境的相對濕度。和前述電容性濕度計和乾濕球濕度計相比，露點濕度計具有極高的準確性，然而因其成本甚高，一般除了極精確的應用場合及校準(calibration)外，較不常用。

5.5 振動測試系統(Vibration Testing System)

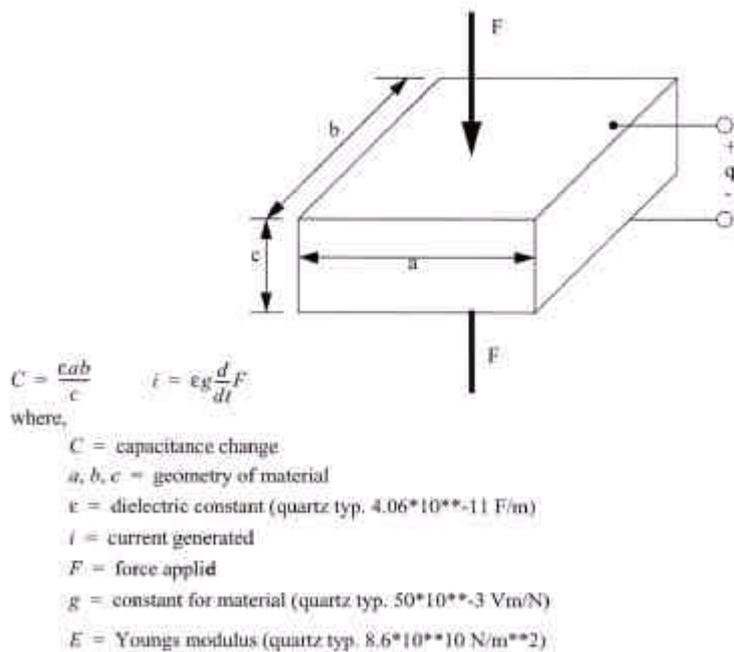
振動測試系統主要包含訊號產生器(Signal Generator)、功率擴大機(Power Amplifier)及振動測試儀(Vibration Exciter)三個部分，見附圖四。訊號產生器用以決定振動測試的種類，如sinusoidal vibration testing、sweep vibration testing及random vibration testing等。由於基本上振動測試儀是一個將電能轉換為機械能的裝置，需要功率較高的驅動訊號，因此由訊號產生器所產生的測試控制訊號須透過功率擴大機將其位準提高以驅動振動測試儀。一般而言，為了找出受測設備的共振頻率，訊號產生器除了能夠產生單頻(single frequency)訊號外，也應具備頻率掃描的能力，換言之，其輸出訊號頻率必須可以在某個預先設定的範圍內來回變動。

5.6 振動測試儀

附圖五所示為一典型的振動測試儀(Vibration Exciter)之剖面圖(cross-sectional view)。一般而言，振動測試儀主要包括外圍的電磁鐵與固定於中心軸上的振動體。圖中虛線部分為外圍電磁鐵所產生的磁場，通常其強度與方向均為固定。由於流經中心軸振動體線圈的電流正比於訊號產生器所產生的控制訊號，因此外圍電磁鐵與中心軸振動體間的交互作用力亦正比於訊號產生器所產生的控制訊號。由於控制訊號用以決定振動測試的幅度與頻率，因此透過這種方式我們就可依預定的方式對待測設備進行振動試驗與評估。

5.7 加速計(accelerometer)

由於測試系統的非線性特性(non-linearity)與受測設備在某些頻率會有共振現象(resonance)導致受測設備在測試頻率範圍內無法完全依照預先設定的振動幅度進行測試，因此完整的振動測試系統必須包含一控制迴路(feedback control loop)，用以偵測振動測試儀與受測設備的加速度值，同時將偵測到的結果傳回訊號產生器，訊號產生器再據以修正或補償其輸出訊號位準，使受測設備在測試頻率範圍內能夠完全依照預先設定的振動幅度進行測試。通常振動測試儀上會固定一加速計，加速計用以偵測受測設備的加速度。基本上加速計為一將機械能轉換為電能的裝置(即transducer)，以下我們以壓電式(piezoelectric)加速計為例，說明其工作原理。



