

Location Technologies for a Smart City 智慧城市的定位技術

Prof Gary Chan

陳雙幸教授

Director, Entrepreneurship Center

科大創業中心主任

Professor, Computer Science and Engineering

計算機科學及工程學系教授

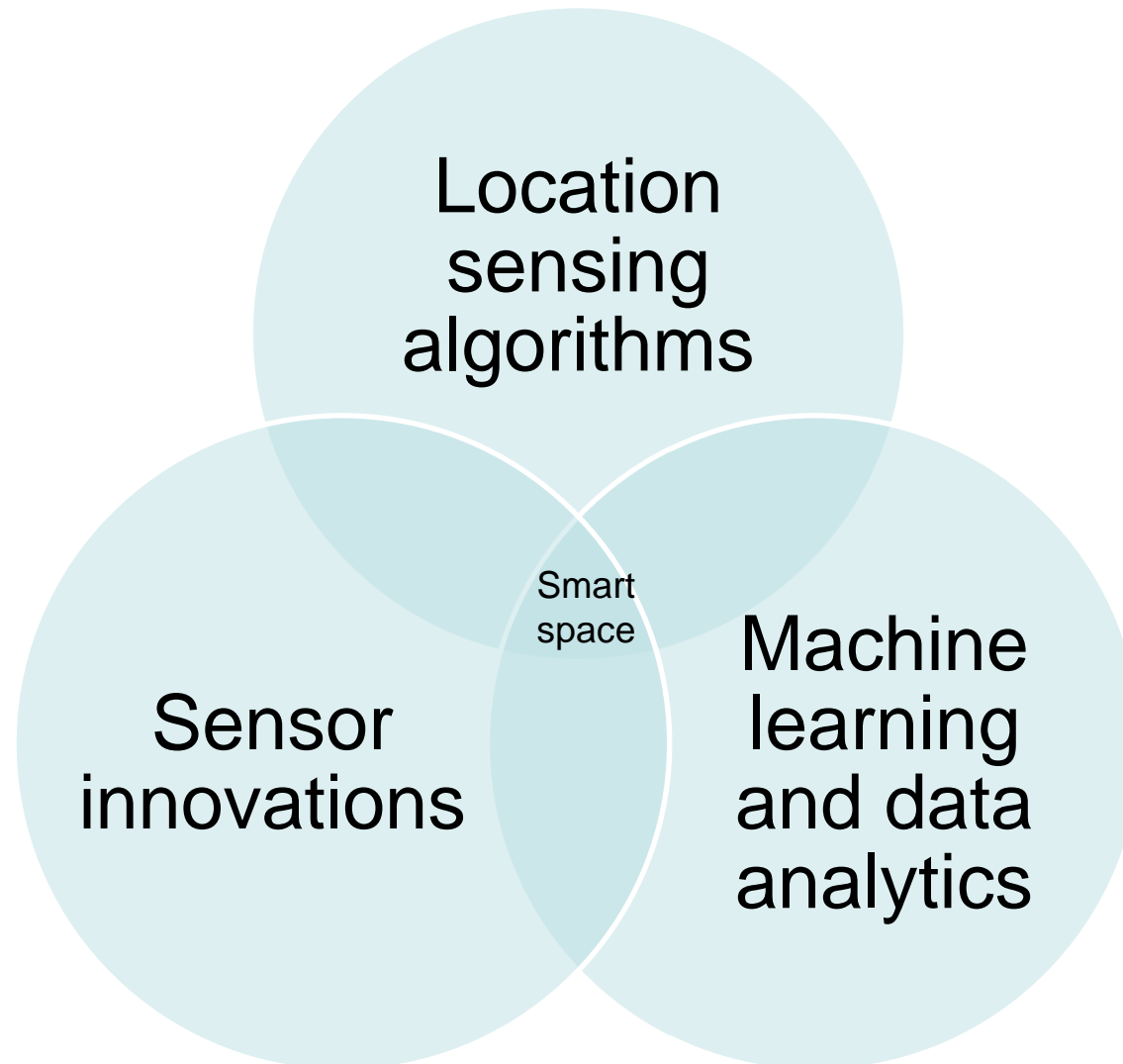
HKUST

Who I am



- Professor, CSE, HKUST
 - PhD, Electrical Engineering, Stanford University
 - BSE (Highest Honors), Electrical Engineering, Princeton University
- Director, Entrepreneurship Center
- Chair, Committee on Entrepreneurship Education Program, Center for Education Innovation
- Chartered Fellow, Chartered Institute of Logistics and Transport (FCILT)
- Smart city and space, IoT, location sensing, data/user analytics

Research Focuses on Smart Space

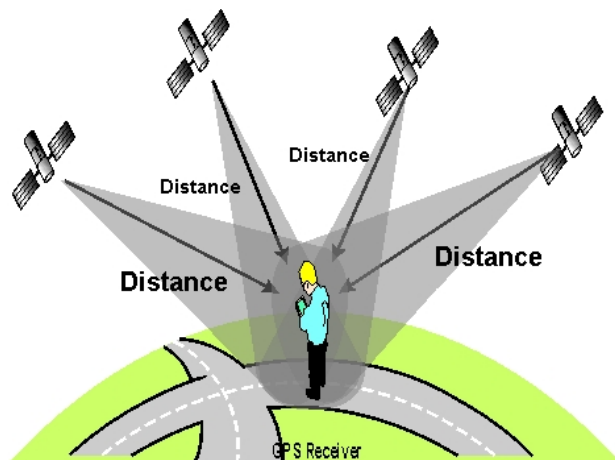


Location, Location, Location!

