摘要：物聯網（IoT）涉及將電子、軟件、傳感器和致動器嵌入到諸如汽車、建築物和各種智能設備等物理設備中。網絡連接使得物聯網設備能夠收集和交換數據。過去五年，由於電子產品價格更加便宜，以及對監控和控制物理世界的渴望，物聯網設備的普及程度迅速增加。我們引入了物聯網洪流的概念，來描述物聯網設備的增加使用。就像數據洪流一樣，物聯網洪流具有潛在的好處和風險。本文關注物聯網增加使用的隱藏副作用，如能源消耗、物理污染、輻射和健康問題。我們指出，需要一個評估系統，該系統擁有從學術界、工業界和政府機構獲得的精心設計的指標，反映物聯網洪流的影響。我們提出了一些實用的措施，可以減少物聯網洪流，如共同平台和數據共享，以減少副作用。本文通過研究智能交通系統領域來展示物聯網洪流問題和潛在解決方案，該領域正在部署物聯網以解決與智能移動相關的時間效率和能源消耗問題。

I. 簡介 在其最基本形式中，物聯網（IoT）建立在分佈式微型設備的網絡上，這些設備嵌入了各種感知能力，用於監測環境並在設備和最終用戶之間傳送信息。這個網絡通常被稱為無線感測器網絡（WSN）。無線感測器網絡技術已經引入了20多年，許多項目都提出並採用了這項技術。由於其簡單的設計、實施、部署和易用性，WSN已經被證明是受歡迎的。這使得物聯網得以以高度多樣的用途發展，超出了感測能力，還包括可以控制環境的致動器。物聯網非常受歡迎，相應的系統被廣泛部署以幫助人們的日常生活。

物聯網技術已經在許多場景中得到部署，以提供更好的服務並支持先進的管理，從智能家居到智慧城市的擴展。應用的物聯網技術可以在工業預測性維護、連接健康和轉化醫學、智能交通、資產追蹤、智慧城市等許多場景中看到。例如，在智能交通系統（ITS）領域，物聯網對智能停車、自動駕駛車輛、智能交通控制、智能路線規劃、交通燈序列、智慧路燈、共享單車和公共交通等方面做出了貢獻。隨著新的應用案例的提出，物聯網在這一領域的應用可能會進一步增加。在智能交通系統中使用物聯網展示了單一領域內物聯網設備的數量。儘管存在重疊的使用案例、問題和解決方案，但通常每個解決方案都會部署新的物聯網設備和系統。沒有連接的基礎設施，也沒有共享資源和數據的嘗試。許多其他領域也採用了物聯網來解決問題。已經估計在未來3年內將有超過500億個物聯網設備在運作[1]。因此，我們可以看到物聯網設備的數量將非常龐大，這將導致物聯網洪水問題的出現。

隨著物聯網在智能交通系統單一領域內的擴散，現在是我們停下來仔細檢視當前物聯網部署的時候了，並質疑物聯網洪水引入的問題，同時提出防止洪水擴大的方法。這尤其重要，因為Gartner已經預測，物聯網目前處於新興技術發展周期中的通脹預期高峰[2]。

通脹將繼續增加，然後因現實的認知而動態下降，即物聯網並非解決世界所有問題的萬靈丹。然而，一旦下降，部署的實體物聯網系統就不容易回收。問題是：我們是否需要這麼多系統，它們到底會給我們帶來什麼？

智能交通中的許多物聯網系統旨在提高現有系統的時間和能源效率，同時減少交通部門的環境影響（例如CO2排放）。在歐洲，交通是唯一一個二氧化碳排放量正在上升的主要部門，因此有必要研究解決這個問題的方法。即使物聯網和智能技術可以改善這種情況，我們仍然需要意識到物聯網本身的環境影響。

已進行許多研究以減少個別物聯網設備或系統網絡層次上的能耗，這些技術包括智能網絡選擇、感測器的智能休眠排程和網絡的節能路由。很少有方法專注於跨越多個系統的更廣泛範圍。物聯網系統在整體中使用的電力百分比仍然不清楚。隨著連接設備的激增，相關的能源成本是不可預測的，因為它不僅取決於數量，還取決於感測器類型、工作頻率和其他在物聯網中可能高度動態的因素。