圖三 壓電式加速計工作原理

上圖所示為一壓電晶體(piezoelectric crystal)。當晶體受到圖示方向的作用力時，其內部會有電荷移動的現象，此電荷量 q 與晶體所受力 F 間的關係為 $q = egF$ ，其中 e 是晶體的電介質常

數(dielectric constant), g 亦為一常數，其值因物質種類而異。壓電晶體的等效電容 $C = \frac{eab}{c}$ 。

由於晶體的端電壓 $v = \frac{q}{C}$ ，因此當晶體受到圖示方向的作用力時，其端電壓為 $v = \frac{cgF}{ab}$ ，

與所受外力 F 成正比，通常此電壓值很小，所以當此種壓電晶體用於振動測試系統時，需藉由控制迴路中的放大電路提高此電壓之位準。

6. 心得與建議

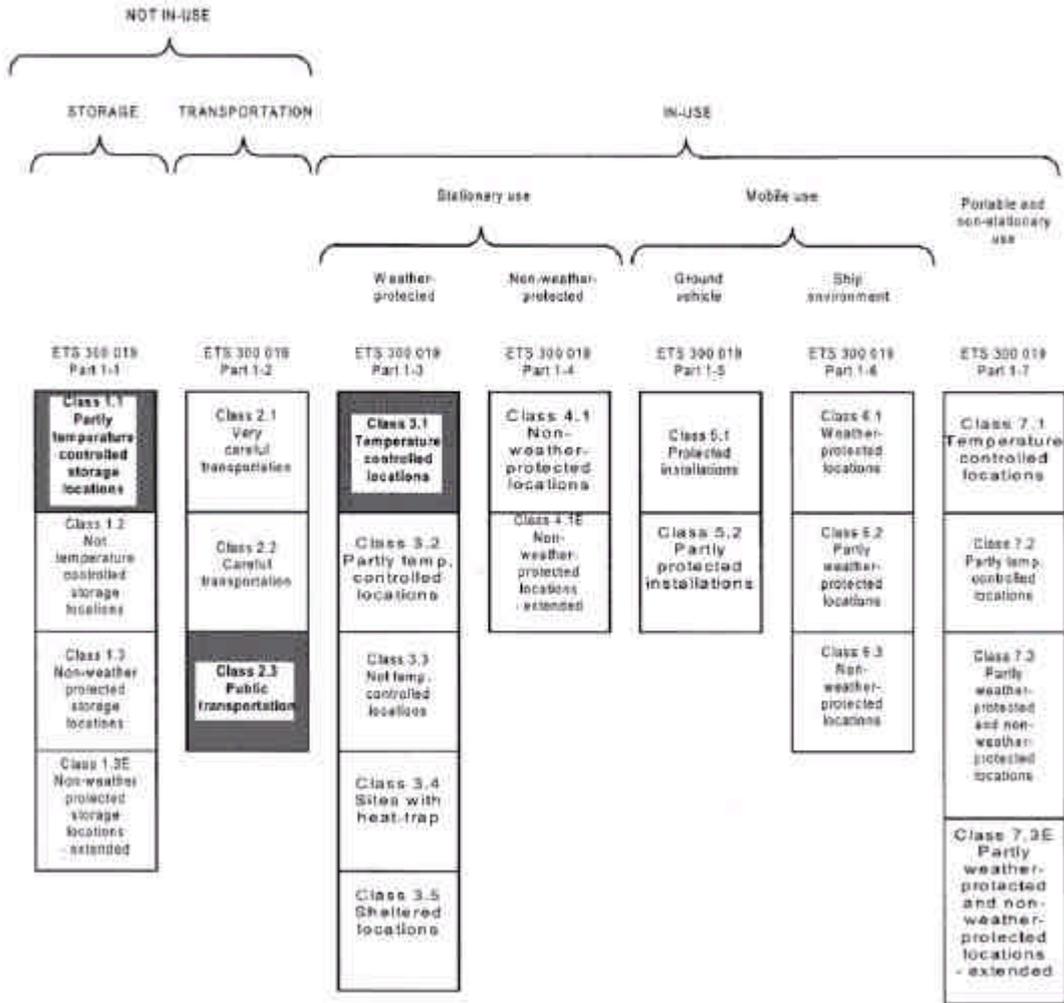
此次前往德國WEISS公司與RMS公司，主要在於了解最新之環境試驗測試技術。在此期間，由於相關部門人員熱誠而周詳的安排，使個人不僅有機會接觸到最先進的環境測試技術，與相關技術人員交換工作經驗與心得，也對德國人嚴謹、敬業的工作態度留下深刻印象。

