

2110481 wireless comp net

① Ubiquitous Computing

Evolution of Computing

Single user systems

Batch processing

Time-sharing

Networked Computing

Mobile Computing

Ubiquitous / Pervasive Computing

multi-user

anon

at Laptop / Mobile

computing everywhere

- Writing is the first IT : มีการนำข้อมูลมาใช้ซ้ำ - independent on human memory
- All the above are results of human's desire to make life easier

Ubiquitous Computing

- Augmented reality
- Invisible computing (not notice)
- Responsive environment
- RFID chip
- GPS Navigation
- Vehicular Networks
 - V2V Ad Hoc
 - collision Avoidance
 - Green light optimization

Today's Technology

- Portable information appliances
- Wireless communication networks
- Internet
- Tiny computer
- Wearable computing

Wireless networking

WAN (wide)	Satellite, Cellular
MAN (Metro)	Microwave, Laser Line of sight
LAN (Local)	WLAN Limiting devices
PAN (Personal)	Bluetooth, IrDA Line of sight

* Concern of Limitations

Phase I : Tabs, pads, Boards (from small to big)

- Wireless network
- Location-based services
- Connect with Ethernet
- Tab Applications
 - Local
 - Aware local (sensors) (room information)
 - External (locator)
 - Remote terminal (weather, dictionary)
 - Remote control (projector)
 - Networked (email, pager)
 - cooperative (voting)

Phase II : Apple devices

Nomadic = Portable vs Laptop

Mobile = on-the-go

Ubiquitous = everywhere

Satellite

Geo - วงกลม วงเดียว → Direct PC

Leo - วงกลม 100km, Lower Latency

Geo - วงกลม 10000 km

② Wireless and Mobile Networks

Elements

- Wireless hosts : run app, stationary or mobile
- Base station : relay (wired ↔ wireless)
- Wireless link : host ↔ station, multiple access protocol
- Infrastructure mode : connect and handoff (change station)
- Ad hoc mode : no base station ~ bluetooth

Wireless

Characteristics

- decreased signal strength → path loss
- interference from other sources → รบกวนสัญญาณจากแหล่งอื่นๆ
- multi-path propagation → reflection, สะท้อน
- signal-to-noise ratio → larger = easier to extract noise/signal
- hidden terminal problem (radios of 2 area สามารถสัมภ์กันได้)

WiFi: 802.11 Wireless LANs

• Basic Service Set (BSS) / Cell

Wireless hosts + Access Point (AP) + Ad hoc mode (host only)

• Spectrum divided into channels at different frequencies

- AP admin chooses frequency for AP

• Association

1) scans channels

listening for beacon frames = AP's name (SSID) + MAC addr

passive scanning : APs frequently send beacon

active scanning : Host broadcast request frames

2) selects AP

3) Auth (if needed)

4) DHCP to get IP in AP's subnet

• Multiple access

CSMA/CA

802.11 sender : backoff (random), transmit entire frame, จัดแบ่งเวลาช่องทาง + รอ CTS

802.11 receiver : ACK every time received, resolved hidden terminal problem

• Addressing of 802.11

2 frame control (version + type + subtype + other)

2 duration

 └ RTS/CTS/ACK/data

6 MAC addr 1 (Access point)

6 MAC addr 2 (sender)

6 MAC addr 3 (Router - connect to wired system)

2 Seq. Control

6 MAC addr 4 (Ad Hoc Mode)

0-2312 payload

4 CRC

source

MAC2

Mobile

dest
MAC3
Router

* Overhead to change 802.11 frame to 802.3

- Mobility within same subnet

- same IP addr | change MAC addr
- self-learning

host station AP run → it's in MAC addr Table now → virtual

- Advance capabilities

Rate adaptation

Power management

Bluetooth 3.2-3.3
(V4.0)

Bluetooth (PAN)

- <10 m
- ad hoc - no infra
- replacement for cable
- wireless → bandwidth availability

