網路與公開金鑰的奇奇

◆ 社團法人台灣 E 化資安分析管理協會（ESAM）理事長、中央警察大學資訊管理學系專任教授 ── 王旭正

網路—電腦生命力的延伸

網路，現代科技蓬勃發展的最佳助選員，催生各式科技應用如雨後春筍般，一個個接連地冒出頭。網路將固定性的個人電腦，可攜性的手機等機器串接起來，讓這些替代人類工作的機器得以快速地交換訊息。在人的思維下，我們不斷創造「不可能」的奇蹟，而數學則是人類思維的規律性整理，不斷地觀摩、探索、實驗（若邏輯錯了再修正調整，前進下一階段）。藉數學，科學之母的「愛」，讓人類天馬行空的思維得以實現，電腦的問世即是數學的實現之一。藉由機器的重複運算，把人類的想像，在機器、電腦的演算法中，逐一實現。

在網路世界裡，「個人」電腦讓每個人都得以迅速傳送訊息，也得以接收不同電腦使用者所分享的各式各樣資訊。亦可在網路平臺下載、讀取、吸取各形各色的知識訊息，提升生活、工作的品質。藉此，

網路將固定性的電腦和可攜性的手機等機器串連起來，讓這些機器得以快速地交換訊息。

是否可以直觀地體會到電腦搭配網路是多麼地好用，多麼地讓我們在資訊分享、新知汲取、生活需求上，以最方便、最迅速的方式成為我們資訊生活中「愛」不釋手（愛在手上、身上、永遠有一個超級無敵小的個人電腦—手機）且緊密結合生活裡食、衣、住、行、育、樂的「無所不在」。

網路—讓生命更加多彩繽紛

試想，沒有網路的連接是怎樣的情境？

- 早上起床、想要聽首 You Tube 的歌曲，可以嗎？

現今，手機搭配網路的各種功能已和人們的日常生活密不可分。

- 上班族準備出門前，想了解可搭乘的交通工具，（如公車站牌的到達資訊），在到達前 1 分鐘才悠然在站牌出現，可以嗎？
- 在公車到達前，自在無憂的在家、在早餐店裡，桌上一杯香磨咖啡，嘴上品嘗

漢堡美食；或在中式早餐店，品味濃郁豆漿、飽滿的傳統飯糰、古早味蛋餅，可以嗎？

- 到了上班處所，中午懶得外出，在辦公桌前點現今流行的“Uber Eats”、“Foodpanda”，呵呵，神奇地，不久後，熱騰騰、香噴噴的飯菜出現在面前，可以嗎？
- 炎熱的夏天，下班回家前，希望家裡的冷氣、3C 設備能自動啟動，在回家開門的那一瞬間，歡迎主人的歸來，可以嗎？

是的，這些都不是口號了，在網路「無所不可能」的通達裡，一切都是真的。沒了網路，科技就相形失色（或誇張地「瞬間消失」），成了「黑白」的人生，這似乎是可想而知的。網路在我們生活中的地位，以逆向的推想下，就能知道其不可或缺性。

有了網路安全，才有甜蜜可能

有了科技、有了電腦、有了網路，人們還需要什麼？我們開始進入主題。文明的發展，科技的催生，先求有再求好，沒

沒了網路，科技就相形失色，如今在食、衣、住、行等生活各面，網路運作無所不在。

有「安全」的加持，這檔事就永遠是沒有「保障」的缺憾。我們不會讓安全缺席的，安全裡的「祕密」與「真實」是自古以來人們最在乎的兩大存在價值。

1970 年代後，網路安全的必要性已被資安專家、密碼研究者看出將成為科技趨勢的基礎，建構「安全」的網路才能成就科技帶來的「便利」與習慣的「理所當然」。「安全」的基礎觀念就是「祕密」的保護與「真實」的判斷。打破傳統的思維，如何讓保障「祕密」的“key”不再只是「隱藏」，只讓祕密的擁有者知道？如何讓相互通訊的彼此無論認識與否，皆能自然地對通訊的「祕密」做加解密？在網路的傳遞裡，藉「安全」的機制能彼此輕鬆地分享祕密，並阻擋其他「好事者」、「竊聽者」，使之望而卻步、無計可施，達到祕密通訊的目的。