就個別物聯網設備而言，它們通常不會大量消耗能源，但考慮到到2020年物聯網設備將達到500億個，它們共同將是電力的大量消耗者。這個問題已經被物聯網硬件製造商所認識到，他們已經推出了支持節能通信的協議和技術。在這些設備上降低能耗的技術，即使只有1%的改善，從全球範圍來看也會產生巨大影響。如果考慮到電力的來源可能是天然氣或煤炭，提高電力效率甚至可以進一步減少二氧化碳排放。這是許多相關研究朝這個方向進行的動機。

大規模部署物聯網設備也將導致電氣污染。儘管我們對直接影響我們日常生活的水、空氣、光線和土地污染更加警覺和意識到，但電氣污染也在影響著我們的環境，因為過時的設備被丟棄。物聯網的大規模部署可能會在空氣中引起嚴重輻射，可能引起有爭議的健康問題。

許多物聯網部署旨在通過監測環境條件來支持可持續發展。然而，物聯網部署可能會導致污染並產生意想不到的後果。因此，有必要在不損害物聯網部署的服務質量（QoS）和用戶體驗質量（QoE）的情況下平衡物聯網設備的數量。本文回顧了這一領域的現有工作，描述了物聯網平台的當前狀況，接著提出了現有工作狀況下的問題陳述。我們提出了一個新穎的解決方案，通過一個連接的物聯網基礎架構，減少物聯網設備的數量，同時仍然保持QoS。該解決方案包括一個技術框架，支持物聯網設備及其收集的數據在更大範圍內的共享和重用。此外，我們提出了一些方法、政策、標準和指南，通過鼓勵物聯網基礎設施和數據的重用和共享來控制物聯網洪水。智能運輸系統被用作案例研究。

II. 物聯網發展中的新興問題 從無線感測網絡（WSN）到物聯網的技術演進使得物聯網系統和應用得以蓬勃發展。物聯網已經大大改變了傳統的管理和監控方式，成為許多問題的吸引人的潛在解決方案。然而，沒有控制地大力發展物聯網系統可能會對環境造成傷害，引發意想不到且具有爭議性的問題。

A. 從WSNs到IoT的演變 無線感測網絡（WSN）是由自主的無線微型設備組成的網絡，可以監控周圍環境，記錄數據並將信息傳送回中央服務器或雲端[7]，[8]。WSNs最初是為了軍事監視目的而提出的[9]。由於早期的成功，這項技術被重新用於棲息地監測[10]、天氣監測[11]、農業監測[12]和野生動物監測[13]等任務。WSN技術早在二十多年前就被引入，自那時以來已提出和實施了許多項目。然而，由於建立和維護WSN所涉及的複雜性，公眾只能獲得有限的用途和應用。

參考文獻[14]建議，一個可以與WSN進行比較的相似且成功的範例是互聯網的情況。最初的互聯網是在1960年代末發明的。然而，直到1995年互聯網接入變得更加自由和方便後，它才成為普遍受歡迎的。由於互聯網上開發了許多簡單易用的OTT（Over-the-Top）應用程序，例如全球資訊網、電子郵件和社交網絡，過去十年互聯網用戶數量驚人增長。互聯網為社會帶來了巨大的便利，其重要性不言而喻。

同樣地，隨著WSN或更具體地說是IoT應用的增加，該技術的普及度將提高，這將鼓勵更多的IoT設備和服務。WSN和IoT之間存在幾個不同之處，其中最根本的區別在於IoT中的動態性和多樣性遠高於WSN。例如，傳統的WSN應用主要集中在監控環境並收集現場信息上。然而，IoT應用可以從智能廚房延伸到智慧城市監測。IoT系統的規模通常要大得多，同時涉及多個方面。一個智慧城市系統可能由數百萬個IoT設備組成，用於監測建築物、道路、人員、環境和交通。為了應對感測器和設備的激增，提出了物聯網（IoT）[15]和一切互聯（IoE）[1]的概念，目前在許多領域（例如連接健康、智能交通和旅行、環境監測）中已經廣泛應用，導致設備的激增。