Cellular networks: 4G and 5G - wide-area mobile internet

- Compare to wired network

Similar

- edge/core (in career network)
- global cellular network (network of networks)
- many protocols
- interconnected to wired Internet (cell tower)

Different

- link layer
- 1st class service
- ID via SIM card
- "Subscribe" bill model
- roaming (Institutional roaming mechanism)

- 4G LTE (Long-Term Evolution) Architecture

- Mobile device : both voice and data on IP
- Base Station : cell tower
- Home Subscriber Service : 2G db
- Serving Gateway (S-GW)
- PDN Gateway (P-GW)
- Mobility Management Entity : which host many cell tower users
- Data plane | SDN concept
- Control plane, |
- in tunneling

アリババ
だけの
工程の

A5

100%
ール
スチー
0% OR
PART
STEEL

IN CHI
食品計
電話

N

- Global cellular network: a network of IP networks

- Home network HSS (Home Subscriber Server)
- 漫游 (roaming), HSS 在不同运营商的网络中提供服务
- 数据在 IP 网络上通过 IP 提供

- 5G

- Goal "10x" increase peak bitrate, decrease latency, 100x increase traffic capacity
- 5G NR (new radio)
 - 2 frequency bands
 - MIMO: multiple directional antennae
- millimeter (mm) wave frequency, higher data rates, shorter distances (pico-cell within building testing)

Mobility

from network perspective, a device moves among APs in a network

Approaches

~~network routers handle~~ not scalable (every AP must route everywhere)



end-systems handle (at edge)

indirect routing (通过中间路由器)

- triangle routing
(通过三个路由器)
- transparent to correspondent

direct routing (通过直接连接的路由器)

- 本地路由表

- 设备从归属代理获取 Care-of-address

• Mobile IP in roaming (not widely use, use care-of-address instead)

• Impact on higher protocols

- concern of performances

③ Wireless Ad Hoc Networks

- P2P communication, multi-hops → need intelligent hosts, distributed routing
 - wireless mesh networks
 - wireless sensor networks
- no fixed infrastructure
 - not necessary for base station / AP
 - deploy quickly anywhere and anytime, eliminate complexity of setup
- quickly reconfigure broken paths (due to mobility)
- Specific Use-cases
 - Military communications
 - Emergency system
 - Collaborative and distributed computing
 - Wireless mesh networks (Mesh Wireless routers) Scalability, power control
 - Wireless sensor networks scalability, power saving, time constraints
 - Opportunistic networking (เก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อม) Availability, time constraints
 - Hybrid wireless networks (Multi-hop Cellular Network) Traffic switching, load balancing

(broadcast, จ่ายค่าไฟ)

Reliability, Security, Multicast routing

(in path)

Self-configuration, Scalability, real-time communication

(dynamic protocol)

Multicast, Security, real-time streaming, power saving

Standardization

Mobile Ad Hoc Network Working Group (MANET WG)

- 1) Enabling technologies (IEEE)
- 2) Networking protocols (Routing protocols, Transport protocol, more concerns)
- 3) Middleware and Applications (middle ware สำหรับ IoT)
- 4) Cross-layering issues (ผ่านชั้น networking layer, ชั้น middleware และชั้น loss/delay ของชั้น App layer)

Midterm Question

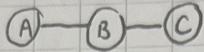
จำนวนเต็ม 1 หน้า

- 1) สรุป IoT ว่ามีแบบไหน IoT solutions ที่สำคัญกับ SDG (เลือกหัวข้อที่ไม่พูดถึงก็ได้)
ใน IoT ต้องมีการเชื่อมต่อทุกอย่าง ไม่ว่าจะเป็น sys Architecture หรือ Device/Equipment ที่ต้องมีการเชื่อมต่อทุกอย่าง (เช่น ร้านค้าต้องมีบันทึกของลูกค้า)
- 2) Chula Expo จะมีห้องน้ำร่วม App ที่สามารถบันทึกตัวตน ตัวร่าง App ที่บันทึก ให้เราดูได้ สรุปว่า sys Architecture หรือ Device/Equipment ที่ต้องมี ในการทำ IoT นี้