藉由「安全」機制能在網路傳遞裡彼此分享祕密，並阻擋他人竊取，達到祕密通訊的目的。

科技與神話的時空交錯

「公開金鑰」系統（public key system）即是現代「網路安全」的重要基礎。《西遊記》中其實也有著「公開金鑰」的玄機，是否記得唐三藏團隊中的孫悟空（簡稱老孫）？這老孫有著許多戲法，藉著從菩提祖師那學到的「變變變」，而能在〈摘吃仙桃〉、〈大鬧天宮〉、〈西天取經〉的故事中，從身上拔出一叢猴毛，嘴裡吹出一股氣旋，讓那叢猴毛變出千百個「小孫悟空」的小猴兒，這些小猴兒都是老孫的化身，舞刀弄劍與妖魔鬼怪廝殺，神話故事場面看得津津有味、記憶深刻。

每隻小猴都是本尊老孫的分身，傳承老孫所有功夫，得以與所有妖邪對抗。以此引申到金鑰的概念，即為當老孫本尊有一把 key，得以加解密時，老孫所變出的千百個分身小猴也都代表著老孫，所以這些小猴所持有的 key 都是來自老孫本尊，

所有 key 都能對「祕密」加密與解密。換言之，用小猴的 key 加密，也能用老孫本尊的 key 解密，如此即代表這些 key 的群體是相互有關係，能得以對「祕密」做加密與解密的處理，並自然地回復「祕密」的內涵。

藉此我們即知一個重要的概念推廣與應用，當老孫與眾分身小猴皆有 key 時，我們將傳統 key 的思維做些調整，即 key 的擁有者不再只有傳統的一把 key，而是擁有一把以上的 keys。而這些 keys 之間，是可以相互搭配來對「祕密」做處理（即加解密運算），對應到故事中，即為本尊與分身的同源性，藉由同一源體的本尊與分身的搭配即得以因應各式的需求與應用。例如以分身小猴的 key 對「祕密」做的任何加密處理，都得以本尊老孫的 key 作解密，以還原得到「祕密」。

依此脈絡下，若將分身小猴的 key 作為可公開的 key，讓所有欲與老孫祕密通訊者皆可用這些 keys 來對「祕密」做加密處理，傳送給老孫；收到的本尊老孫即可用老孫的 key 解密，如此一來即自然而然的以加密保護了「祕密」，卻也只有老孫本尊得以解密。此即科技與神話情境的時空交錯。

套用在金鑰的概念上，具有同源性的孫悟空（本尊）和以猴毛變出的小猴（分身），就是可以相互搭配來進行加解密運算的 keys。

圖 1　公開金鑰系統下牛魔王與孫悟空的安全祕密通訊

公開金鑰系統讓「網路安全」得以有最大的保障，使得「祕密」的傳遞，「真實」的判斷，得以在網路世界實現。所有的基本觀念傳承原始的傳統做法，key 還是對「祕密」進行「加」與「解」密的最關鍵元素。至於包裝祕密的各式方法，即是在公開金鑰系統理念下，如何來實現的下一個階段。

「公開金鑰」的玄機

回到網路公開金鑰系統下，我們再以《西遊記》的情境來做說明，以老孫與牛魔王這兩位人物的互動，可輕鬆揭開公開金鑰的運作。「公開」所指的是擁有 key 的主導者，為了順利在網路上達陣，將 key 分成 2 種型式，一部分來公開；另一部分仍是傳統的思維，即 key 本來是被主事者所祕密擁有，不得為任何其他人所知曉，如此才是安全保護的核心價值。

既然 key 公開了，那麼不就所有安全也都「公開」了嗎？這是一般人的誤解所在。公開系統的「公開」二字，僅限於主事者 key 的擁有與管理，為了在科技網路下依然能對「祕密」做安全保護，因此將「部分」的 key 做公開，此即「公開」二字命名來由。