繼行動通訊業務開放後，數家民營業者已於去年開始提供固定網路電信服務。面對這樣高度競爭的電信市場環境，提供客戶更穩定、更高品質的語音與數據服務是本公司努力的目標。

環境試驗測試的目的即為確保通訊系統產品在研發完成進入實際運作之環境條件後，能正常而穩定地運作並提供服務。目前本公司的局用設備規格中的溫溼度環境條件部分多僅只述及溫溼度範圍，未來如能參考國外相關標準，同時配合國內的情形研擬更明確的環境試驗測試規格，不僅能使電信器材的測試與評估更完善，也更有助於提供客戶穩定而高品質的電信服務。

附圖與附表

附表一 Environmental Classes

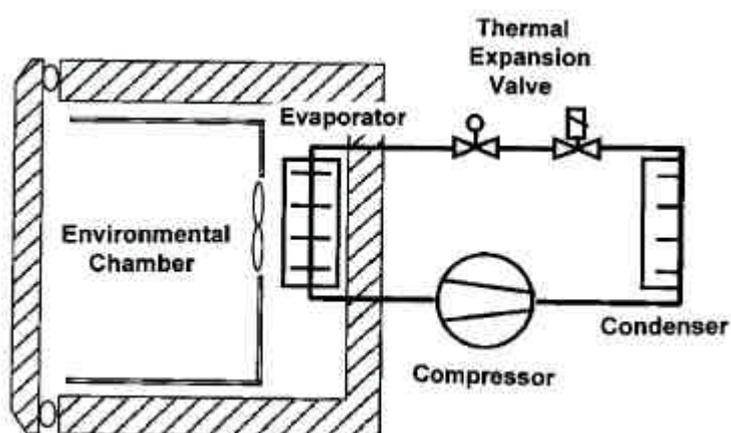


附表二 Climate parameters for environmental classes 3.1 to 3.5

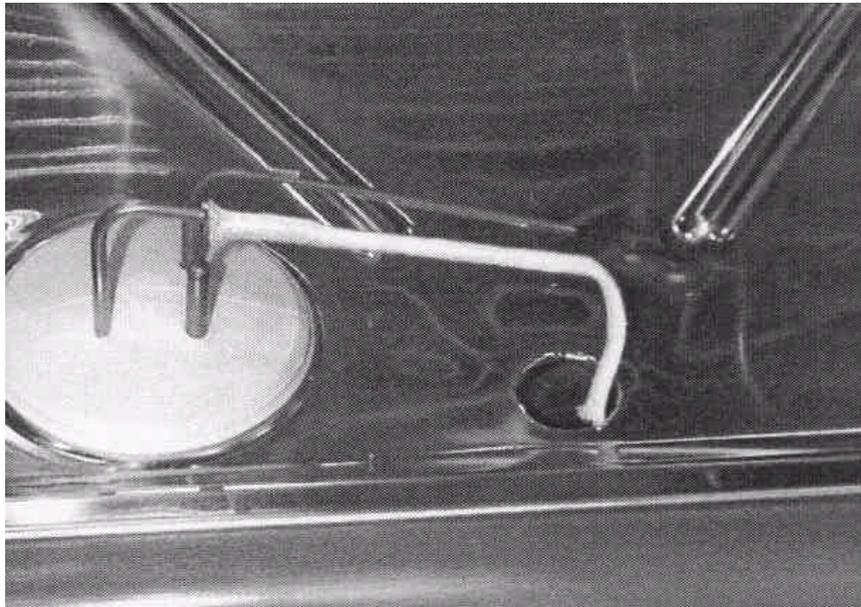
Environmental parameter	Unit	Class					
		3.1	3.1E	3.2	3.3	3.4	3.5
a) low air temperature	°C	+5	-5	-5	-25	-40	-40
b) high air temperature	°C	40	45	45	55	70	40 (NOTE 5)
c) low relative humidity	%	5	5	5	10	10	10
d) high relative humidity	%	85	90	95	100	100	100
e) low absolute humidity	g/m ³	1	1	0,5	0,1	0,1	0,1
f) high absolute humidity	g/m ³	25	29	29	35	35	35
g) rate of change of temperature (NOTE 1)	°C/min	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
h) low air pressure	kPa	70	70	70	70	70	70
i) high air pressure (NOTE 2)	kPa	106	106	106	106	106	106
j) solar radiation	W/m ²	700	700	1120	1120	---	---
k) heat radiation	W/m ²	600	600	600 (NOTE 4)	600 (NOTE 4)	600 (NOTE 4)	600 (NOTE 4)
l) movement of the surrounding air (NOTE 3)	m/s	5	5	5	5	30	30
m) conditions of condensation	none	no	yes	yes	yes	yes	yes
n) conditions of wind-driven rain, snow, hail, etc.	none	no	no	yes (NOTE 4)	yes	yes	yes
o) conditions of water from sources other than rain	none	no	no	dripping	dripping spraying	dripping spraying	dripping spraying
