行政院農業委員會水土保持局

技術研究發展成果分享簡報

建置坡地與土石流防災監測系統低功耗廣域網路之可行性研究

明新科技大學防災技術研究中心
郭治平 主任

2020/11/24

講者介紹

- **學歷：**
  - ✓2012年 國立台灣科技大學營建工程系，工學博士
  - ✓2001年 國立雲林科技大學營建工程系，工學碩士
  - ✓1999年 國立中興大學土木工程學系，工學學士
- **現職：**
  - ✓2020.02~迄今 明新科技大學研究發展處研發長/大學社會責任(USR)推動辦公室主任
  - ✓2019.02~迄今 明新科技大學土木工程與環境資源管理系副教授
  - ✓2015.02~2019.02 明新科技大學土木工程與環境資源管理系助理教授
  - ✓2015.08~迄今 明新科技大學防災技術研究中心主任
- **業界經歷：**
  - ✓2013~2014 中興工程集團環興科技股份有限公司組長兼計畫經理
  - ✓2013~2014 中興工程集團環興科技股份有限公司工程師(一)
  - ✓2012~2013 恆毅地工技術服務有限公司技研部經理
  - ✓2005~2012 恆毅地工技術服務有限公司工程師
- **研究方向：**
  - ✓地盤改良工程、地層資訊調查、軌道基礎設施、坡地防災技術



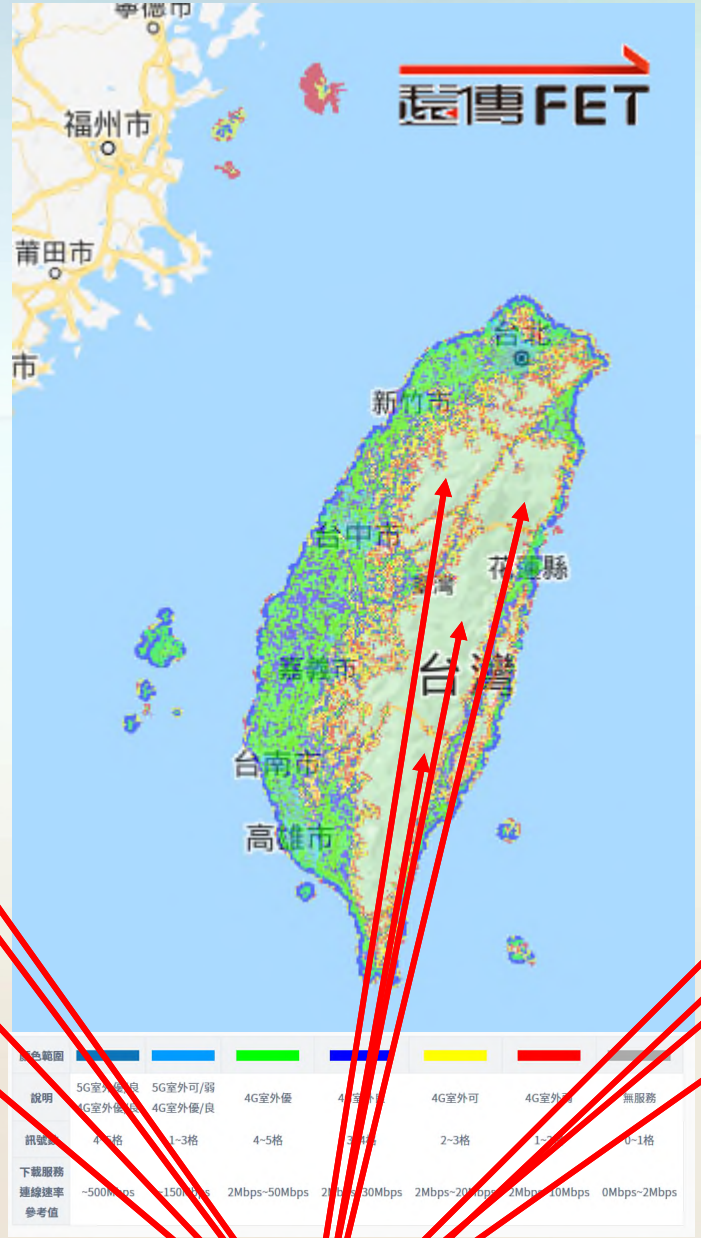


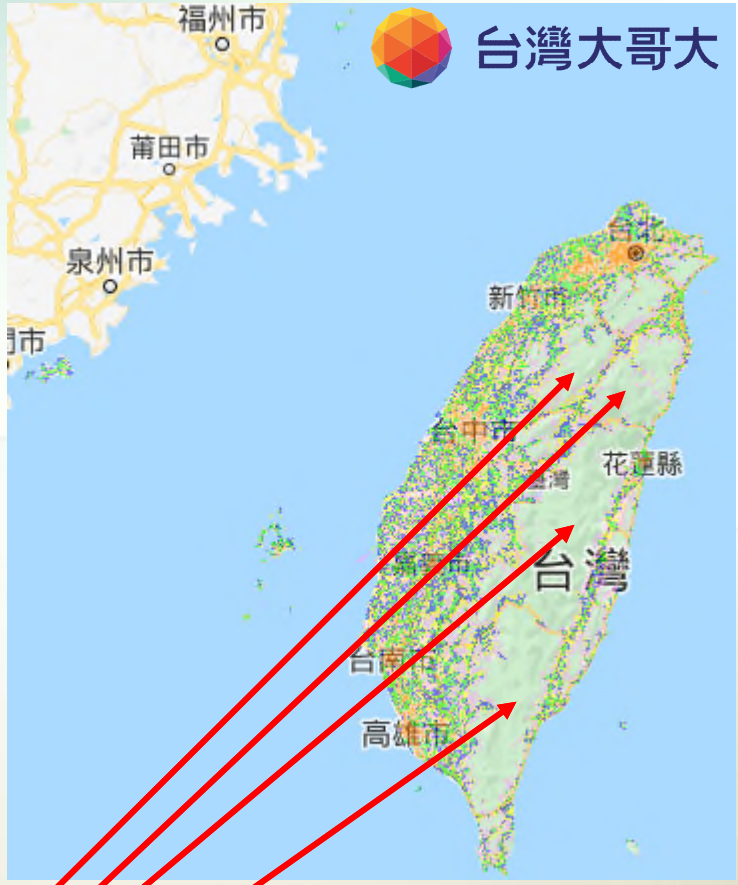


便利的無線通訊服務



顏色	手機格數	5G NR+4G LTE	5G NR下載速率參考值(實務最高值1.5Gbps) 4G LTE下載速率參考值(實務最高值500Mbps)
	4~5格	5G 室外優/良 (4G室外優/良)	200Mbps ~ 1Gbps
	1~3格	5G 室外可/弱 (4G室外優/良)	10Mbps ~ 200Mbps
	4~5格	4G 室外優	2Mbps ~ 50Mbps
	3~4格	4G 室外良	2Mbps ~ 30Mbps
	2~3格	4G 室外可	2Mbps ~ 20Mbps
	1~2格	4G 室外弱	2Mbps ~ 10Mbps
	無	無服務	無