依圖 1 所示說明：孫悟空與牛魔王（以下用「老牛」來稱呼）的互動裡，老牛欲

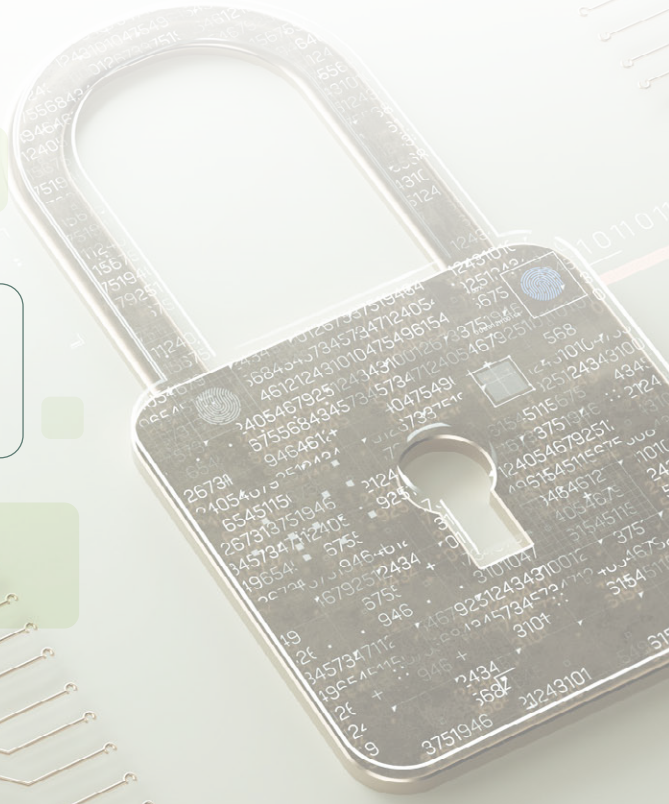
跟老孫作祕密通訊，那麼老牛會告訴老孫派個分身小猴來，小猴所持有的 key 可在網路裡公開被知，小猴亦可公開為老孫的分身。老牛看到分身小猴後，能用小猴的 key（公開的 key）將「祕密」做包裝加密，讓分身小猴將加密的包裝帶回，亦即由網路傳送給本尊的老孫。老孫輕鬆地看到加密的包裝，順手用老孫自己的 key 即可將包裝裡的「祕密」解密。因為老孫與小猴的keys是來自同源，小猴是老孫變出來的，當然老孫的 key 可輕鬆地解密。

這套戲法，依此「祕密」的傳遞方式，網路上的牛魔王也將是如此炮製，先有一些相互有關係的 key（內容值當然是不同的），且有自己的祕密 key，並公開一部分的 key 於網路，使所有人皆知此公開的 key，若想跟老牛祕密通訊，即可用老牛的公開 key 做加密後的黑盒子包裝，而後傳送給老牛，老牛當然也輕鬆地用個人祕密持有的 key 得以將已加密的黑盒子包裝做解密。

談了公開的系統，神話故事裡的《西遊記》竟也搬上現代網路的檯面。那麼如何包裝神話故事的「古」事？如何不再只是「故事」?「前人種樹後人乘涼」，德國的高斯（Gauss）為資安的密碼技術奠下基礎；法國的費瑪（Fermat）閱讀書頁記事的神奇小定理，$a^{p-1} \bmod p=1$，其中 p 為質數，為公開金鑰系統的現代網路的安全性，揭開運用的序幕。