p) conditions of icing	none	no	yes	yes	yes	yes	yes
Climatogram, figure		1	2	3	4	5	
<p>NOTE 1: Averaged over a period of 5 minutes.</p> <p>NOTE 2: Conditions in mines are not considered.</p> <p>NOTE 3: A cooling system based on non-assisted convection may be disturbed by adverse movement of the surrounding air.</p> <p>NOTE 4: Temporarily.</p> <p>NOTE 5: Direct solar radiation and heat-trap conditions do not exist.</p> <p>NOTE 6: Secondary effect of solar radiation.</p>							

附表三 Mechanical conditions for environmental classes 3.1 to 3.5

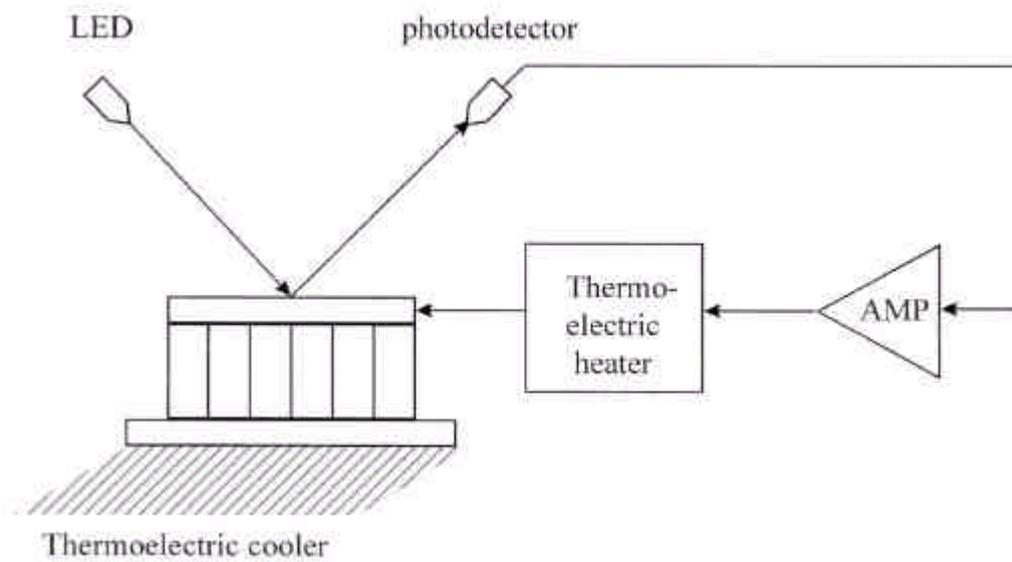
Environmental parameter	Unit	Class		
		1.1	3.2 and 3.3	3.4 and 3.5 (NOTE 1)
a) Stationary vibration, (NOTE 2) sinusoidal				
displacement amplitude	mm	0,3	1,5	3,0
acceleration amplitude	m/s^2	1	5	10
frequency range	Hz	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9
b) non-stationary vibration, including shock (NOTE 3)				
shock response spectrum type I, peak acceleration (A)	m/s^2	40	40	--
shock response spectrum type II, peak acceleration (A)	m/s^2	--	--	250
NOTE 1: When the consequences of mechanical failure are minor, or the probability of high mechanical stresses is rare, the mechanical levels of TEC class IM3 may be chosen.				
NOTE 2: Units are peak displacement amplitude (mm), peak acceleration amplitude (m/s^2) and frequency range (Hz).				
NOTE 3: See figure 5.				