- Location information 位置資訊 is a major driver for smart city
 - Enable new location-based applications/services
 - Create new and immense commercial and social value

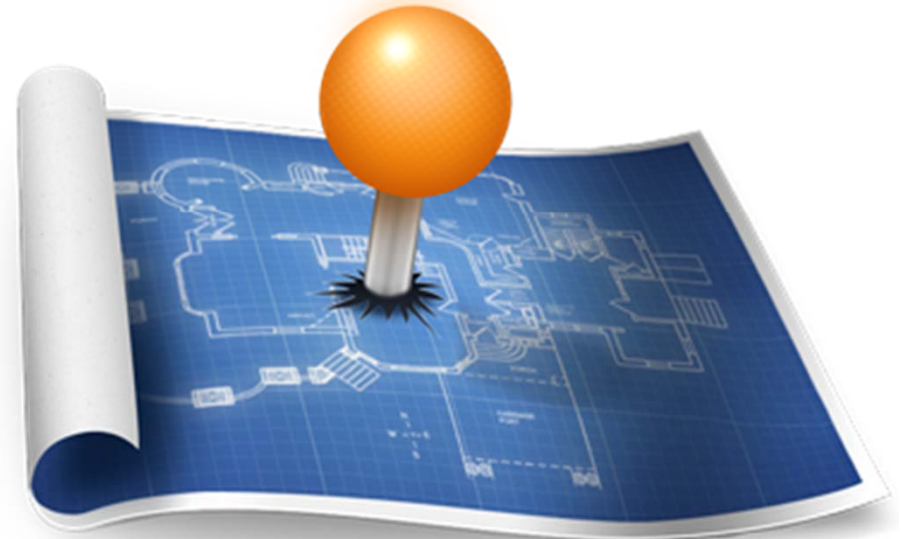
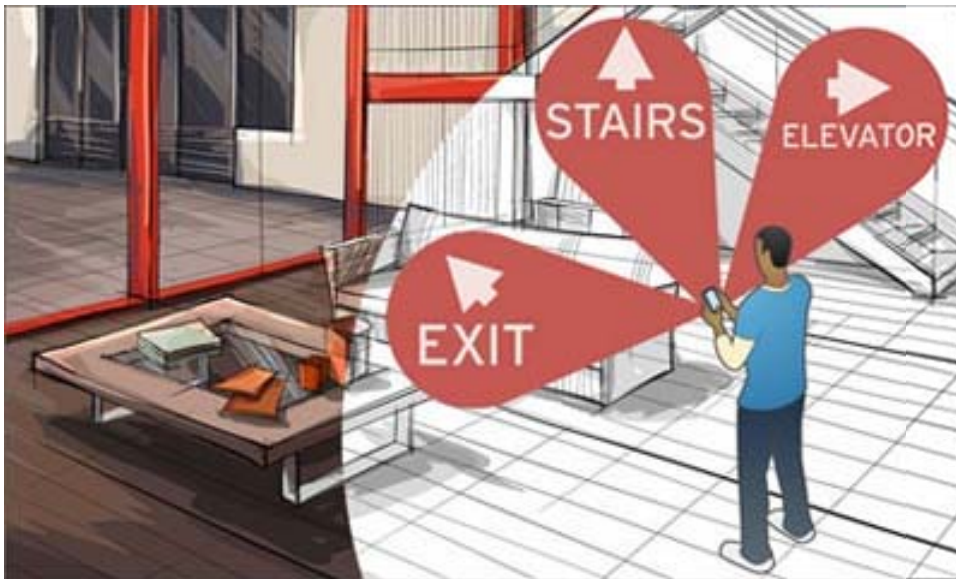
Outdoor Location-Based Services (LBS)

- Based on GPS (Global Positioning System) 全球定位系统 with satellites
 - Widely and successfully commercialized
- Navigation, places of interest, hotels, parks, gas stations, etc.



Indoor Location-Based Services (LBS)

- Even larger and more lucrative market
 - more than 70% of our time is spent indoors (Don Dodge, developer advocate at Google)



A Case: Personalized Location-based Ads



3D立體電影推介



幽靈車神3D之死神復仇

片長：95

級別：IIB

語言：英語及羅馬尼亞語(部份) (中文及英文(部份)字幕)

Mon, Mar 05, 05:45 PM House 4 \$75.00

購票

約朋友去UA睇戲



3D 雨果的巴黎奇幻歷險

片長：126

級別：I

語言：英語(中文字幕)

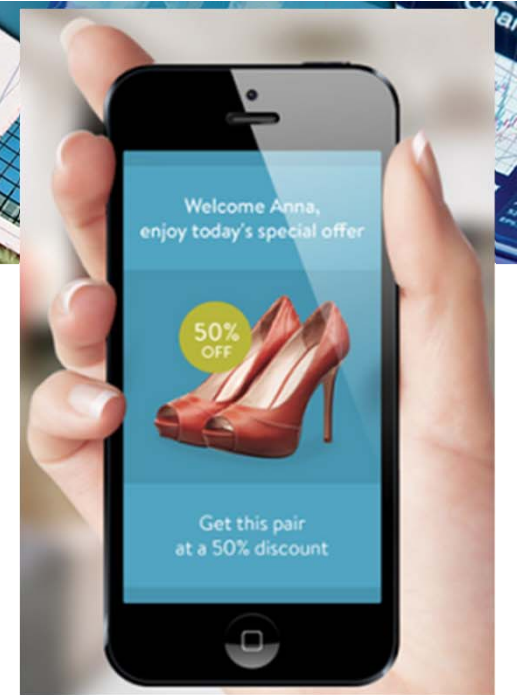
Mon, Mar 05, 05:15 PM House 1 \$75.00

購票

約朋友去UA睇戲

Market Potentials and Smart Location-based Applications

- A multi-billions market
- Indoor navigation
 - Help customers find information, shops, booths, items, etc.
 - Airport, malls, exhibition centers and super-marts
- Location-based personalized recommendations
 - Mobile advertisement and marketing
 - Enable O2O (online-to-offline) business
- Flow control and crowd analytics
 - Dwell time
 - Venue design and rental optimization
 - Timely staff dispatching for queue/crowd control
- Asset tracking
 - Equipment, anti-wandering, people with cognitive impairment, patients, etc.
- Location-based games (e.g., treasure hunt)
- Social applications
 - Finding nearby people sharing the same interest



Location Extractions

- GPS signal cannot penetrate indoors
 - Call for a new approach and technology
- App 應用程式 installed on your phone
 - The phone uses its sensors to estimate its location.
 - Users query their locations (“Where am I?”)
 - WiFi, geomagnetic fields 地磁場, iBeacon, gyroscope 陀螺儀, accelerometer 加速規, pedometer 計步器, light, video, barometer 氣壓計, etc.
- Sensors 感測器 installed in the venue
 - Sensors are deployed in the venue to sense people’s locations.
 - Users may not need to know their locations (“Where are they?”)
 - The signals the sensors detect include WiFi, iBeacon, video, infrared 紅外線, etc.