Ad Hoc

- ④ Medium Access Control (MAC) : link layer
- shared medium, mechanism to avoid interference, protocol design

Hidden Terminal Problem



- กู้ carrier sense ไม่ได้ดู node C

Sol Busy Tone (conceptual)

- Receiver จึง Busy Tone 通知ผู้สื่อสารว่ามีคนพูด
- ถ้าคนที่พูด Busy Tone อยู่ในช่องเดียวกัน
- ให้มีช่องเดียว separate channel ให้ node A (node B และ node C)

Sol MACA solution (มาตรฐาน WiFi)

- Sender ดู RTS, ดู CTS
- node ดู CTS (receiver) ดู RTS (sender)

Reliability : Reduce packet loss rate

Sol ACK

- retransmit when no ACK received

IEEE 802.11 Wireless MAC

components

- Distributed Coordination Function (DCF) - CSMA/CA protocol
- Point Coordination Function (PCF)

Backoff Interval

- เวลาเกิดการชน = ช่วงเวลาตั้งค่า [0, CW] แบ่งเป็น สองส่วน
 - ↑ large → overhead, small → more collision
($CW = \text{contention window}$)
- counter ทำงานเมื่อ WiFi คือ idle medium, ถ้า busy medium คือ pause ไม่รบสิ้น
- 802.11 ห้าม dynamic CW 以防 collision occurrence
 - กรณี $CW = 2 \times CW_{\min}$ ไม่สามารถจัดการป้องกัน collision ได้
 - sawtooth curve
- Mild Algorithm in MACAW (Multiple Access Collision Avoidance for Wireless)
 - กรณี $CW = 2 \times CW_{\min}$ ให้ลดลงเป็น $CW = CW_{\min}$

Receive-Initiated Mechanism

- กู้ Ready-to-Receive (RTT)

Fairness Issue : equal bandwidth

- เมื่อผู้ใดก็ตาม backoff เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เท่ากัน
- Sol จึงต้อง CW มากขึ้น packet มากขึ้น แต่ CW ที่ต่ำกว่าจะต้องรอ久กว่า
- ในที่ CW indicates level of congestion
ผู้ที่ CW มาก ก็จะมีค่าต่อไปนี้

⑤ Ad Hoc Routing Protocols

1. Proactive keep update
2. Reactive Mobility concern, reduce times to find path
3. Hybrid Proactive + Reactive
4. Energy-aware Not shortest, distribute energy-use, max total lifetime
5. Location-aware
6. Hierarchical

• Flooding - Broadcast

- always flood carries sequence number
- simple, reliability (multiple paths)
- overhead, unreliable channel (no ACK), broadcast storm \rightarrow collision
- use for control packets, not data packets
- to discover routes

• Dynamic Source Routing (DSR) - Conceptual Model

- S ต้องการสู่ D ไม่รู้ว่าไป哪里 \rightarrow S initiates a route discovery
- 1. floods route request (RREQ)
- 2. each receiver appends its identifier and forwards (floods)
- 3. ทุกๆ node D จะ route reply (RREP) ผ่านมุมเดียว โดยทุก node ที่รับทราบกลับไปคืน \hookrightarrow คืนไป bi-directional

- S ต้องการ D จึง add route field packet header (ใช้เรียกว่า source routing)

• DSR Optimization : Route Caching

- sub-route สามารถบอกได้ว่า ถ้าส่งทาง哪 node แล้ว อยู่ ก็ ต้อง RREQ ไม่ RREP
- เช่น SEFJD, S ต้องรู้ว่า E, F, J ต่อ
- E ต้องรู้ว่า F, J ต่อ

- speed up route discovery, no propagation

- ถ้า Path ของตัวเองไม่รู้ RREQ ไม่รู้, ถ้ารู้ RREP ไม่รู้ dest. ไม่รู้

• Route ERROR (RERR)