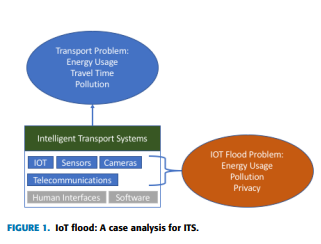


圖1. 物聯網洪水：智能運輸系統的案例分析

B. 物聯網洪水

我們提出了“物聯網洪水”這個術語來描述當前的物聯網情況。物聯網設備和基礎設施就像水一樣，即使在我們毫無察覺的情況下，滲透到我們的生活環境中。物聯網洪水是一場完美風暴的結果。物聯網設備的增加得到了製造成本的降低、傳感器和通信技術的可靠性和準確性的提高，以及更便宜的數據存儲和通信成本的支持。同時，出現了高效處理大數據的能力。這導致物聯網系統被工業、個人和政府部門用於各種用途的部署。河流、農田、森林、海洋和城市環境都面臨著物聯網洪水的風險，因為新的物聯網系統被部署來監測和應對各種情況。

雖然對於物聯網設備數量的預測存在差異，但所有來源都一致認為設備數量將非常龐大。例如，Gartner研究預計到2020年將會有200億物聯網設備。Statista顯示，到2020年，全球物聯網設備的安裝基數預計將增長到近310億，並且到2025年底將達到750億。思科公司也預測到2020年將有500億物聯網設備。所有不同的來源都對物聯網設備數量非常有信心，並且預計總數將持續增加。

如果物聯網系統得到良好管理，它們可以對我們的環境做出貢獻並改善我們的日常生活。然而，如果在部署方面存在一個無所不在的自由競爭，物聯網設備的數量可能很快失控，在許多情況下它們將無法實現其設計目標。例如，許多物聯網系統旨在減少其他系統的能耗，但是物聯網設備的能源使用量是不穩定的，取決於傳感器的類型、採樣頻率和通信芯片。構建和運行物聯網系統的隱藏能耗目前仍不清楚。例如，行業倡導者建議，新興的連接家居技術可能幫助家庭將能源帳單降低10-25％。然而，來自澳大利亞和英國的社會研究正在揭示物聯網系統可能也會增加能源需求的可能性。有限的物聯網系統在研究中解決了這個問題，因為完整的評估指標系統和平台仍然缺失。許多方法已被提出來支持能源有效的通信，但只關注無線傳輸層。隨著物聯網洪水的到來，除非采取行動，否則在未來十年內支持系統所需的能源消耗將會大幅增加。例如，根據英特爾創新物聯網解決方案總監桑迪·比德（Sandhi Bhide）的說法，2012年大約有7,500萬輛汽車，每輛汽車平均配備80個傳感器，總共有60億個傳感器。如果每個傳感器的平均功率為1瓦，這意味著這些傳感器消耗了6000兆瓦時的電能。到2020年，預計將有1.1億輛汽車配備每輛200個傳感器，僅汽車部分就有220億個傳感器，估計消耗了22,000兆瓦時的電能。22,000兆瓦時相當於1780萬個能源客戶（相當於上海的人口）的能量消耗 - 這僅僅是用來為汽車中的傳感器供電。目前，電力已成為現代社會的關鍵商品。與此同時，由於化石燃料的能源生產增加，電力對環境造成了破壞性影響，而不是提高其效率，並且相關的二氧化碳增加導致全球變暖。如果不加以控制，缺乏適當管理的物聯網設備可能會通過電氣污染進一步破壞我們的環境。電氣污染是指不再被回收的廢棄電子產品的普遍存在。估計一個計算設備在3-4年後因技術進步而變得過時，這意味著需要更換設備。如果沒有進行適當的管理，這將是2020年將投入運營的數十億物聯網設備的一個嚴重問題。接下來的部分將探討與運輸部門的物聯網部署相關的這些意外後果。