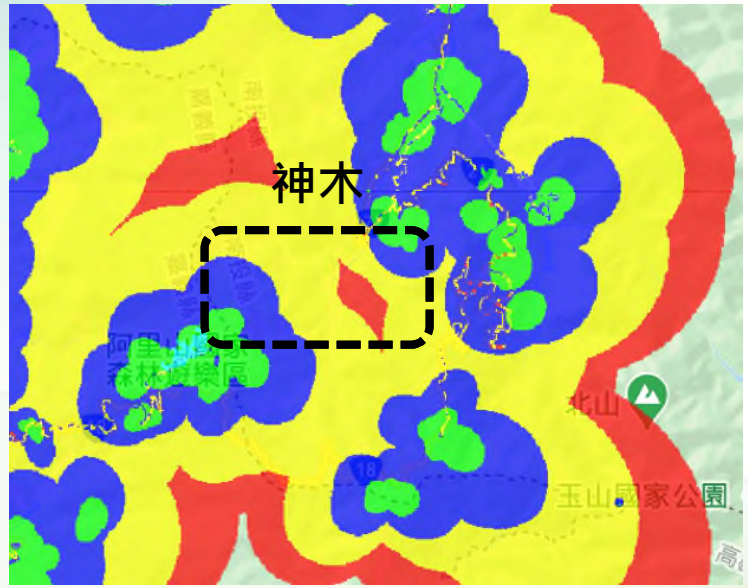


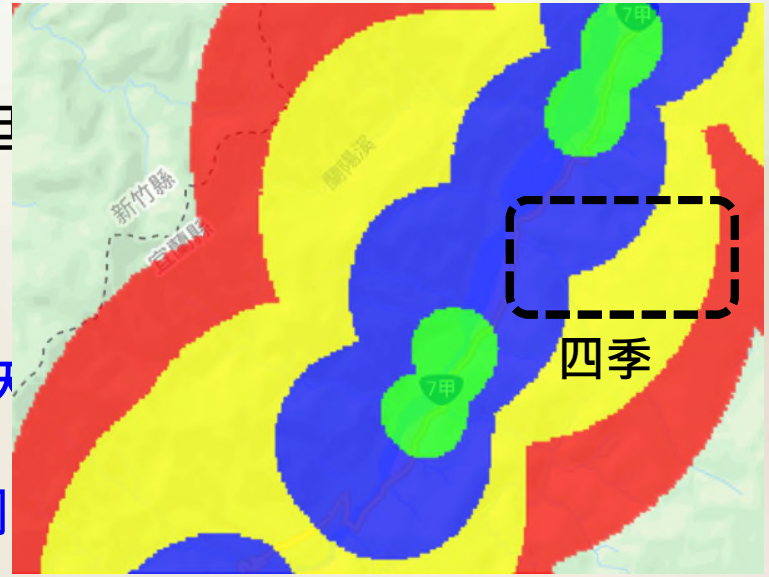


顏色	室外連線品質	手機格數	服務連線速率
	5G室外優良 4G室外優良	4~5格	下載速率50Mbps~500Mbps
	5G室外弱~室外尚可 4G室外優良	1~3格	下載速率5Mbps~150Mbps
	4G室外優良	4~5格	下載速率2Mbps~50Mbps
	4G室外良好	3~4格	下載速率2Mbps~30Mbps
	4G室外尚可	2格	下載速率2Mbps~20Mbps
	4G室外弱	1格	下載速率2Mbps~5Mbps
	4G室外無服務	無	無

研究背景與動機

- 4G、5G基地台依用戶密度設置，山區通訊覆蓋率差；
- 現行之通訊技術(4G)費用高(X99吃到飽/月)；
- 現行之通訊技術(4G)耗電高(4G網絡覆蓋率不足也會耗電)；
- 4G通訊儀器成本高，頻寬(~Gbps)浪費；
- 5G通訊技術逐漸取代4G通訊技術，雖能提供極快的傳輸速度，但的能力)十分有限，且傳送距離短。





➢低功率廣域網路 (Low-Power Wide-Area Network, LPWAN)受天

➢建置坡地與土石流防災監測系統低功耗廣域網路可實現「萬物聯網

雙向傳輸系統建置LPWAN

1. **低成本：** 適合大量應用，減低期初的建設成本與營運成本
2. **大範圍：** 無需繁複的基礎建設，具更強的穿透力與更遠的傳輸距離
3. **低耗電：** 減少電池能量的消耗，以增加裝置或感測器的使用時間
4. **非授權頻率：** 適用於全球各個國家的佈建
5. 使用的頻寬通訊費**極低**

都會區OK，那
郊區、坡地區??



現今常用之兩種LPWAN比較

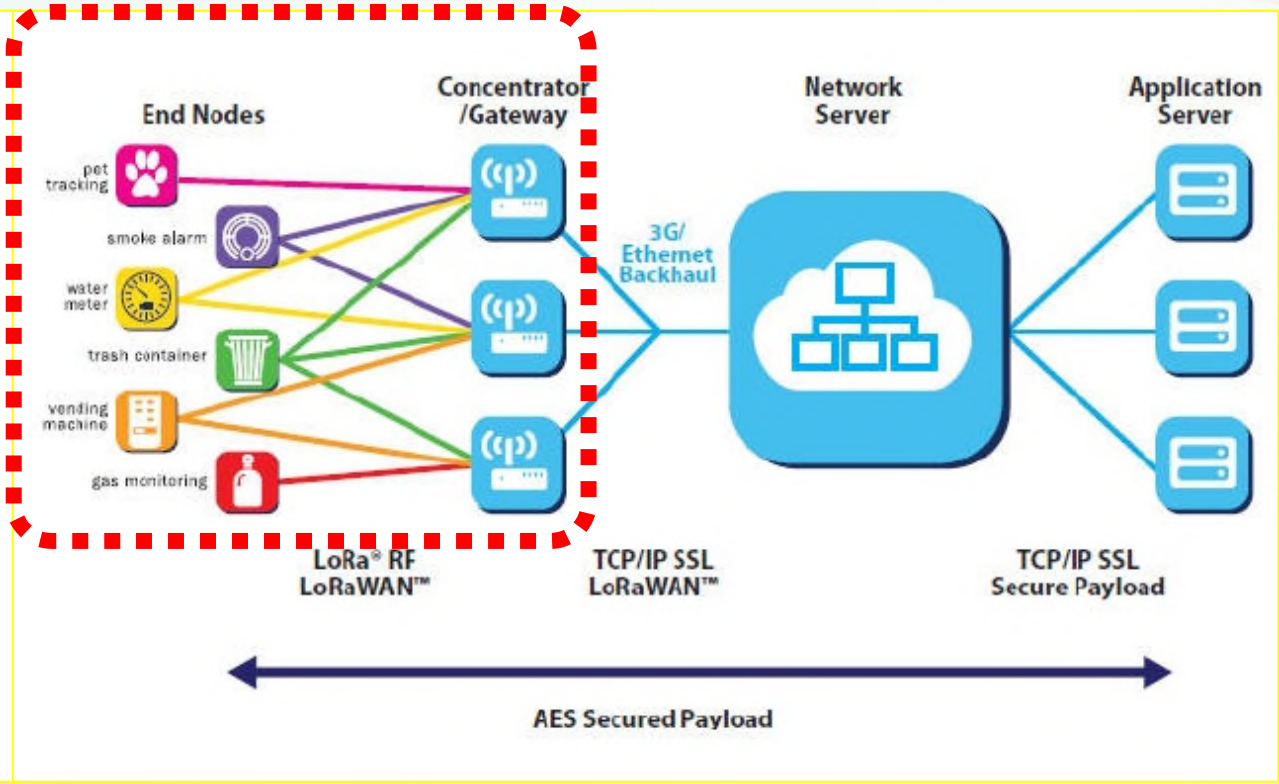
	LoRa	NB-IoT
創立時間	2015	2016
推動者	LoRa Alliance	3GPP
使用頻譜	非授權頻譜 Sub~1GHz ISM	1GHz以下授權頻譜(營運商)
使用頻寬	125~500KHz	180KHz
最遠傳輸距離	20KM	20KM
傳輸速率	300bps~50kbps	50kbps
可連接數量	25萬	10萬
優勢	1. 營運成本低 2. 功耗較低 3. 資料傳輸速率彈性 4. 可與多電信營運商串接	1. 使用授權頻譜，干擾較小 2. 使用現有4G電信基地台 (*需有開放NB頻段)
耗電量	待機0.005W、發射瞬間約0.15W	發射瞬間約1W