- ถ้าเจอกับ Edge ไม่รู้ ขอรับ RERR บูรณาการใหม่

- ถ้ารู้ แต่ไม่ cache ทิ้งที่ไม่ใช่ path

Concern - ถ้า node ลาก่อนหน้าแล้ว แล้วรับ RERR แล้วมี useless cache ดูๆ

- dynamic header size \rightarrow effect performance

- Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)

- ไม่ใช้ใน DSR

- Header Address สำหรับการส่ง (ก็ content แล้ว DSR ไม่ส่ง packet ทุกที่ เช่น ผู้รับไม่สามารถ)

- ไม่มี routing table

- 2 ขั้นตอน RREQ และ RREP

• เมื่อได้รับ RREQ จะ setup reverse path โดย ต้องรู้เส้นทางกลับคืนมา

• เมื่อไปถึงจุดหมาย จะส่ง RREP 回去 แจ้งผู้ส่งว่า sender ต้องมารับกับจุดที่อยู่ใน routing table
รวมถึง setup forward path

- By destination sequence number การบันทึก intermediate node ที่ผ่านมา

ใน routing table ที่ 3 สำหรับ

Dest = จุดหมาย

Next = จุดเดินทางต่อไป

Seq = sequence number ของ request เดิมกับ ของ sequence number เดิมกับ

ถ้า broken แล้วให้หัก RREQ ใหม่ ให้เพิ่มเวลา วนซ้ำจนกว่าจะไม่ถูกหักอีก จึงตอบกลับ DSR

- 2 ขั้นตอน RERR

• กรณี (X, Y) ไม่สามารถส่งไป得到 (S, D) ทาง

จะส่ง RERR แจ้งเพื่อ seq ที่ไม่ถูก D พร้อมกับจุดที่ RERR ที่สูง (สูงที่สุด S แต่เดิม)

• S ที่ RREQ ต้องไม่เท่า seq ปัจจุบัน

- Link failure detection

• Hello message in neighbouring nodes periodically

• MAC-level ACK

- ป้องกัน sequence numbers

• avoid using broken routes

• prevent formation of loops

• AODV Optimization : Expanding Ring Search

- use TTL to limit propagation

- รีบูต RREP, 限制 TTL

เอกสารนี้, DSR + AODV

• Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV) ไม่ดี

- maintain routing table <next, cost, seq>

- forward routing table to neighbors periodically

• Zone Routing Protocol (ZRP) ไม่ดี

- applied from BGP, แบ่ง成区域的 zone เดิมกัน จึงคุ้มค่าในการเดินทาง

Proactive protocol within zone

Reactive protocol between zones

⑥ Ad Hoc Transport Protocol

TCP over Wireless

- 1) Link layer solutions - Snoop TCP
 - 2) Split ^(layer) approach based solutions - Indirect TCP
 - 3) End-to-end solution - EEN, TCP SACK (Selective ACK)

TCP Vegas : monitor queuing delay instead Window size
TCP ECN (Explicit Congestion notification)

Snoop TCP

- Wireless links are lossy
 - Snoop / Buffer the data as close to Mobile Node \rightarrow at Base Station (BS)
 - to minimize time for retransmission
 - ຈະໃບໂຄນລັກຝ່າຍໃຫຍ້
 - ຕ້າ BS ຍິ້ງ Dupe ACK user no ACK ໂດຍ retransmit ອີກ BS ໃຫຍ້ (ຍຳກຳມັນກັນໄປຈາກ source)
 - IWSR: loss ສ່ວນເຖິງໃນ ກົດຈາກຈຸດນີ້
 - ນໍາມາຂຽງ ACK ໃຫຍ້ \rightarrow to retain the end-to-end semantics
 - ສໍາງ sequence number gap ໂດຍ NACK ໃນ Mobile Node

Indirect TCP (Mzia)

- IENI wired vs wireless
 - AP acts as proxy
 - no end-to-end semantic

Explicit Loss Notification (ELN)

TCP SACK

- Selective ACK and selective retransmission
 - Require more buffer space at the endpoints

Why TCP not perform well?