Innovations

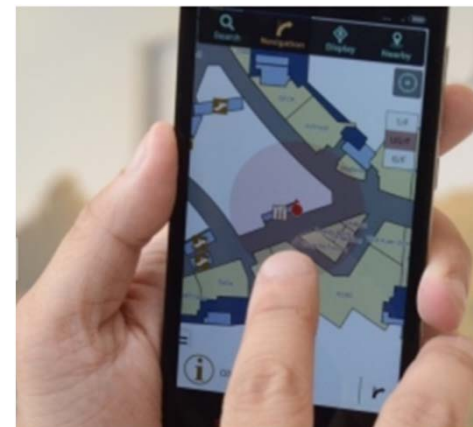
- Different signals have their own strengths and limitations
- Fusions融合
 - Combine their best
 - Overcome their limitations
- Fingerprint指紋
 - Achieve much higher accuracy
- Our software suite fusing WiFi with other signals on different mobile platforms is the **first and only** of its kind deployed in Hong Kong
- Development supported by ITC創新科技署's ITF創新及科技基金 and LSCM R&D Center



Hong Kong R&D Centre for Logistics and
Supply Chain Management Enabling Technologies
香港物流及供應鏈管理應用技術研發中心

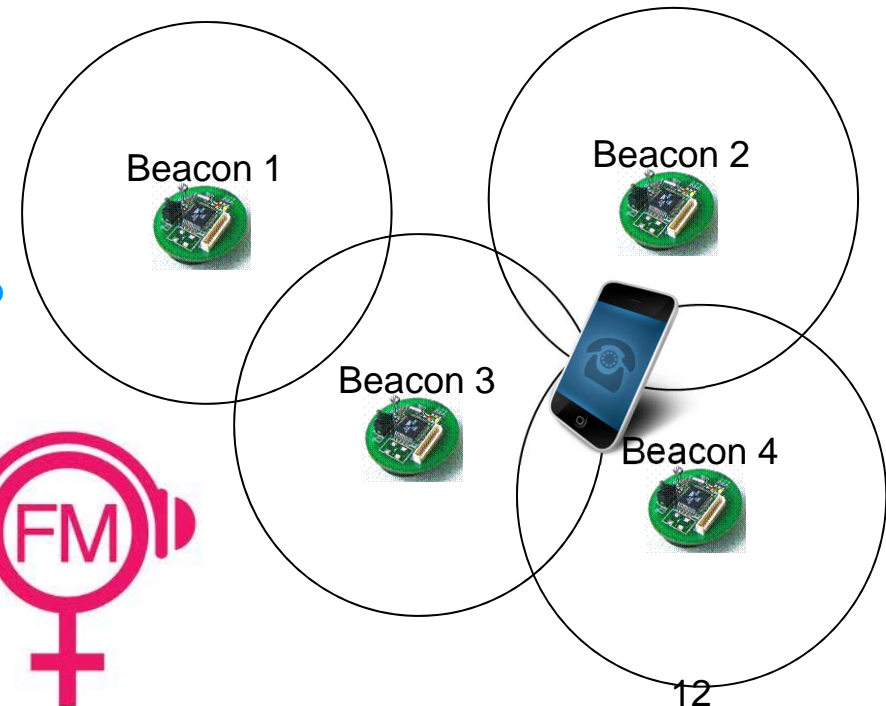
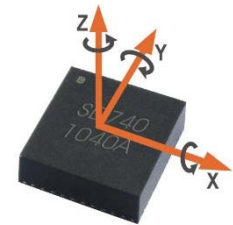
App-based Localization

- App-based
 - Android + iOS
- “No string attached” besides your phones
- Non-intrusive and transparent to existing infrastructure
 - Sense the signals around to position you



Fusing with Other Signals

- Geomagnetic field
- Bluetooth (BLE)/iBeacon
- Dead reckoning/INS (inertial navigation system)
 - Step counter (pedometer), gyroscope, accelerometer, etc.
- Barometer (Air pressure)
- Light
- Ultrasound
- Video
- GPS/AGPS/CellID/WiFi MACID/NLP (Network location provider)
- RFID無線射頻辨識
- Etc.



IoT People Sensing (Personalized or Anonymous)



Fusion with Camera: The Best of Both Worlds

- **Pure camera-based system**
 - Device free
 - Blind spots
 - Weak user trackability over time
 - Susceptibility to lighting or occlusion
- **WiFi/ibeacon sensing**
 - No blind spot
 - Ease of deployment (low cost)
 - Tracking people anywhere
 - Can be combined with surveillance cameras for higher accuracy



Shaping Smart City Development in Hong Kong



- Government rolled out Smart City Blueprint for Hong Kong 香港智慧城市藍圖 in December 2017
 - Smart City Blueprint for Hong Kong:
<http://www.info.gov.hk/gia/general/201712/15/P2017121400727.htm>
 - install multifunctional smart lampposts starting from 2019 to facilitate collection of real-time city data to enhance city management and other public services
- With our fusion location-based technology, we can create immense social value on
 - Providing timely location-based services to tourists and general public
 - Anti-wandering and finding missing people