實現物聯網，採用LoRa之優勢

- LoRa（ Long Range Low Power）號稱為低功耗、長距離 (15Km) 的無線通訊技術，
- 主要在滿足未來物聯網時代機器與機器*M2M間的連結需求。

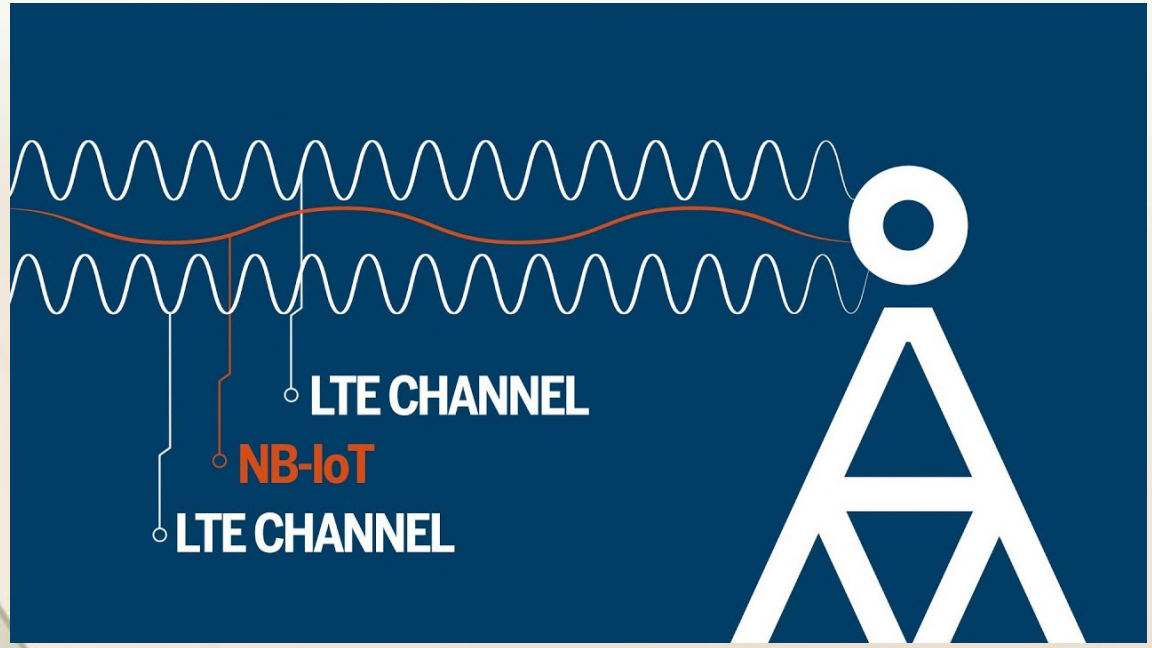


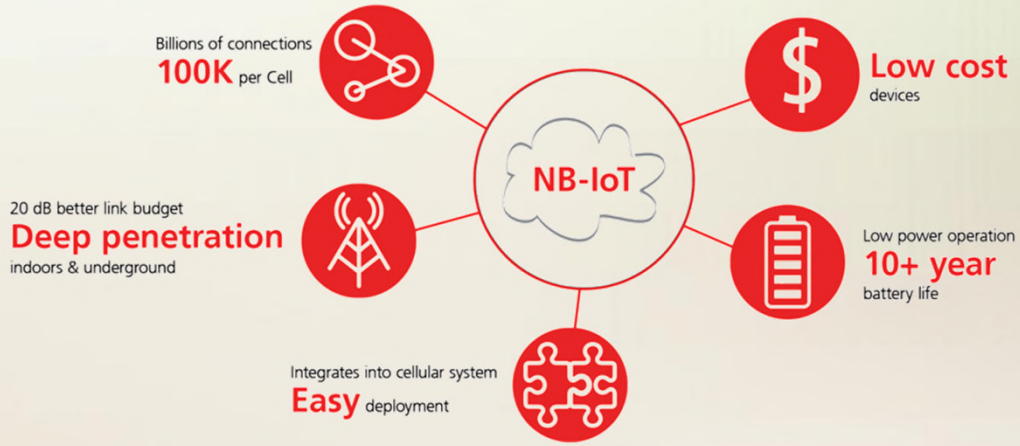




實現物聯網，採用NB-IoT之優勢

- 窄頻IoT(NB-IoT, Narrow Band -Internet of Things)技術不僅擁有低功耗廣域傳輸的特性，更能與一般電信商基地台的蜂巢式網路架構一同運作，換句話說，相關製造商僅須傾注於設計的理念與功能性的完整性，毋須再擔心基礎架構的問題。
- 也就是說NB-IoT可利用大部分現有的基地台，直接升級作為傳資料的媒介，相較於LoRa或Sigfox這些未授權(Unlicensed)頻段技術來說，擁有極大的優勢。
- NB-IoT資料是透過4G，甚至於未來的5G訊號回傳，以現行的4G網路為利，NB-IoT用的是4G破碎的頻段傳輸資訊，服務提供商或是一般用戶在使用資費上也不若手機月租費那麼昂貴。
- 然而在台灣大部分山區4G基地台較針對聚落多處架設，位於人口少通訊需求較低之山坡地或林班地，訊號廣布率較低，因此NB-IoT在坡地防災監測之可行性，亦需透過本研究進行深入評估。