III. 智能交通系統（ITS） 智能交通系統（ITS）利用技術來支持更高效、可靠和可持續的運輸。雖然這個術語可以應用於任何交通方式，但ITS最常用於與道路運輸有關的領域（貨運、公共交通、私人汽車、自行車等）。在其核心，ITS由收集當前狀況數據的傳感器和處理數據以做出決策或在許多情況下通知人類參與決策的軟件和算法組成。

ITS中的IoT部署很普遍，因此本節重點介紹了這一單一領域中IoT洪水及相關後果。首先介紹了基於IoT的ITS和智能運動的背景和現狀。然後揭示了ITS中IoT洪水背後的原因。問題現在才開始浮現，因此解決方案尚未出現。

A. ITS和智能運動 除了道路運輸的直接成本（燃料、保險和基礎設施）外，間接成本普遍存在且不斷增加。參考文獻[18]指出，運輸效率低下可能導致時間損失巨大，降低車輛和行人的安全水平，造成嚴重的污染，降低生活質量，浪費不可再生的化石能源。因擁堵而導致的用路人時間損失高達數十億美元。例如，2017年紐約市的擁堵造成了330億美元的損失。7道路運輸活動也有環境成本。道路運輸占歐盟總二氧化碳排放量的約五分之一，是主要的溫室氣體。在歐盟，運輸是唯一一個溫室氣體排放量仍在上升的主要行業。

ITS和更智能的交通出行被提出來解決傳統運輸和移動中存在的時間和能源效率問題。特別是，能夠感知當前交通狀況並提供調整的IoT部署對研究人員和城市規劃者很感興趣。IoT設備可以從簡單的感應環路，用於計算車輛數量，到用於活動的視頻和藍牙探測器。車載感應器還可以確定車輛速度和周圍環境條件。

當這些感應器成為一個共同的通信平台的一部分時，數據可以在傳統的運輸控制和管理中使用，並實現交通信息的交換和分析。由於ITS可以提供的吸引人的特性，許多應用和系統已經被開發出來。例如，施耐德電氣解決方案的目標是提供智能交通的集成解決方案。借助高度發達的機器學習和深度學習技術以及數據的增加可用性，基於傳統ITS的智能交通已經被提出並成為趨勢。

智能交通主要基於數據驅動的設計，專注於行為分析和未來預測。它將通過獲得預測分析和智能協調功能進一步推進ITS。根據系統的規模，預測和協調可以針對本地社區、城市甚至國家進行優化。在歐洲，歐洲委員會一直在推動ITS的實施和發展。它還將智能運輸作為研究提案的主題之一。因此，許多由學術界和工業合作夥伴領導的ITS項目應運而生。在歐盟共同研究和開發信息服務（CORDIS）上搜索，可以看到超過120個帶有關鍵詞“智能交通”的不同項目獲得了歐洲委員會的資助。在愛爾蘭，已經提出了許多ITS項目，旨在鼓勵和促進愛爾蘭的綠色交通，例如[24]–[26]，旨在為用戶提供全面的信息，並協助智能交通和決策制定。《更智能的出行》是愛爾蘭的交通政策，旨在闡明如何實現可持續的出行和交通系統的願景。愛爾蘭交通基礎設施（TII）支持多個項目，以提高公共交通和國家道路的效率。所有這些項目都得到了愛爾蘭政府的全面或部分資助和支持。

B. ITS系統存在的問題 地方和國家政府以及歐洲委員會正在推動解決交通問題的壓力，這加劇了第2.2節中描述的IoT洪水及相關問題。如果沒有適當有效的控制和干預，情況可能會惡化。許多研究、努力和資源都被投入到ITS和智能運輸的開發中。即使許多現有系統得到了歐盟和國家政府的支持和資助，項目之間的互動也很有限。雖然人們普遍希望實現更高效、可持續的道路交通，但目前還沒有建立或提出共同的IoT基礎設施。因此，每個項目都必須部署新的IoT設備來解決更廣泛的交通和出行問題中的特定部分。接下來，我們將重點介紹智能交通推動了ITS中的IoT洪水。