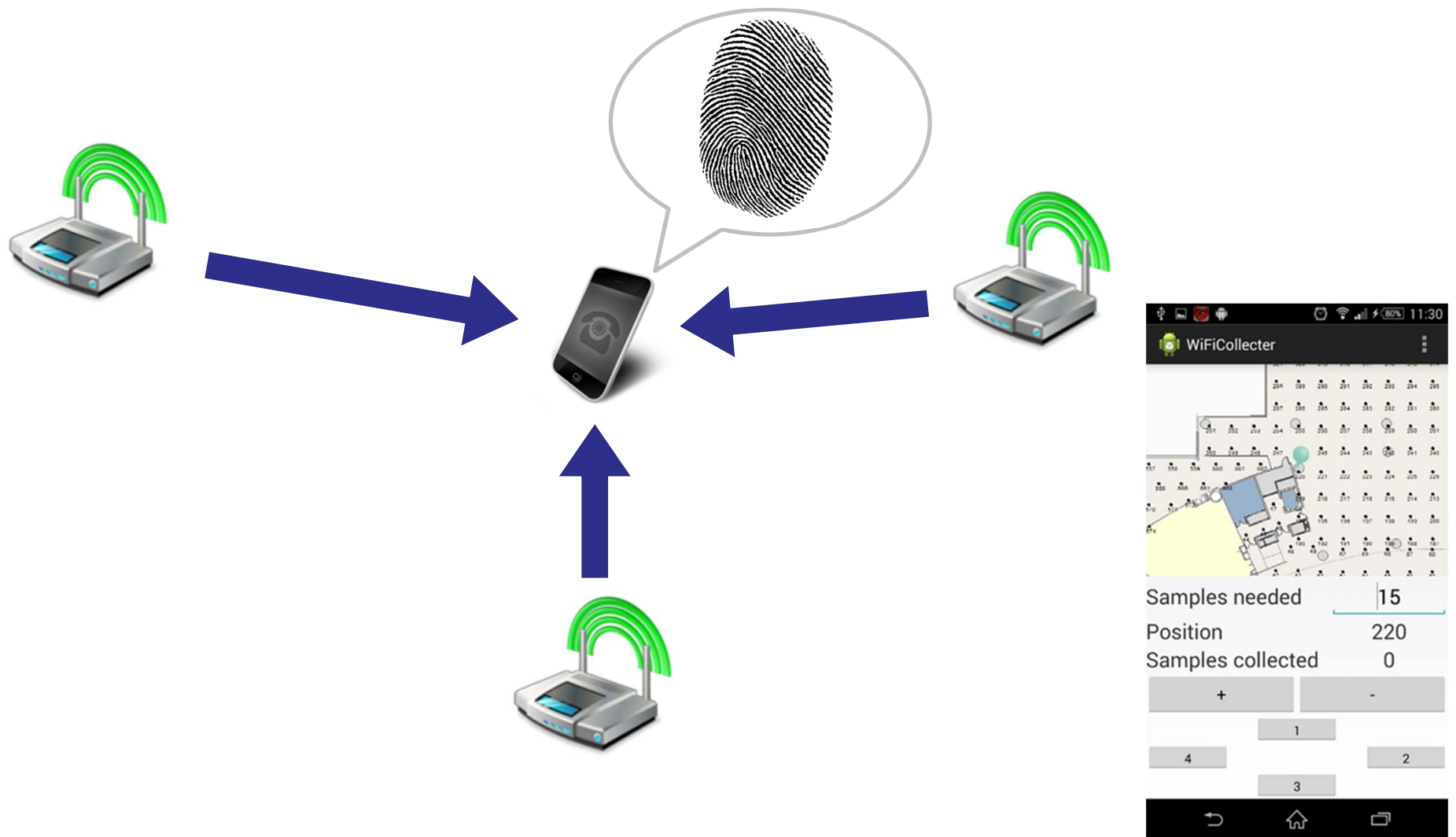


Fingerprint Concept

- Each person has a unique fingerprint
 - Stored in a database
- Given a fingerprint
 - Match it to the database
 - Find the person
- Fingerprint-based localization
 - Physical location (x,y,z) = Person
 - Signals = Fingerprint



The Wi-Fi Signal Vector and Its Location: WiFi **Fingerprint**



Inventions (Pending Patents)

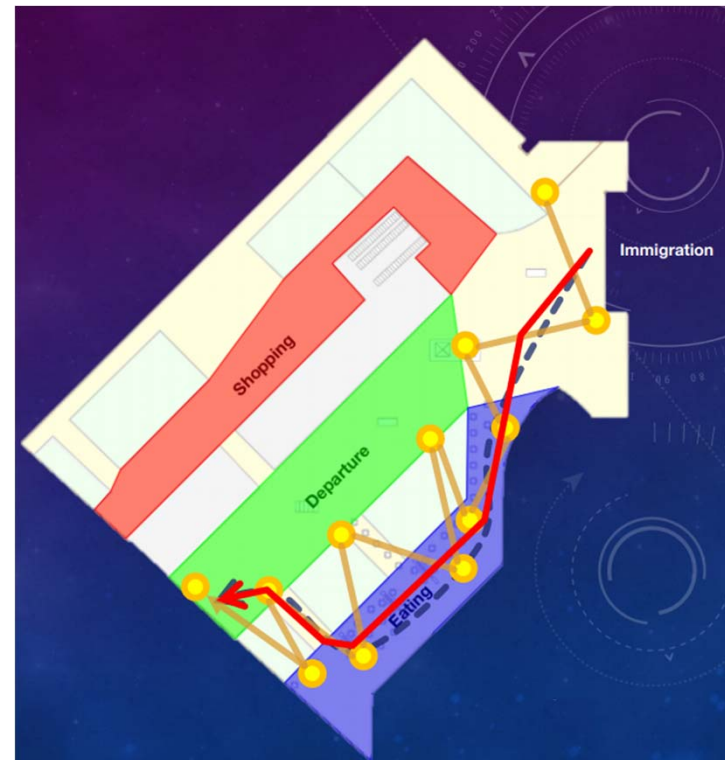
- **Novel ways to address signal noise and fusion so as to achieve high accuracy**
- **S.-H. G. Chan and S. He, “Tilejunction: Wi-Fi Indoor Localization Based on Junction of Tiles,” US patent pending**
 - *Filtering out the noisy signals and accounting for signal noise in the localization process*
 - *Accurately identify user location despite signal noise, by using signal features instead of similarity*
- **S.-H. G. Chan and S. He, “Indoor Localization and Automatic Fingerprint Update under Altered AP Signals,” US and Chinese full patents filed, 17 November 2016**
 - *Crowd-sourced fingerprint update and indoor localization under changing environment*
- **S.-H. G. Chan and H. Wu, “Efficient Indoor Localization Using Geomagnetic Field,” US provisional patent (Application No. 62/499,987), 10 February 2017 (TTC.PA.1015)**
 - *Using geomagnetic field for indoor localization*

Average Location Error



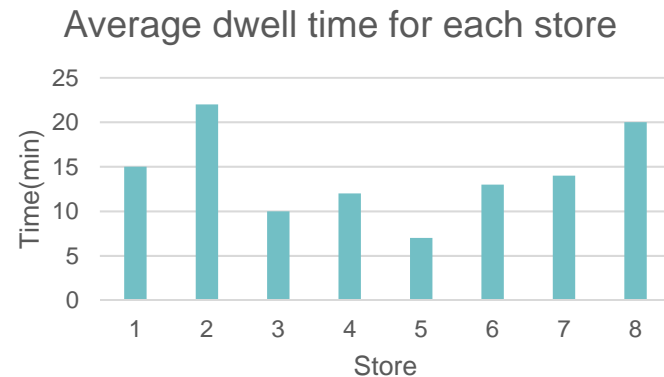
User mobility analytics: Trajectory reconstruction