社團法人台灣 E 化資安分析管理協會（ESAM）

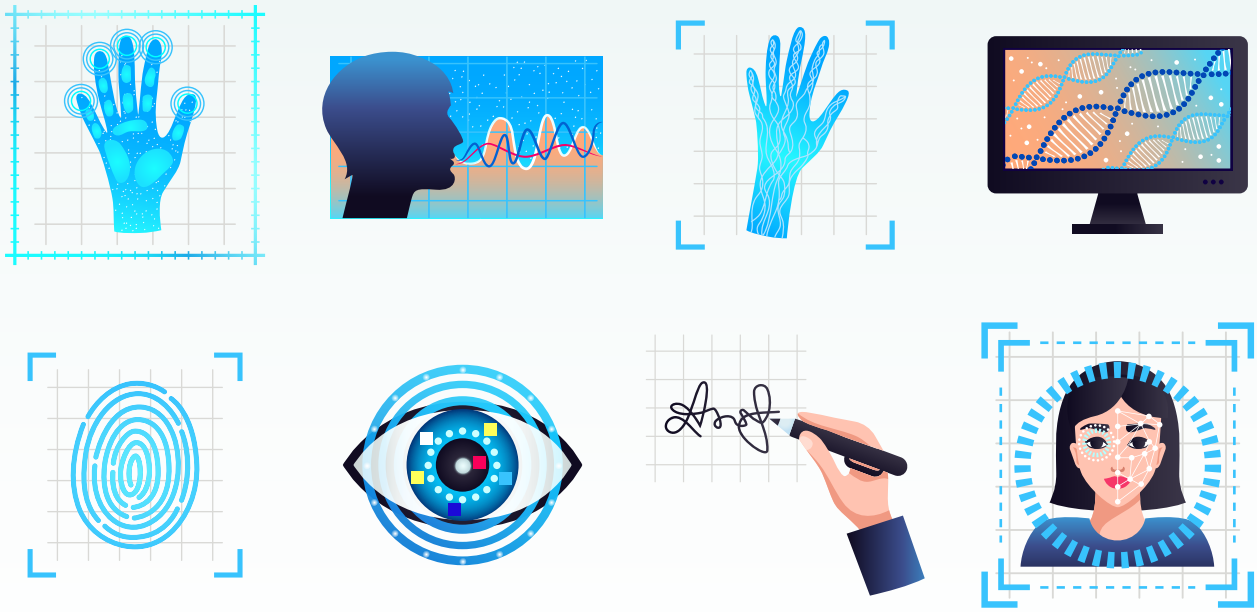
中央警察大學資訊密碼暨建構實驗室（ICCL）



由「刷臉」進校園事件，談生物特徵的個資保護

◆ 大學講師 — 魯明德

報載近期某市議員接獲民眾陳情，指出某女中宿舍購置人臉辨識系統，有侵犯隱私權的疑慮。此新聞讓人聯想到，是否可妥善運用資訊科技來深化門禁管理，卻又不會侵害到隱私權的兩全其美做法。



生理特徵包含指紋、掌紋、掌型、虹膜、面容、聲紋及 DNA 等，行為特徵則有走路姿勢、心跳及簽名筆跡等。

生物特徵是某個人特有的生理（Physical）或行為（Behavioral）特徵。生理特徵包含指紋、掌紋、掌型、虹膜、面容、聲紋及 DNA 等，行為特徵則有走路姿勢、心跳及簽名筆跡等。由於生物特徵通常具有獨特、不易改變的特性，因此被廣泛用於個人辨識系統，如門禁管理、上下班打卡等……。

根據報紙報導，新北市某國中小在 108 年就推行刷臉入校，以臉部辨識的方式辨識學生進入校園，學生們直呼「好潮」、「上學更新鮮」；然中部某女中在 109 年 9 月購置人臉辨識系統後，卻引發家長對隱私權的擔憂。

在資訊界工作的小潘看到這些新聞後，思考著個人隱私跟資訊科技有沒有可能取得平衡？於是在每月一次的師生會上，就立刻提出他的疑問。司馬特老師聽完了這個大哉問之後，喝了口咖啡，緩緩回應小潘：這個問題可分成二個層面來看，一個是生物特徵、一個是個人資料。

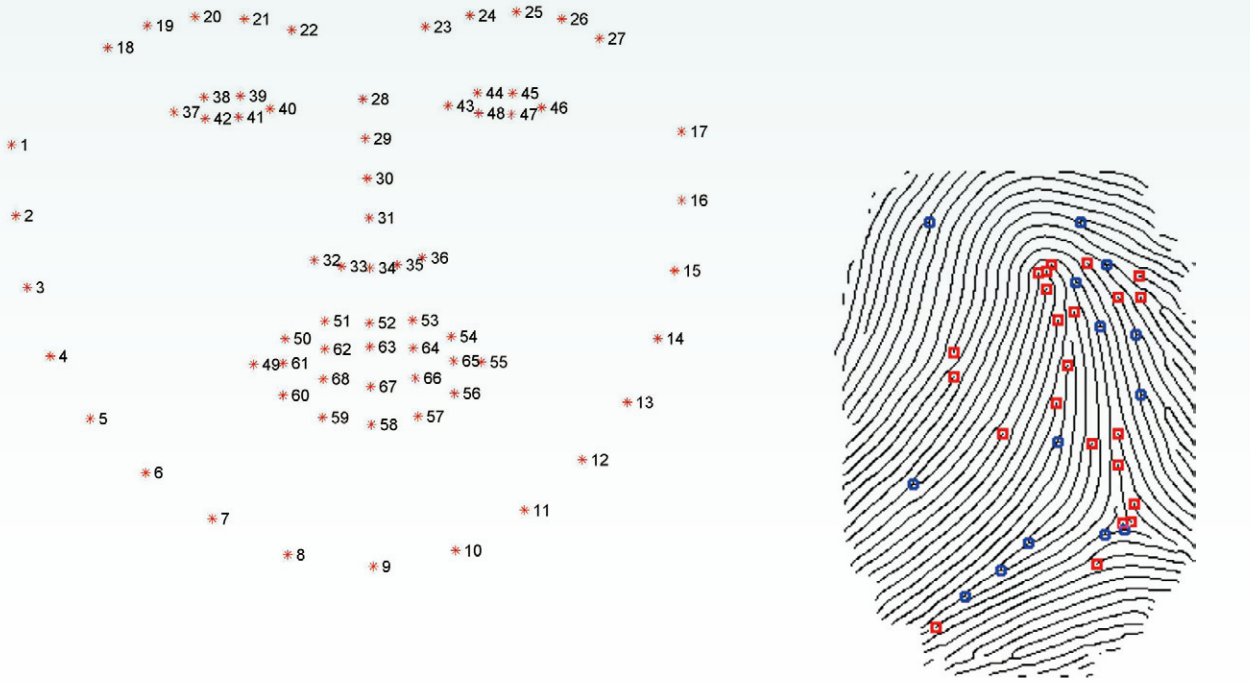
在《個人生物特徵識別資料蒐集管理及運用辦法》第 2 條中，定義生物特徵識

隨著科技的快速發展，近年來有越來越多校園引入人臉辨識技術，圖為弘光科技大學圖書館建置的人臉辨識系統。（圖片來源：弘光科技大學，http://pr.hk.edu.tw/app/news.php?Sn=347）