1.內部和跨系統互動受限

我們調查了國際和愛爾蘭市場上開發的多個ITS（[24]–[28]）。現有工作的一個共同缺點是它們很少設計與其他ITS互動的接口。這個缺點使得平台和即時數據共享變得不可能。例如，如果一個智能公交系統想要從現有的智能道路系統獲取道路交通信息，如果沒有預先設計的接口，每個ITS都需要部署自己的一套IoT設備來收集數據，這將增加額外的工作量。隨著系統的規模擴大，可以預期將需要更多的設備來滿足用戶的需求。

除了ITS之間的內部（相互之間）互動受限外，對於與其他IoT領域的跨系統互動也考慮不足。例如，在與其他智能系統（例如ITS和智能健康）分享硬件、軟件或數據方面，很少表現出興趣。在提出新系統時，很少有研究人員考慮與其他智能系統整合的機制，這可以減少冗余，減少IoT設備並提供更多數據。在許多情況下，不同ITS或其他智能系統之間的集成和合作可以大大提高整體QoE。例如，在智能健康系統中的救護車應該能夠與ITS整合，以確定最有效的路線行駛。

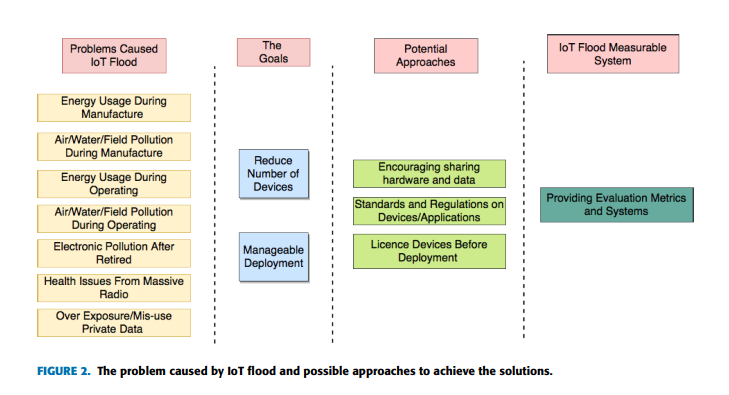


圖2. IoT洪水引起的問題及可能實現解決方案。

2. 有限的系統間互動也可能限制硬件和數據的重複使用，並導致全球IoT洪水。在ITS中，如果對於給定系統存在未知信息，很可能需要進行新的IoT部署才能收集該信息。有限的研究利用現有的硬件平台進行重複使用，以應用於新的或現有領域。當前ITS中的硬件可重用性低。這導致每次提出新系統時都需要新的部署，並在系統退役時浪費大量設備。

C. 沒有對IoT洪水的預見

ITS中存在問題的根本原因在於，在設計和評估系統時，並未考慮到IoT洪水及相關的意外後果。

如果我們能夠

1）解決內部和系統間互動的限制問題，我們可以提高每個IoT系統的利用率。

2）解決有限的可重用性問題，我們可以延長IoT系統的壽命並延遲設備的報廢。

這些解決方案每一個都可以顯著地有助於防止IoT洪水的負面影響。在下一節中，將提出在更廣泛的IoT領域中實現這些解決方案的技術。

IV. IoT洪水的副作用和解決方案

我們在第二部分介紹了“IoT洪水”的概念，用以描述未來近期IoT設備數量的戲劇性增加，以及隨著設備數量增加到難以或無法控制的水平時我們將面臨的問題。圖2總結了問題和潛在解決方案。

在本節中，首先我們將進一步討論IoT洪水的副作用，超出僅僅討論設備數量的範疇。然後，我們提出了可能的解決IoT洪水問題的方法，包括鼓勵平台和數據共享、提供標準和規定、監督IoT系統的開發，並向市場上的許可設備發放許可證。為了引導市場朝著期望的方向發展，應提供一個具有全面評估指標的系統。這樣的系統應該能夠為IoT系統設計師和開發人員提供見解和認識，觀察他們的系統是否會導致IoT洪水問題，並幫助他們了解副作用的影響。

A. IoT洪水的副作用

圖3概述了IoT洪水的原因以及可能產生的副作用。我們生活在一個大量部署IoT設備以滿足多種目的的世界中，清晰的趨勢顯示，這一數量在未來十年將繼續增長。正如我們已經描述的那樣，這種情況被視為IoT洪水。在此討論了隨之而來的副作用。