- Detect the walking path of the user
- Identify the region that a use visits



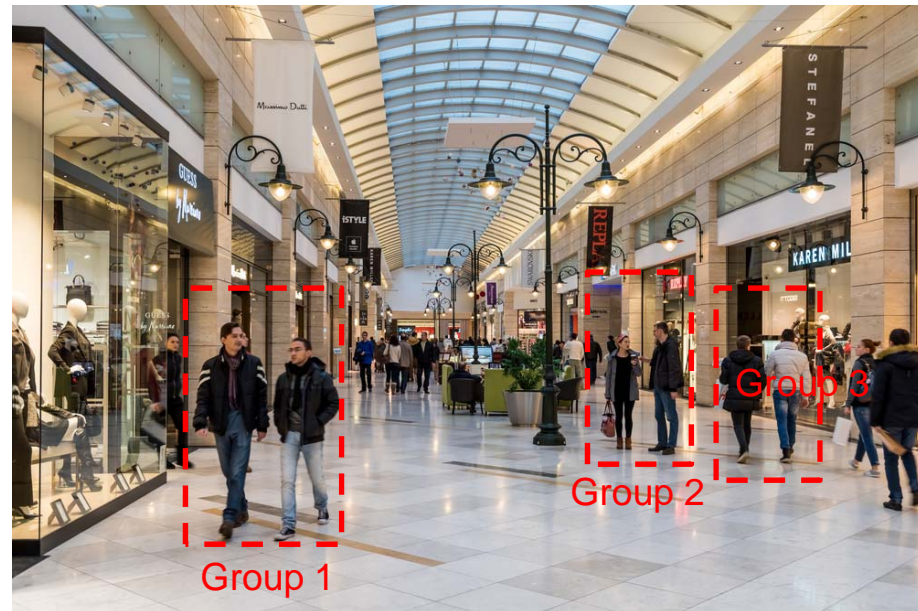
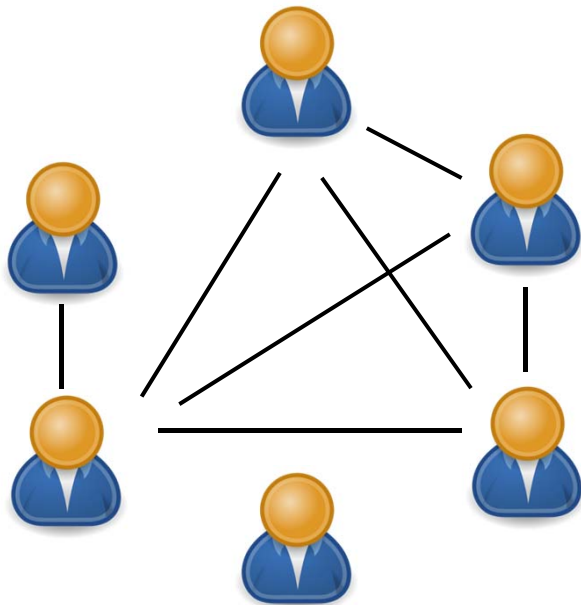
Dwell Time Estimation

- Average dwell time distribution of each region
 - Understanding the profile of each region
- Dwell time at different regions of each user
 - Understanding the profile of each user



Friendship inference and group detection

- Identify whether any users are friends
- Detect groups from users
 - Understanding the social influence between users
 - Targeted recommendations & advertising



Deployment and Commercial Trials



Technology Transfer and Commercialization

- App-based technology
 - A HKUST startup, Compathnion
 - Deployed at Harbour City and a hospital
- Sensor-based technology
 - A HKUST startup, p-sense
 - Commercial trials at malls
- Both have attracted investments



HARBOUR CITY
海港城

PCCW Solutions
電訊盈科 企業方案

 **新世界發展**
New World Development
Research and Development

HKT

領展
LINK

Deployment at Premium Mall (Harbour City)



- Where is shop Louis Vuitton?
- How to get to there?
- How to get there on wheelchair?
- What promotions are there?