- Misinterpretation of packet loss - TCP retransmission timeout and congestion loss
BER in wireless channel

Collision

Frequent path breaks due to mobility

- Routing protocol inconsistency
 - Effect of path length
 - Misinterpretation of congestion window — as path has multiple window queues
 - Asymmetric link behavior
 - Multipath routing → out-of-order packets

TCP over Wireless Ad Hoc Networks (compatibility)

Feed back-based TCP (TCP-F)

- initial throughput vs path breaks
- require the support of a routing protocol
 - provide feedback
 - repair broken path within a time period
- intermediate node (IN) originates a route failure notification (RFN) packet, send to sender
- Sender receives RFN
 - goes into snooze state, stops and freezes everything, sets up a route failure timer
 - timer expire, sender goes into connected state
- Sender receives route reestablishment notification (RRN), sender goes into connected state
- Simple
 - no trust between nodes
 - no state w/o TCP
 - congestion window w/o freeze function required

TCP with ELFN

- Explicit Link Failure Notification (ELFN) → 1. ICMP unreachable 2. RERR
- TCP probe packets for detecting the route reestablishment
 - sender w/o standby state sends probe packet immediately
- simple, not require routing protocol
 - via packet in the network

TCP-Bus

- TCP with buffering capability and sequence information
- depending on routing protocol → Associativity-based routing (ABR)
 - Localized query (LQ) and Reply
 - no packet loss using dual interface to deal
 - buffer on intermediate nodes

Ad Hoc TCP (ATCP)

- use network layer feedback
- Intermediate node (IN) finds that network is partitioned
 - TCP sender state is changed to the persisted state & congestion window = 1
- Intermediate node (IN) loses a packet due to error
 - ATCP at the TCP sender immediately retransmits (congestion control algorithm)
- Thin layer between TCP layer and network layer

(Flag)

- ECN → move to congested state (explicit congestion notification)
- DUR → move to disconnection (destination unreachable)

Split TCP (Traffic Master)

- multi hop w/o proxy
- no loss
- no retransmission from more nodes
- rely on proxy node
- no local ACK in zone
- no mod TCP
- security w/o proxy node

other Transport Layer Protocols

Ad-hoc Transport Protocol (ATP)

Motivation

1) Window based transmission

- TCP vs burstiness of traffic ("loss ACK 뒤로움")
- 2 undesirable effects (Varying RTT estimates, Higher induced load)

2) Slow-start

- under-utilization of network resources (mines slow-start up until AIMD state)
- unfairness

3) Loss based congestion

- Most losses occur as a result of route failures

4) Multiplicative decrease

- Good for congestion, Bad for route failure
- Old congestion window size is not relevant to the new route

5) Reliance on reverse path

- TCP relies on ACK, 암호화 10-20%
- 80% in collision 70%

ATP design: use of lower layer information

Main functionality - Initial rate feedback (Quick start)

- Progressive rate feedback for congestion detection, avoidance, control
- Path failure notification

Intermediate node:

- maintain sum of avg queuing delay and avg transmission delay (experienced by packets traversing)

$$Q_t = \alpha Q_t + (1-\alpha) Q_{\text{sample}}$$

$$T_t = \alpha T_t + (1-\alpha) T_{\text{sample}}$$

return max Q and max T

ATP receiver:

- provide periodic rate feedback (assist in its reliability and flow control mechanism)

$$D_{\text{avg}} = \beta D_{\text{avg}} + (1-\beta) D$$

- Use Selective ACK

ATP sender

- Quick start - probe for available bandwidth
 - By SYN-SYN + ACK exchange to obtain the rate feedback
- Congestion control - Increase phase : feedback > current
 - Decrease phase : feedback < current
 - Maintain phase : feedback = current
- Reliability - ELFN for path failure

MID TERM END