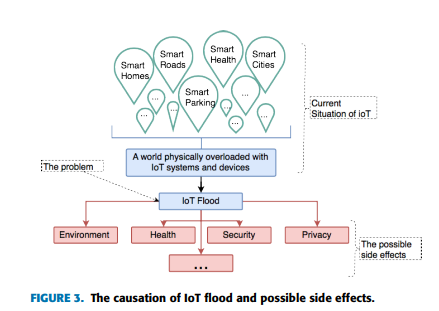


圖3. IoT洪水的原因和可能的副作用。

1環境問題

許多IoT系統，特別是在ITS領域中，已被提出以通過監測CO2排放來突顯和解決緊迫的環境問題，以改善環境的可持續性。以基於IoT的ITS在交通運輸中節省的時間和燃料為主要標準來評估系統的成功。然而，通常不考慮IoT部署的環境成本。例如，在製造過程中的能源使用和空氣/水場的污染，在操作期間的能源使用/水場的污染以及退役後引起的電子污染，所有這些都應該作為IoT部署影響的一部分進行討論和測量。實際上，IoT洪水帶來的隱藏副作用往往容易被忽視。

由IoT洪水引起的環境問題目前非常嚴重，迫切需要解決。根據歐盟統計局的數據，家庭、製造業和交通運輸是歐洲二氧化碳排放量最大的貢獻者。IoT設備在所有這些領域都普遍存在，為滿足不斷增長的需求而製造這些設備可能導致更多的二氧化碳排放。

2.健康問題

為了支持IoT網絡的全面無線覆蓋，將部署大量的網絡接入點，如WiFi、4G和5G。大規模部署無線IoT設備及支持它們的網絡基礎設施將在空中產生大量的無線電信號。關於暴露在這種密集的無線電信號環境中對健康帶來的風險，有許多討論和觀點。行業已經制定了標準和規則，從健康和安全的角度來規範市場。世界衛生組織（WHO）已組織研討會來了解和討論基站和無線網絡暴露的風險。雖然一些人，例如GSMA，指出手機或無線網絡對人類或環境構成健康風險的證據變得越來越弱。與相關的健康問題經常引起人們的關注，但應在IoT部署中予以考慮。

3.安全問題

IoT對用戶的安全和隱私構成風險，而IoT洪水將加劇這一問題。典型的IoT設備負責感知環境並收集數據。如果不使用安全通信通道，則存在設備可能被入侵或數據可能被截取的風險。如果這些IoT設備被攻擊者和未經授權的用戶控制，可能會造成嚴重損壞。這樣的行為甚至可能不會引起系統操作者和授權用戶的注意。如果許多IoT設備被系統遺棄但由於電池壽命長而仍然可以運行並繼續收集和傳輸數據，問題就會變得更加嚴重。

4.數據隱私問題

隨著歐洲《一般數據保護規則》（GDPR）于2018年5月25日生效，保護用戶數據和確保用戶隱私成為許多IoT應用中急需解決的問題。用戶的數據不能在未經他們知曉的情況下被檢測或捕獲。隱私對於所有現有和未來的應用開發，包括IoT系統，都具有最高的優先級。IoT洪水使得極其困難確定數據將如何收集以及它們將如何使用。根據GDPR，用戶的個人身份不得被識別或追蹤。根據新法律，數據處理必須具有合法和合理的目的。應禁止任意部署IoT設備。數據收集需要最小化，並且需要努力限制存儲，防止不必要的數據冗余和重複。應禁止通過密集部署的IoT系統過度收集數據。此外，數據需要負責和可追溯。大規模部署無法追溯的IoT系統將被視為違規行為。

B. 解決IoT洪水問題

避免洪水的有效方法是控制水源。通過在源頭停止水流或通過適當管理將水流引導，可以實現控制，以減少其負面影響。同樣的方法可以應用於IoT洪水，即通過減少IoT設備的數量並仔細管理未來的部署來控制。有幾種方法可以用來實現這些目標。