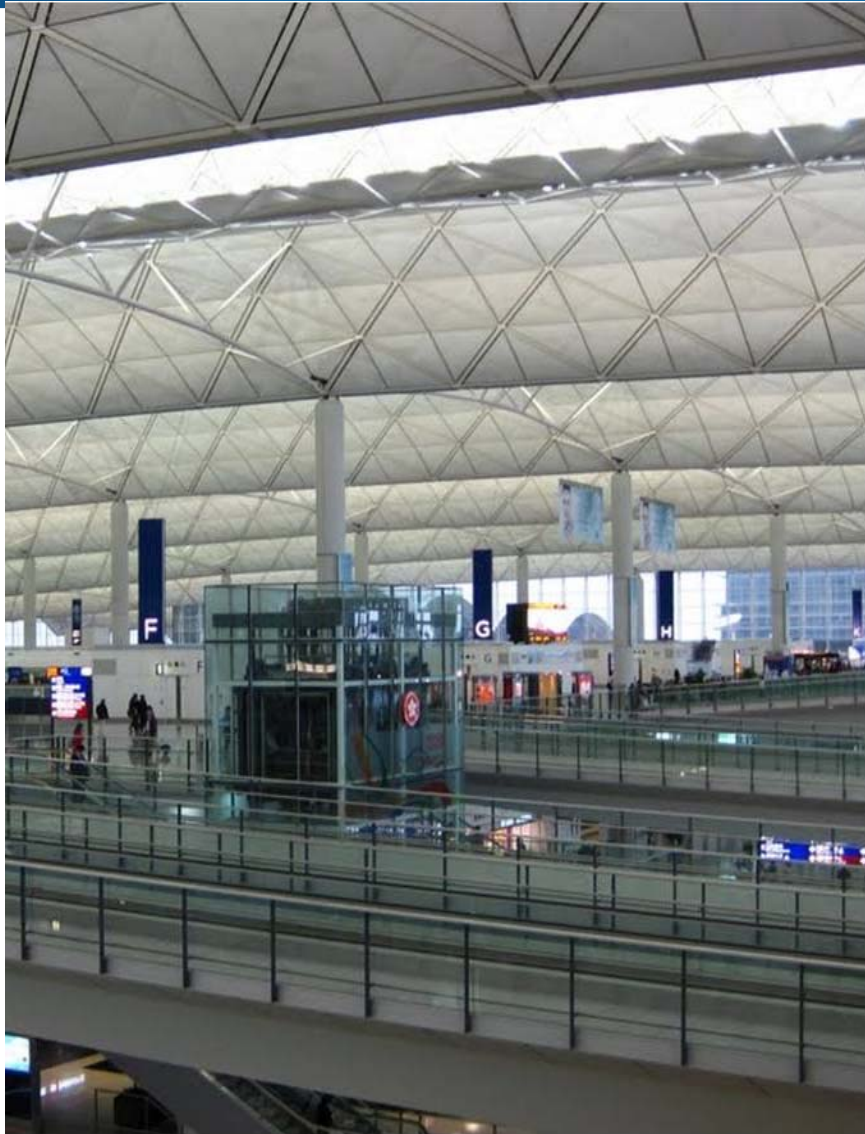
Deployment at a Hospital



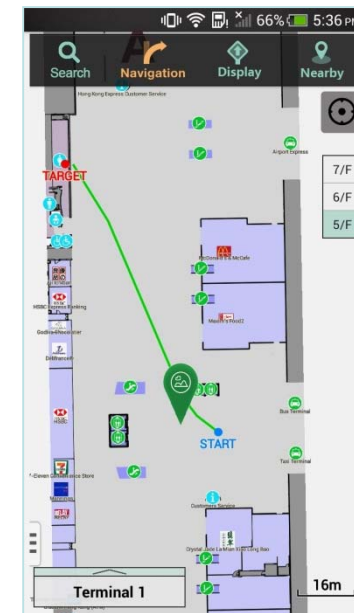
- Where is the Pathology Centre?
- I am coming for a body check, have just taken X-ray, what should I do next?
- Where is the nearest toilet?



Trial at the HK International Airport



- Where is the check-in counter for Hong Kong Airline?
- How to get to Gate 24?
- Where is the nearest toilet?
- There is a discount in the coffee shop nearby!



Context-aware Computing or Smart Space: Museum and Theme Parks



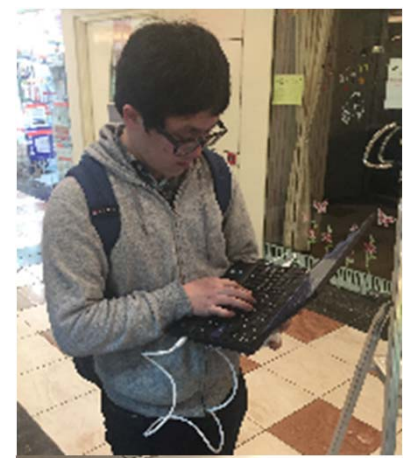
Wherami Demonstrations



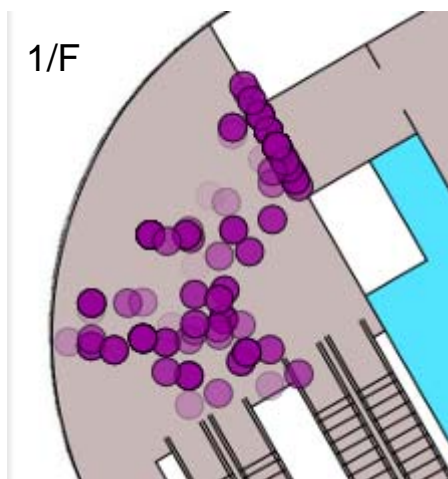
- Harbour City: https://youtu.be/LLexFa5or_U
- Airport:
<https://youtu.be/iD6PirIY588> (LSCM publicity)
<https://youtu.be/yZZD3yrhmgA> (Step by step demo)
- Others:
<http://egz160.ust.hk/lbs/index.php/activities/video>

A Shopping Center

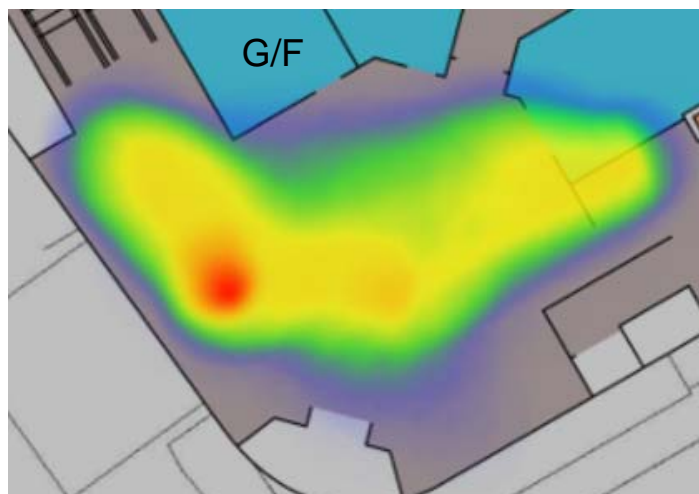
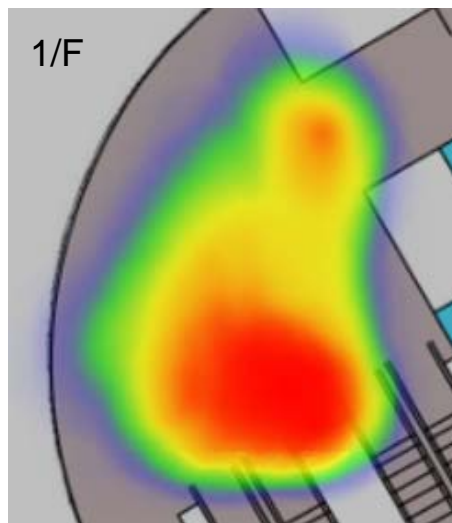
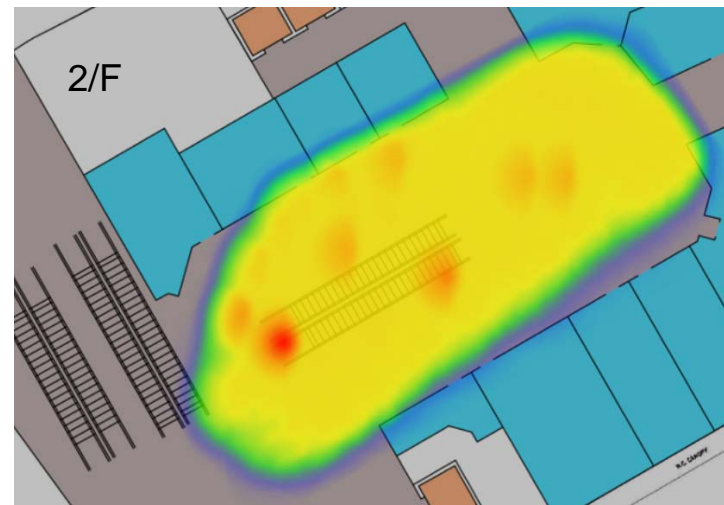
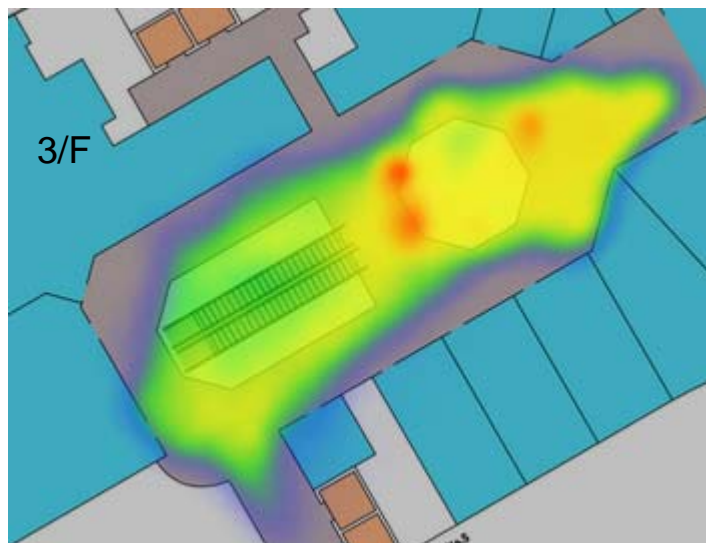
- G/F, 1/F, 2/F and 3/F of a Shopping Center in TKO