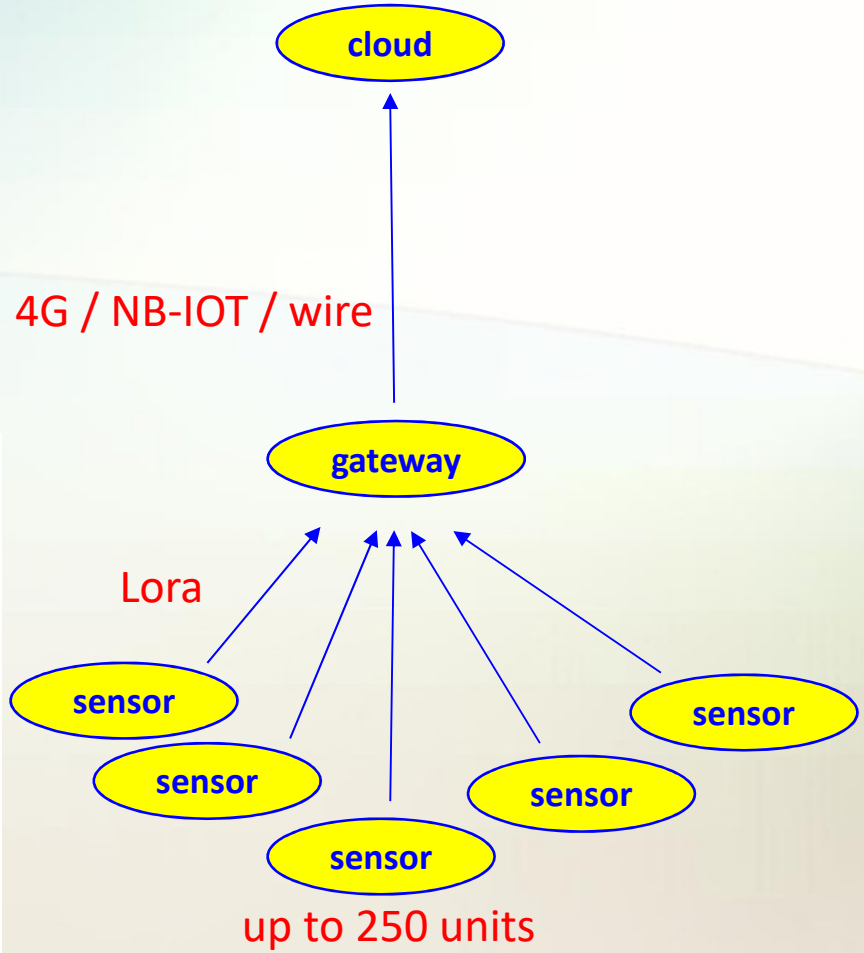
現地實驗使用儀器(LoRa)



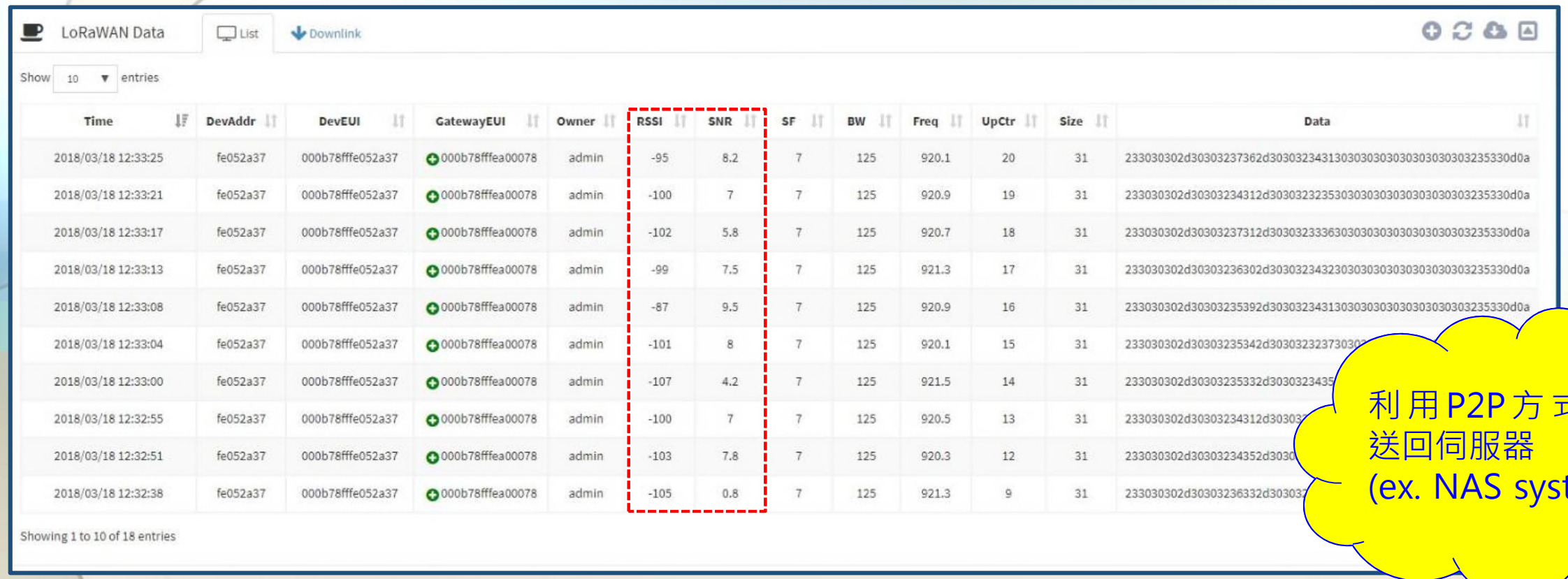


Features

- LoRa Modem
- 168dB maximum link budget
- +20dBm - 100 mW constant RF output vs. V supply
- +14dBm high efficiency PA
- Programmable bit rate up to 300kbps
- High sensitivity: down to -148dBm
- Bullet-proof front end: IIP3 = -11dBm
- Excellent blocking immunity
- Low RX current of 9.9mA, 200nA register retention
- Fully integrated synthesizer with a resolution of 61Hz
- FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa and OOK modulation
- Built-in bit synchronizer for clock recovery
- Preamble detection
- 127dB Dynamic Range RSSI
- Automatic RF Sense and CAD with ultra-fast AFC
- Packet engine up to 256 bytes with CRC
- Built-in temperature sensor and low battery indicator