1.鼓勵分享

共享硬件和數據可以大幅減少所需的新IoT設備數量。當需要新信息時，只會部署對QoS至關重要的必要設備。通過這種方式進行共享將減少IoT洪水問題，並促進IoT系統之間的內部和外部系統互動。智能IoT系統不應該僅局限於單一方向，如ITS所示。智能交通不僅僅是關於智能出行路線以避免交通堵塞並實現燃油和時間效率，還可以通過涉及智能停車場、安全和個性化、上下文感知來改善服務。IoT部署需要與智能治理、智能電網、智能醫療保健合作，不應該孤立運作。這將實現最大程度的可重用性和收益。將系統置於更大的背景中可以產生更優化的解決方案。從數據中提取的原始數據和有意義的信息可以在不需要新的IoT部署的情況下在智能系統之間進行共享。交換和分享該信息可以使所有部門和系統受益。

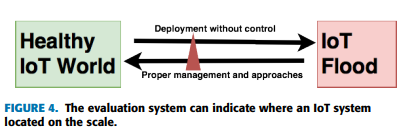
2.標準和法規

為了實現ITS的目標，有必要通過一套法規和標準來促進1) 能源高效的感應器和2) 通過減少部署的感應器數量。這些標準可以成為國際標準化組織（ISO）的一部分。應該考慮以下事項：

1.能源高效的感應器和應用程序：從硬件、介質訪問控制（MAC）層、網絡層和應用程序層實現能源高效的通信和處理。

2.感應器應具備支持平台/數據共享並促進可重用性的能力。應提供專用接口和組件來實現這一目的。IoT平台應該遵循類似雲服務和數據中心的模式，鼓勵集中管理和硬件共享，以減少感應器的數量。IoT應用程序應該允許在更大範圍內進行數據共享，以提高QoS和QoE。

應用標準，特別是法規來控制和管理市場將會是有益的。一套統一的標準也可以在分享和重複使用時提供幫助和便利。每個系統應該能夠為硬件和軟件層面的與其他系統進行互動提供明確定義的接口。應該制定法規，供中央組織在授權IoT設備許可時參考。如果IoT設備只能通過許可部署，感應器的數量將會得到有效管理，收集的數據也將得到良好的控制。IoT現在蓬勃發展，迫切需要從集中管理的方式對部署、數據收集、存儲和使用進行規範和控制。

  
圖 4. 評估系統可以顯示 IoT 系統在評分標度上的位置。

C. 一個全面的評估系統

為了達到這些標準，需要制定指南和一個全面的評估系統，以實現標準的實施。如圖 4 所示，IoT 系統可以存在於一個健康的 IoT 世界中，並且在具有有限副作用的情況下運作，或者導致 IoT 洪水和許多副作用，或者位於標度的中間。沒有適當的管理和控制的部署將將系統推向標度的 IoT 洪水一側。另一方面，如果遵守良好的實踐和標準，將解決 IoT 洪水問題。 IoT 系統的設計和開發決定了它在標度上的位置。一個全面的評估系統可以向 IoT 開發人員顯示該系統在標度上的位置，使他們的系統在標度上的指數可見。

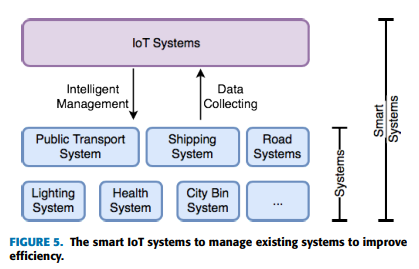


圖 5. 智能 IoT 系統管理現有系統以提高效率。

這樣的評估系統必須反映出在當前 IoT 中受到有限關注的環境問題。可以將 IoT 系統視為智能系統，用於改善現有系統的效率——即系統中的智能系統，如圖 5 所示。通常，人們通過改善底層系統的效率來評估 IoT 系統的性能，例如從搭乘公共交通中節省的時間。然而，大多數部署未能解決 IoT 系統本身的影響，從而導致了圖 3 中所示的副作用。