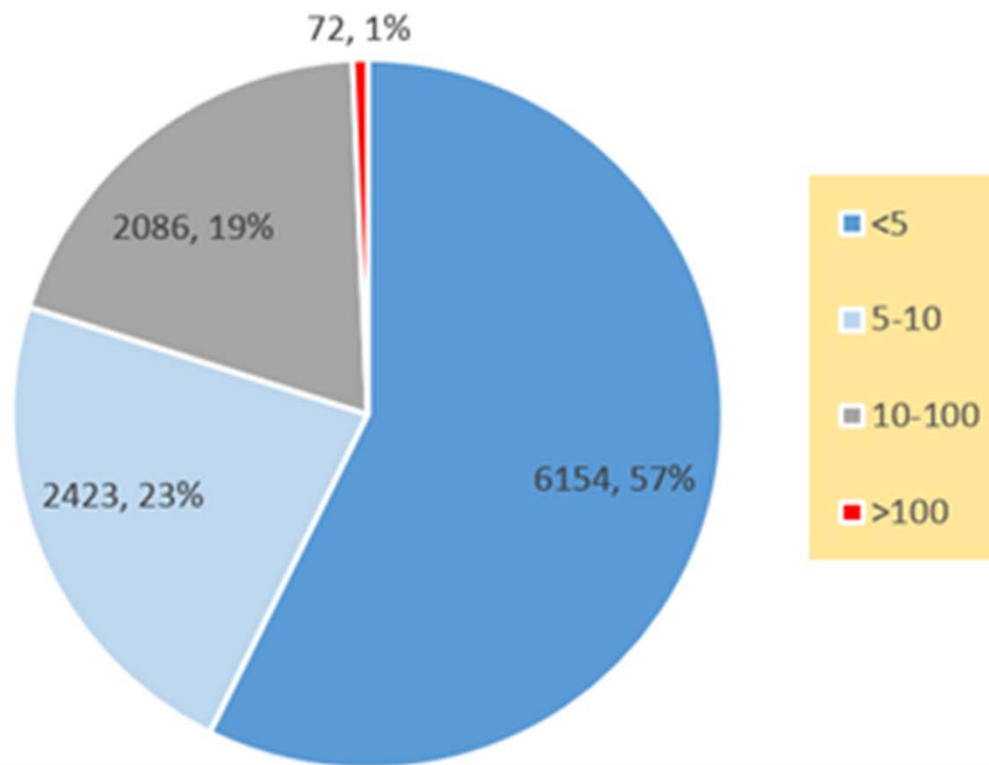
Tracking of all devices



Heatmap of 8 Apr 2016 (09:00-22:00)



Dwell Time in a Store



Demonstrations



- TKO:
<https://www.youtube.com/watch?v=cydq8eRZW5s>
- BASE: <https://youtu.be/M2UnTvxPqMA>
- TST:
<https://www.youtube.com/watch?v=B-LYdieRYAY>
- Others:
<http://egz160.ust.hk/smartwifi/index.php/activities/video>

全港首個
誤差2.5米內

科大創融合定位術 室內準確度增三倍

科技大學研發最新室內定位技術，配合香港發展智慧城市，新技術融合不同訊號，例如無線網絡訊號、地磁場和藍牙等，較目前定位技術只從單一源頭獲取訊號，大大提升定位準確度達三倍，誤差少於二點五米。提升室內定位技術，除了為用戶提供即時定位服務，還可協助尋找失蹤人士或寵物。目前已有本地商場和醫院應用新定位技術。

記者 余嘉欣

科大計算機科學及工程學系教授陳雙幸領導團隊，研發全港首個創新融合定位技術，目標是提升室內定位的準確度。目前室內定位技術一般依賴一種訊號，新技術「將所有訊號一併打撈起來」，融合如無線網絡、地磁場、紅外線、視像、陀螺儀等訊號，並根據訊號強弱，做到在五

米之內就能產生一個獨特的訊號指紋，把定位誤差縮減至二點五米，較之前的技術準確三倍。

有效監察人流

用戶可通過手機應用程式，搜尋和收集身處的室內環境中不同訊號，愈多訊號數據，定位表現就愈佳。除了讓用戶獲取即時的定位服務，商場亦可在用戶同意下，根據用戶手機提供的資訊，為其推薦感興趣的商舖資訊，例如以折扣優惠吸引消費者。陳雙幸笑言，最多人關心的是商場洗手間的位置。

除了顧客使用的應用程式，場地擁有者可通過在室內安裝感測器，偵察和收集不同影像、無線網絡和紅外線等訊號，監察室內人流，以便更有效進行人流管制。相較之下，傳統閉路電視會因攝錄機存在盲點或不同位置光暗不一，影響資訊的準確性。陳雙幸舉例，現時香港已有商場和醫院應用相關技術，香港國際機場也有試用，向用戶提供目的地的定位資訊。