別資料是「指具個人專屬性而足以辨識個別身分之指紋及臉部特徵資料」。而在《個人資料保護法》第 2 條中，定義個人資料是「指自然人之姓名、出生年月日、國民身分證統一編號、護照號碼、特徵、指紋、婚姻、家庭、教育、職業、病歷、醫療、基因、性生活、健康檢查、犯罪前科、聯絡方式、財務情況、社會活動及其他得以直接或間接方式識別該個人之資料」。

由這個定義可以看出來生物特徵主要指的是指紋及臉部特徵，而個人資料則是除了正面表列的項目外，還包含其他得以直接或間接方式識別該個人之資料，廣義來看，臉部特徵未在條文中列出，但仍然屬於可以識別出個人的資料。

小潘聽到這裡，馬上想到一個問題：有沒有方法不要識別出個人，又能有效的做門禁管理？司馬特老師想了想，喝口咖啡接著說，當我們存放在資料庫裡的資料不是人臉照片或指紋，再加上把資料去識別化（De-identification）後，就可以做到門禁管理又不會侵害隱私了。



人臉與指紋的特徵圖。（Photo Credit: iBUG, Department of Computing, Imperial College London, https://ibug.doc.ic.ac.uk/resources/300-W; Hariyanto, S. A. Sudiro, S. Lukman, https://uksim.info/aims2015/CD/data/8675a037.pdf）

小潘聽得一頭霧水，資料庫裡不放人臉照片，要怎麼比對呢？司馬特老師拿出2張圖來說明，每個人的臉部或指紋上的特徵都不一樣，我們可以取得的是這些特徵點的座標及其特徵值（eigenvalue），這是一個多維的資料，再把每個人的這些位置座標與特徵值以演算法做成各自的特徵向量（eigenvector），存放到資料庫，作為日後門禁管理比對的基準。

舉例來說，在進行門禁管理時，若有一天有個小強要進門，人臉辨識系統便會根據小強的這些特徵，分別讀取它的特徵值，做成特徵向量值後，再與資料庫裡的特徵向量做比對；若在資料庫中找到有相同的特徵向量，就表示小強是合法的使用者，可以開門放行；如果資料庫裡沒有相同的特徵向量，則表示小強不是合法的使用者，不會開門讓他進來。又因為門禁的資料庫裡只有特徵向量，並沒有小強的名字，即使看到特徵向量，也沒有辦法辨識出哪一個是小強，因此，就沒有洩漏行蹤的隱私權問題，也沒有個人資料外洩的問題。

人臉辨識系統會根據面部的特徵分別讀取它的特徵值，做成特徵向量值。（Photo Credit: AT&T Laboratories Cambridge, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eigenfaces.png）

小潘接著問：那二個特徵向量要如何做比對？司馬特老師喝了口咖啡，繼續說下去，不論是存在於資料庫中的特徵向量，還是要做比對的特徵向量，都存在於多維度的特徵空間（eigenspace），只要把它們做餘弦（cosine）運算，如果 cos θ 運算的值為 1，則二個向量就可以視為是相同的向量。

小潘聽完司馬特老師的解說點頭如搗蒜，但是，反應快速的小潘立刻又想到另外一個問題，如果資料庫中只有特徵向量，有一天萬一機房發生問題，要找出誰曾經進去過，豈不是就找不到人了？

司馬特老師非常高興小潘能夠舉一反三，喝口咖啡接著說下去：這就是公司管理的問題囉，在建置員工的臉部或指紋特徵時，一定會有員工的姓名做對照，不然怎麼知道這個特徵向量是誰的，但是，放到門禁管理系統的特徵向量則是經過去識別化的，也就是只有把特徵向量放過去，這樣一旦有一天有異常資料要比對時，自然可以回到內部找出該特徵向量是屬於誰的。

小潘聽完老師一席話恍然大悟，原來資訊科技不只是電腦軟硬體，我們小時候念了半天不知其所以然的向量、三角函數，也有這種用途啊！華燈初上，這次的師生會就在焦糖瑪琪朵的香味中進入尾聲，小潘帶著滿意的答案吹著口哨離開。