初期接收介面與品質評估方式


LoRaWAN Data

List

Downlink

Show 10 entries

Time	DevAddr	DevEUI	GatewayEUI	Owner	RSSI	SNR	SF	BW	Freq	UpCtr	Size	Data
2018/03/18 12:33:25	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-95	8.2	7	125	920.1	20	31	233030302d30303237362d3030323431303030303030303030303235330d0a
2018/03/18 12:33:21	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-100	7	7	125	920.9	19	31	233030302d30303234312d3030323235303030303030303030303235330d0a
2018/03/18 12:33:17	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-102	5.8	7	125	920.7	18	31	233030302d30303237312d3030323336303030303030303030303235330d0a
2018/03/18 12:33:13	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-99	7.5	7	125	921.3	17	31	233030302d30303236302d3030323432303030303030303030303235330d0a
2018/03/18 12:33:08	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-87	9.5	7	125	920.9	16	31	233030302d30303235392d3030323431303030303030303030303235330d0a
2018/03/18 12:33:04	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-101	8	7	125	920.1	15	31	233030302d30303235342d3030323237303
2018/03/18 12:33:00	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-107	4.2	7	125	921.5	14	31	233030302d30303235332d303032343
2018/03/18 12:32:55	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-100	7	7	125	920.5	13	31	233030302d30303234312d303032
2018/03/18 12:32:51	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-103	7.8	7	125	920.3	12	31	233030302d30303234352d3030
2018/03/18 12:32:38	fe052a37	000b78fffe052a37	000b78fffea00078	admin	-105	0.8	7	125	921.3	9	31	233030302d30303236332d303032

Showing 1 to 10 of 18 entries

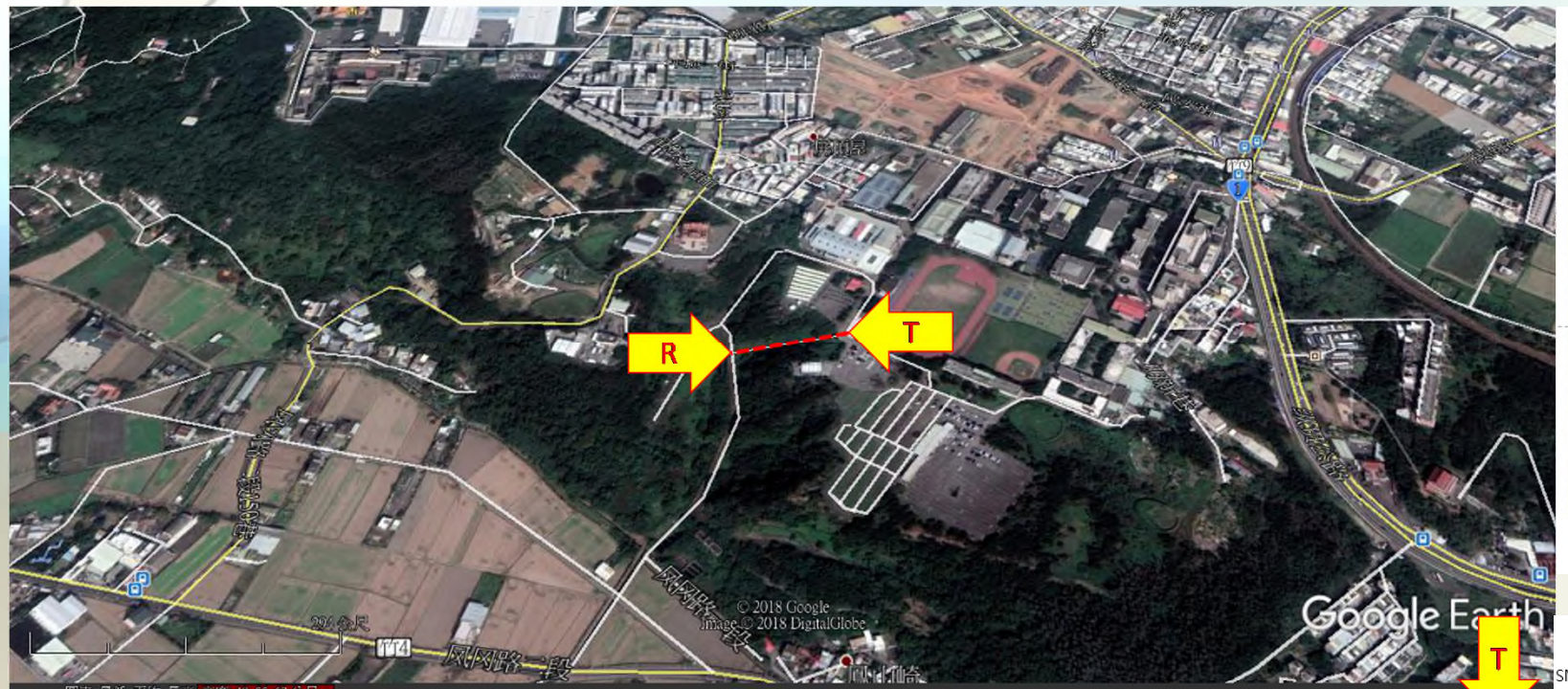
利用P2P方式傳送回伺服器 (ex. NAS system)

- ✓ RSSI (Received Signal Strength Indicator)-信號強度
- ✓ SNR(signal to noise ratio)-信噪比

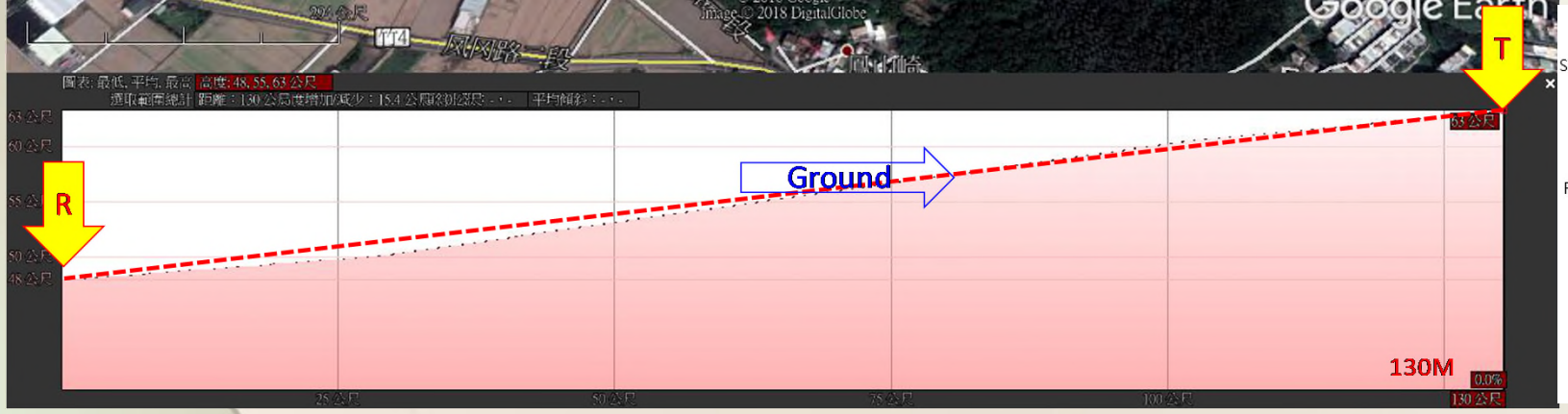
RSSI [dBm]	信號強度	
-50 ~ 0	強	
-70 ~ -50	中	
< -70	弱	
SNR [dB]	雜訊	訊號品質
大	小	好
小	大	差