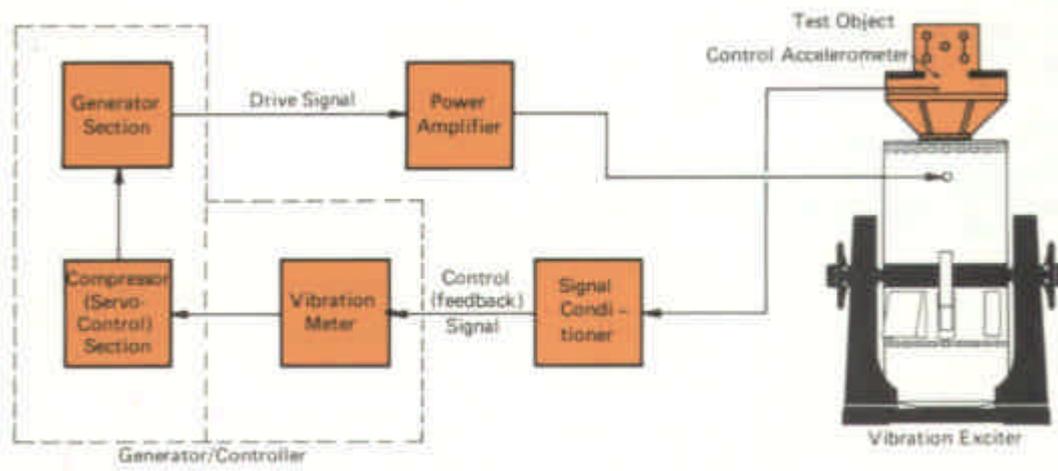
附圖一 Chiller Refrigeration System



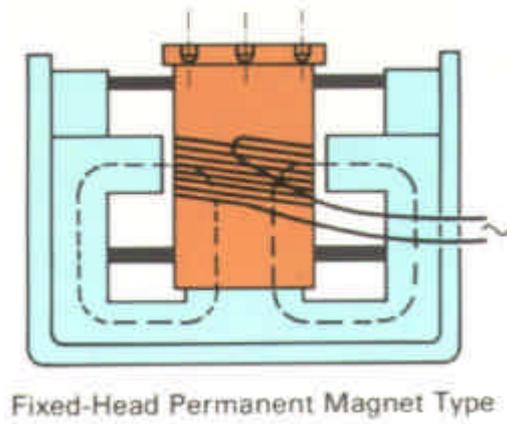
附圖二 Psychrometer



附圖三 Chilled Mirror Hygrometer Block Diagram



附圖四 Vibration Testing System



附圖五 Vibration Exciter cross-sectional view