我們指出需要一個評估系統來衡量智能系統的整體性能。它應該能夠展示智能 IoT 系統的能源效率如何。為了回答這個問題，我們需要超越傳統，以完整的指標空間來評估 IoT 系統的表現。例如，評估應該考慮以下通常被忽視的事實：

* 需要多少設備？製造這些芯片並部署/維護它們的環境成本是多少（空氣、水、場地污染）？
* 每天將使用多少能源/電力？
* 能源/電力來源是什麼？它們是乾淨的嗎？
* 一旦報廢，這些設備/系統是否可以回收利用？
* 系統能夠有效實施平台和數據共享計劃嗎？

一個旨在減少二氧化碳排放的系統能否實現其目標取決於許多因素。應該考慮到隱藏的影響。系統應該在傳統的度量框之外進行評估。利用完整的度量空間和系統進行評估以反映環境和其他影響是迫切的。基於上述理解，我們提出了應該包括的幾個指標：

1.二氧化碳排放：為了評估總二氧化碳排放，必須考慮到框之外以獲得準確的現實估計。為了降低能源成本，有幾種方法，例如促進節能通信和處理協議和算法、減少感測器部署數量、使用清潔能源、應用能源收集技術等。《道路交通排放因子手冊》（HBEFA）[32]被引入以提供各種交通情況下所有當前車輛類別（PC、LDV、HGV、城市公共汽車、長途巴士和摩托車）的排放因子，每個類別分為不同類別。手冊包含所有受規管的和最重要的非受規管的污染物的排放因子以及燃料消耗和二氧化碳。這可以成為 IoT 分析的成功典範。

2.可重用性：重用其他現有系統、支持進一步發展和簡化未來更新都是要遵循的良好指南。

3.共享：硬件和數據共享將顯著減少新的部署，有助於在更大的範圍、城市層面甚至國家層面上制定智能策略，並擁有全球平台和數據集。

4.先進/新穎的信息通信技術（ICT）：為了在不影響服務質量的情況下減少系統中的 IoT 裝置數量，應該鼓勵和激勵對於缺失數據預測的數據分析技術、硬件和數據共享的新型架構設計進行更多努力。由於 GDPR 已經生效，許多服務和現有應用程序面臨著過度暴露私人信息的問題。允許通過收集保護隱私數據實現高服務質量的技術應優先考慮。此外，自給自足的設備所需的能源收集技術也急需 – 即使在 500 億設備中節省 1 毫瓦的能源也會帶來巨大的吸引力降低。

D. 執行的動機 解決 IoT 洪水問題有許多方法，它們都致力於實現兩個一般目標：1）減少 IoT 裝置的數量和 2）可管理的部署。然而，激勵機構和公司採取行動仍然是一個挑戰。以 ITS 為例，ITS 的目標是提高 1）時間效率和 2）能源效率。為了實現時間效率，需要一個平台或機制來允許硬件和數據共享，以獲得全球優化解決方案。

需要由集中力量進行管理。要實現真正的能源效率，需要在第 IV-C 部分描述的建議的評估系統中對二氧化碳排放進行評估。要解決 ITS 和智能移動中的現有問題，需要集中的管理和治理結構。工業界需要遵循標準，系統需要在進入 IoT 市場之前經過合格的審核。

結論 毫無疑問，物聯網設備的數量正在增加。我們引入了“物聯網洪水”一詞來描述和捕捉與設備大量部署相關的挑戰。這種增長的規模有可能產生意想不到的後果和副作用，涉及能源使用、環境和健康。研究人員有必要了解這些風險並開始尋求解決方法。我們強調了物聯網洪水如何在 ITS 領域中發生，這是由於設備和數據的共享不足以及項目的狹隘焦點。本文提出了通過重複使用數據和設備來解決物聯網洪水問題的初步步驟。為了支持這一點，需要相應的法規和標準。最後，本文認為，為了衡量物聯網成功的影響，應該測量意想不到的後果的評估指標。 在未來的工作中，首先我們將致力於提供一套全面的評估指標，以 1) 評估物聯網系統的物聯網洪水潛在風險，並且 2) 測量物聯網系統的影響，特別是專注於環境副作用。然後將考慮其他問題，如健康、安全和隱私。