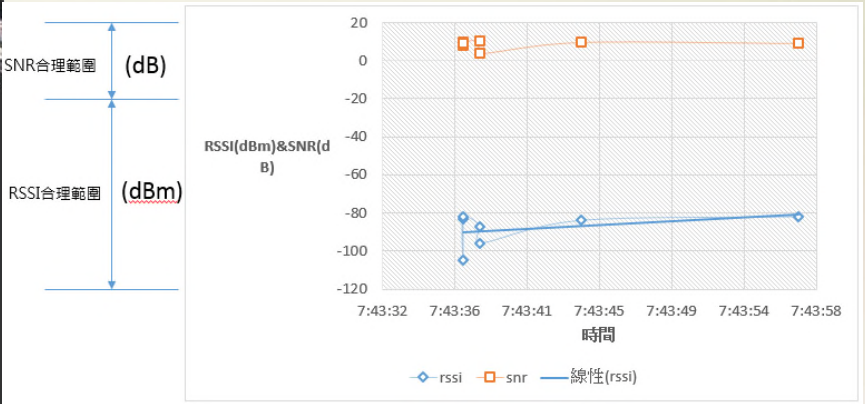
第一年度研究計畫成果

LoRa通訊現地實測-緩坡



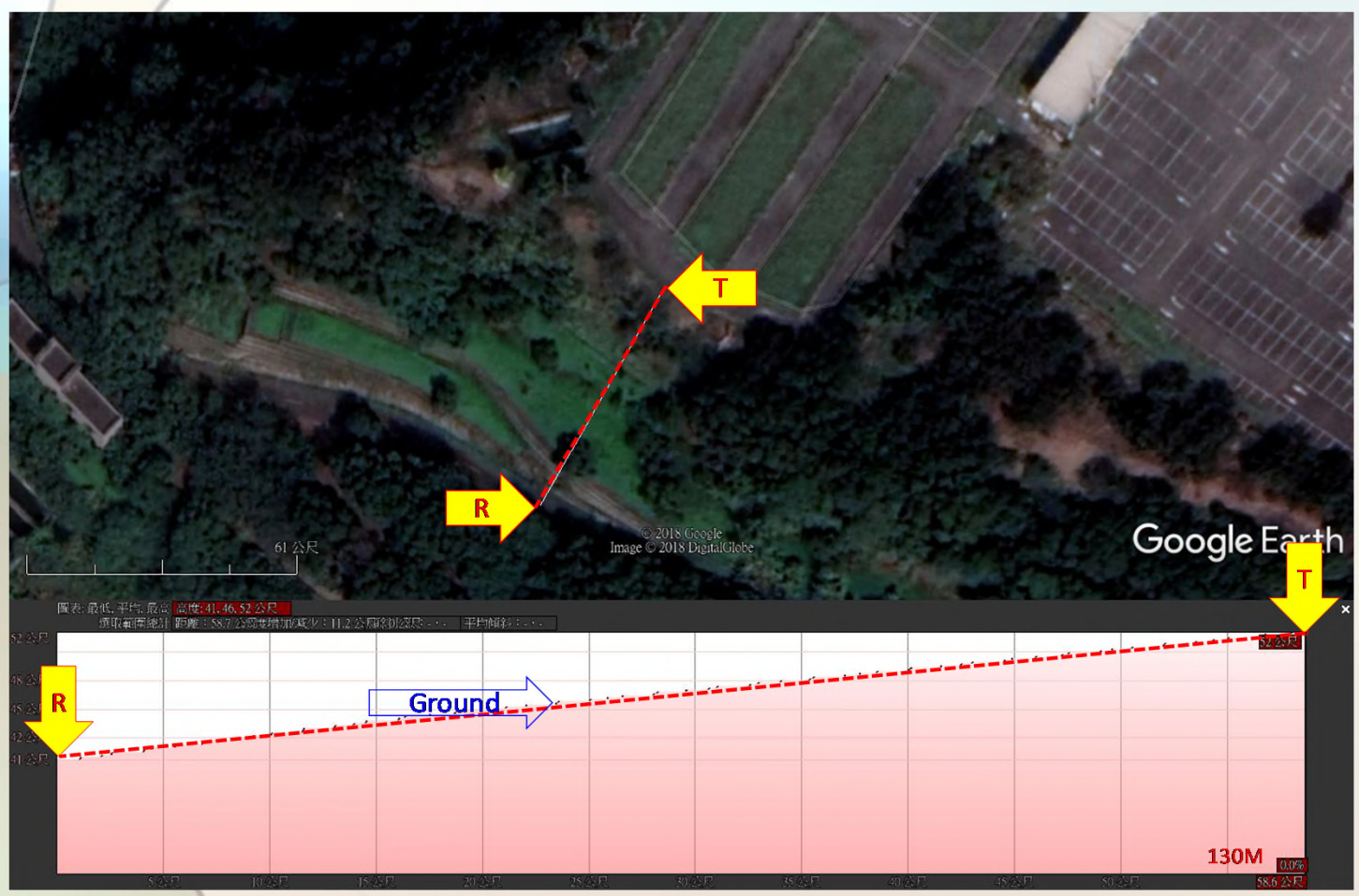




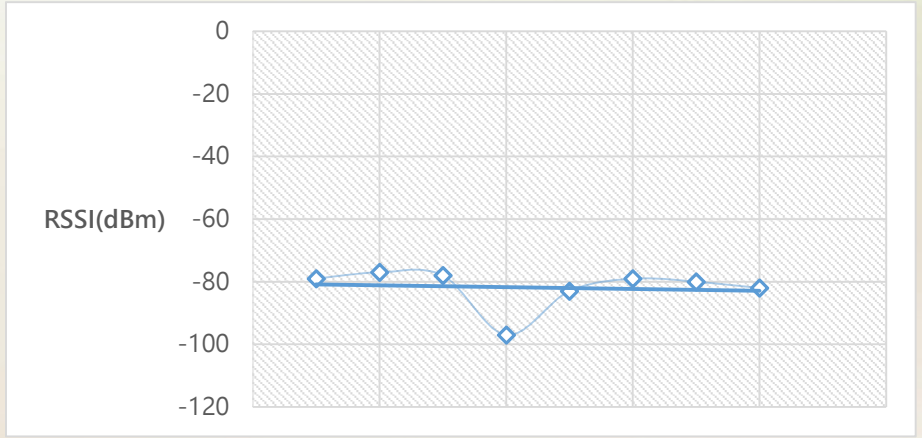


明新科技大學
土木工程與環境資源管理系/防災技術研究中心

LoRa通訊現地實測-陡坡

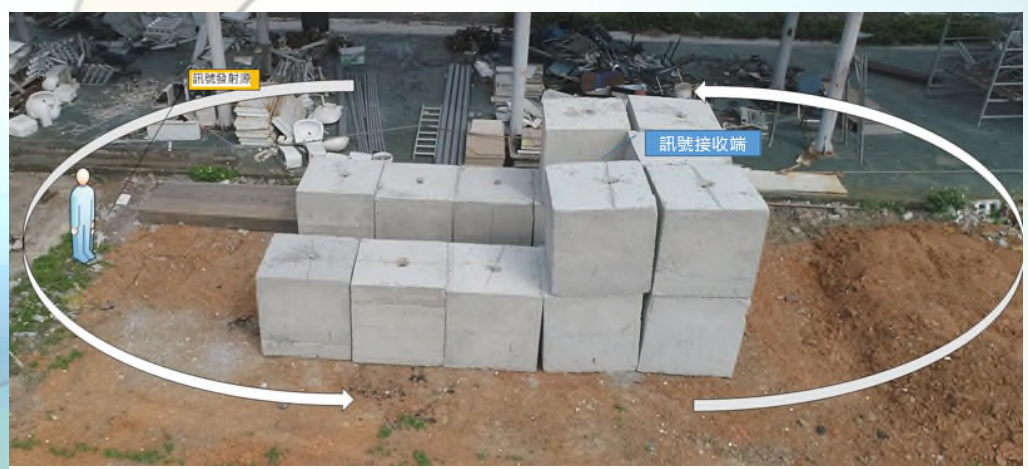




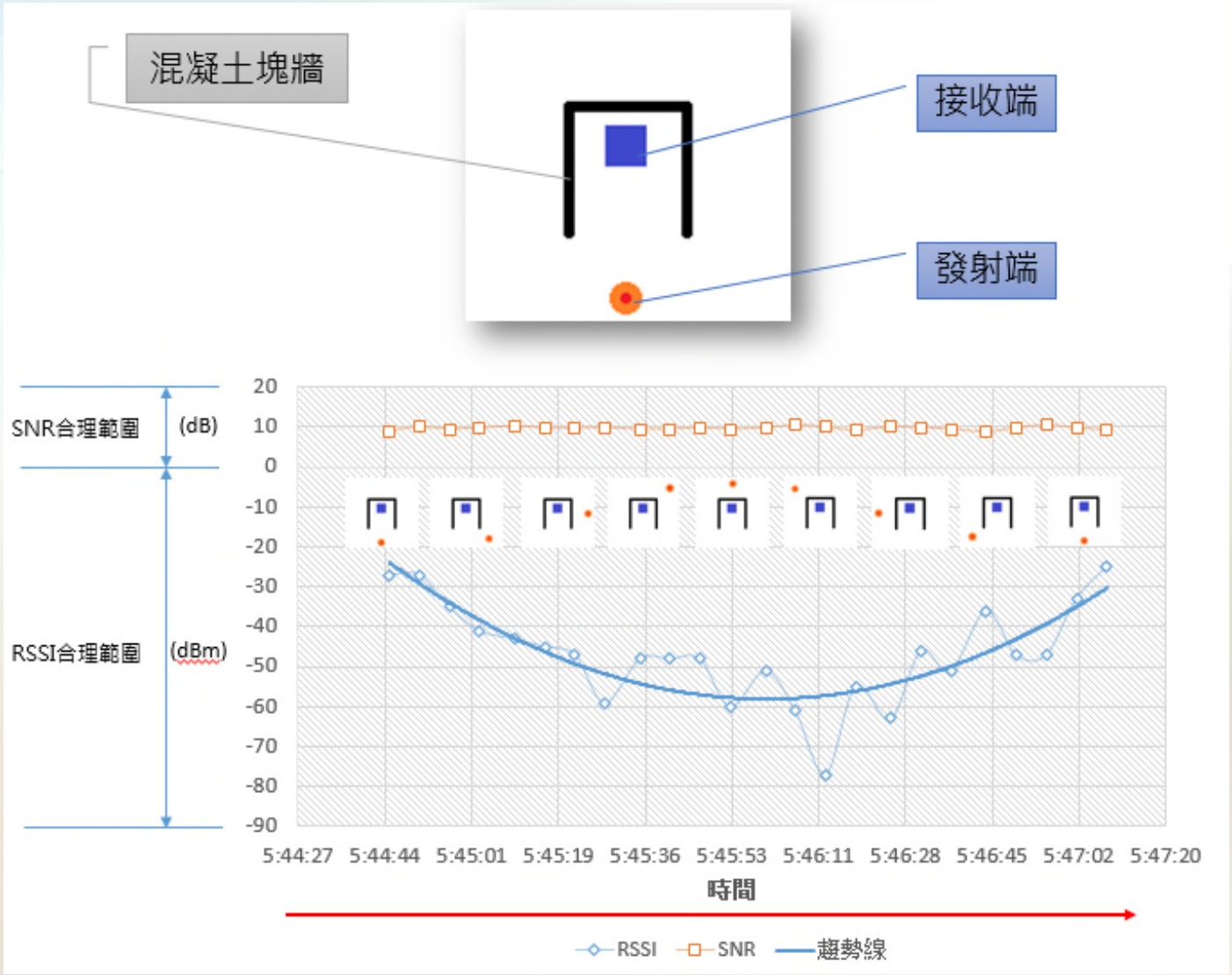


明新科技大學
土木工程與環境資源管理系/防災技術研究中心

LoRa通訊現地實測-有RC障礙物

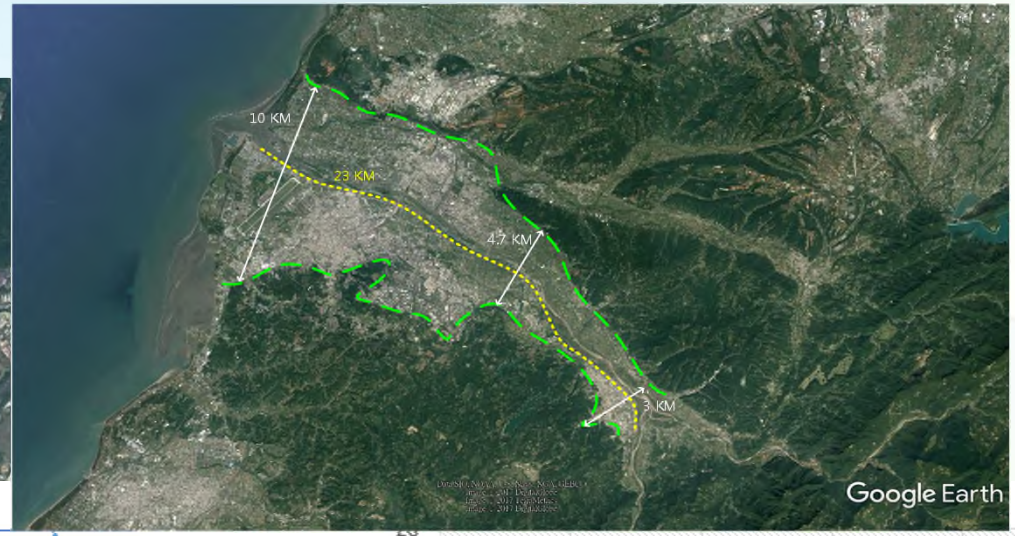




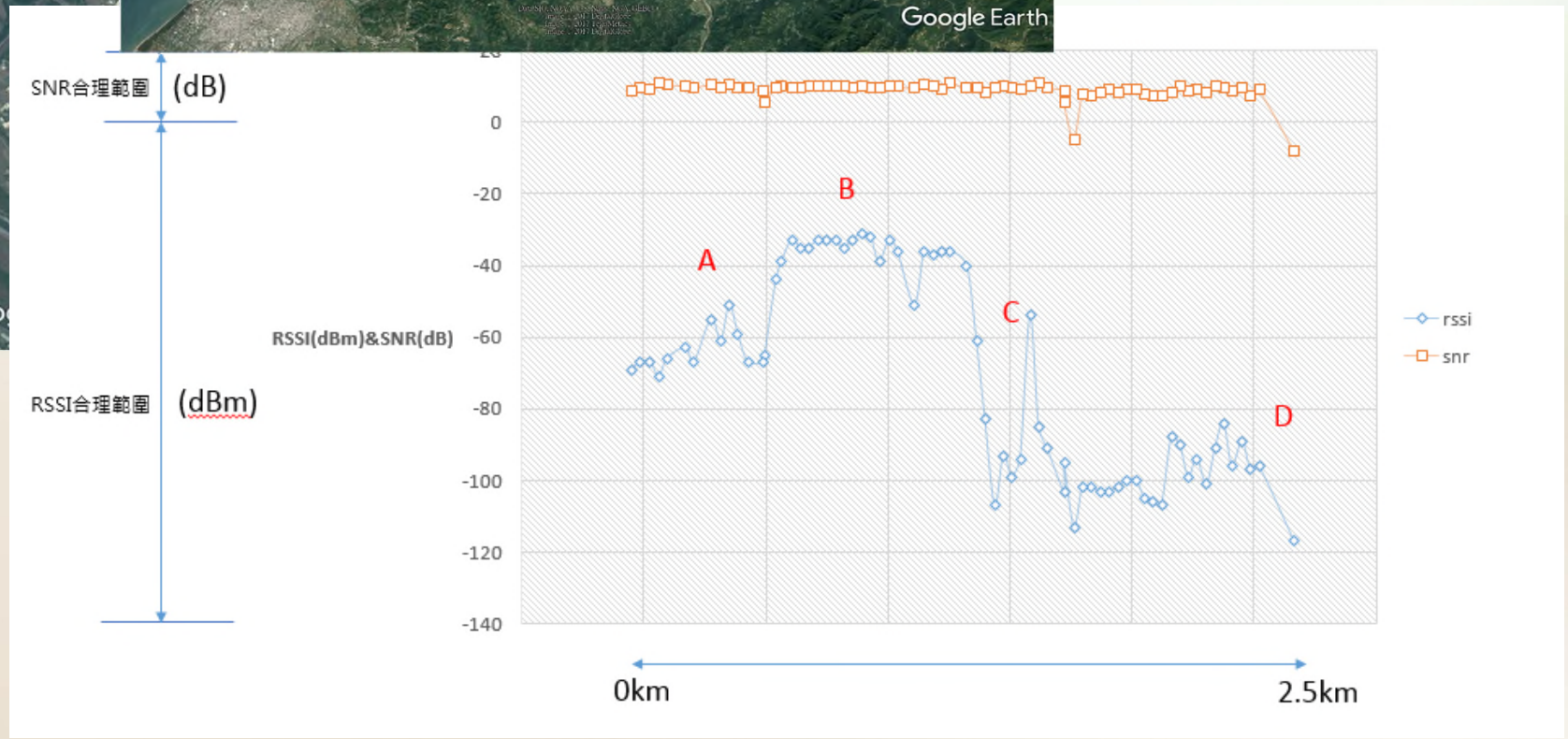


LoRa通訊現地實測-台68快速道路









訊號漏失率意義與估算

- 第一種為「遲到」

$$\varepsilon = \frac{3}{25} \cdot 100(\%) = 12\%$$

➢ 漏失率=**(數據間秒數超過預設傳輸時間的筆數)/(總筆數)**