助尋迷路家人

團隊曾在商場進行實地考察，發現新技術可準確定位不同樓層



■科大計算機科學及工程學系教授陳雙幸，研發創新融合定位技術，大大提升室內定位的準確度。余嘉欣攝

的商舖位置，而傳統的全球定位系統，則未能隨着用戶上下樓層，銜接定位資訊。

陳雙幸指，港人大部分時間身處室內，加上地方較密集，不少商場或大樓有好幾層，需要更準確有效的室內定位技術。

隨着政府去年推出智慧城市藍圖，其中包括於一九年起，在街道安裝多功能智慧燈柱，收集實時城

市數據，陳雙幸指，新技術可結合智能燈柱收集的數據，為市民和遊客提供實時定位服務，甚至幫助尋找迷路的家人或寵物。

「只要帶上有感測器的手帶，附近燈柱便會感應到其定位，再將其位置傳送至特定用戶手機。」陳雙幸指，用戶亦可通過技術，了解附近朋友的定位資訊，作社交用途。

科大融合定位技術助尋人

全球定位系統能協助用家尋找目的地路線。科大研究人員研發一項創新融合定位技術，可於室內導航及人流管理，更可協助尋找失蹤人口，預防長者或寵物走失。科大計算機科學及工程學系教授陳雙幸(圖)指，融合定位技術結合不同信號源頭，如WiFi、藍牙及視像等作個人定位，比傳統定位技術準確度高三倍。

另外，用戶可下載指定應用程式，透過感測器的多個信號源頭，於室內定位導航及獲取附近商舖的優惠推廣。場地負責人亦可透過場內感測器，收取人流數據。陳雙幸稱，此技術自15年起開始研發並獲創新科技署基金支持，已於醫院及機場測試，希望將來可應用於更多室內地方。



(陳奕釗攝)



Net+ 互聯網+

THE HONG KONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

融合定位技術 導航毋須額外感應器

科大研發準確度高 盼助建智慧城市



▲科大計算機科學及工程學系教授陳雙幸獲政府資助約167萬元，其研發的室內定位技術已商品化，商場及私家醫院皆有應用。(陳偉雄攝)

融合定位技術應用

- 於室內包括商場、醫院或機場等，進行實時定位及導航。
- 尋找指定地點，如洗手間及咖啡館設施。
- 根據用戶所在位置，推送附近商店的優惠或推廣資訊。
- 結合智能裝置後，可協助尋找失蹤人士或走失的寵物。
- 結合感測器後，可統計人流及逗留時間等，系統可在一日提交報告。
- 進行實時人流監控。

資料來源：科大計算機科學及工程學系教授陳雙幸

▲科大室內定位技術，誤差少於2.5米，比傳統定位技術準確三倍。

本

港高樓林立，對於室內定位需求尤為迫切。結合Wi-Fi、地磁場、藍牙及加速器等訊號，在毋須另外安裝感應器下，已可進行室內定位及導航，誤差少於2.5米。該技術近月分別與海港城及私家醫院合作，用戶可透過手機App尋找指定商店、醫院專科及洗手間位置等。港府計劃於2019至2020年於多區設置400枝多功能智慧燈柱，科大擬與對策商議，統籌可應用於建設智慧城市。

香港科技大學計算機科學及工程學系教授陳雙幸，2015年獲創新科技署及科技基金資助，進行室內定位技術研究。調查資料，項目總額167萬元撥款，計劃於去年7月至今年7月試行。

影商場私院 尋店舖洗手間

坊間不少新創企業均推出室內定位相關的解決方案，但大多透過安裝感應器及iBeacon藍牙裝置，結合手機發出的訊號進行定位。科大研究出一個方案，可在商場及醫院等室內環境下，單靠手機發出的訊號及內置零件，

進行室內定位。陳解釋，室內空間每5米就有一點獨特訊號，就像人類的指紋，系統可透過機器學習，辨識用戶正處於哪個空間點，而其項目正利用此特性，透過手機接收Wi-Fi訊號的強度、地磁場、陀螺儀等，探測變化，進行室內定位。他稱，該技術的準確度較高，誤差少於2.5米，而其他定位技術由於利用單一源頭獲取訊號，誤差約為7.5米。

事實上，研究團隊內的學生已成立兩間新企業，新創海港城、私家醫院及各大商場推出室內定位功能，用戶可透過手機App尋找指定商店、洗手間等。

該新企業實時監察人流，統計逗留時間等，則可推算出顧客在商場內可待一日後收到報告。陳指，感應器的相當於手掌大小，可安裝於燈柱，為遊客及公眾提供即時定位服務。他透露已與政府接洽，盼有機會應用於智慧城市建設，是因為本身項目獲得政府資助，用的是納稅人的錢，故供城市應用亦言之成理。市民受惠。

可實時監察人流 統計數據

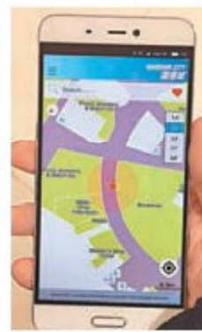
至於數據保安及私隱問題，陳強調不會過分採集數據，如僅如手機身份證的IMEI(國際移動設備識別碼)。商場推送優惠時會根據用戶所在位置提供資訊，而不會透露其年齡或性別。他強調設計人流時，數據仍有其匿名性，只會知道某人由A點走到B點，而不知道其身份。■

科大研新定位技術打造「智城」



陳雙幸研發的新技術可與政府早前提出的多功能燈柱試驗計劃產生協同效應。科大圖片

陳雙幸的技術目前已在尖沙咀海港城商場投入應用。



定位較傳統技術準確3倍

該技術由科大計算機科學及工程學系教授陳雙幸領導的研究團隊開發，為全港首個於移動平台上將Wi-Fi和其他訊號融合的位置傳感軟件，在一般環境下，其定位表現較傳統技術準確3倍，誤差少於2.5米。

新技術目前已在尖沙咀海港城商場投入應用，團隊亦於不同醫院及商場進行商業試驗。

本身亦為科大創業中心主任的陳雙幸指，現在定位技術通常只從單一源頭獲取訊號，但由於各種訊號均有其局限性，其準確度並不完全令人滿意，應用層面亦較偏狹，「為了克服這些問題，我們將不同的訊號融合，結合它們的優勢，大大提升準確度，讓嶄新的定位服務得以出現，推動香港發展成為智慧城市。」

是項研究獲創新及科技基金資助，

當中的融合理，先收集號，再經機號特徵進行戶訊號後，位置。技術專利，現由初創公司進行。另一方面「香港智慧燈柱試驗計劃」智慧燈柱裝置，方便收理及其他公融合定位技術，不僅可定位服務，還可物走失，又締造巨大社會

My Team





Visit us at:

<http://www.cse.ust.hk/~gchan>

Gary Chan, gchan@cse.ust.hk