- 第二種為「未到」

$$\varepsilon = \frac{0}{25} \cdot 100(\%) = 0\%$$

➢ 漏失率=**(應該收到的筆數)/總筆數)**

=(傳送時的時間(秒)/預設傳輸時間)

資料序號	日期	時間	時間差	RSSI	SNR
1	2018/9/6	02:01:04		-55	10.0
2	2018/9/6	02:00:59	00:00:05	-55	10.5
3	2018/9/6	02:00:54	00:00:05	-49	9.0
4	2018/9/6	02:00:48	00:00:06	-53	9.8
5	2018/9/6	02:00:43	00:00:05	-59	9.8
6	2018/9/6	02:00:38	00:00:05	-51	9.8
7	2018/9/6	02:00:33	00:00:05	-55	10.8
8	2018/9/6	02:00:28	00:00:05	-54	9.5
9	2018/9/6	02:00:23	00:00:05	-61	10.0
10	2018/9/6	02:00:18	00:00:05	-51	10.5
11	2018/9/6	02:00:12	00:00:06	-53	9.5
12	2018/9/6	02:00:07	00:00:05	-54	9.2
13	2018/9/6	02:00:02	00:00:05	-54	9.8
14	2018/9/6	01:59:57	00:00:05	-51	10.2
15	2018/9/6	01:59:52	00:00:05	-60	9.8
16	2018/9/6	01:59:47	00:00:05	-61	10.2
17	2018/9/6	01:59:42	00:00:05	-65	9.2
18	2018/9/6	01:59:37	00:00:05	-65	10.0
19	2018/9/6	01:59:31	00:00:06	-63	9.8
20	2018/9/6	01:59:26	00:00:05	-67	10.5
21	2018/9/6	01:59:21	00:00:05	-67	9.0
22	2018/9/6	01:59:16	00:00:05	-60	10.2
23	2018/9/6	01:59:11	00:00:05	-63	9.8
24	2018/9/6	01:59:06	00:00:05	-55	9.8
25	2018/9/6	01:59:01	00:00:05	-65	10.5

漏失集中率意義與估算

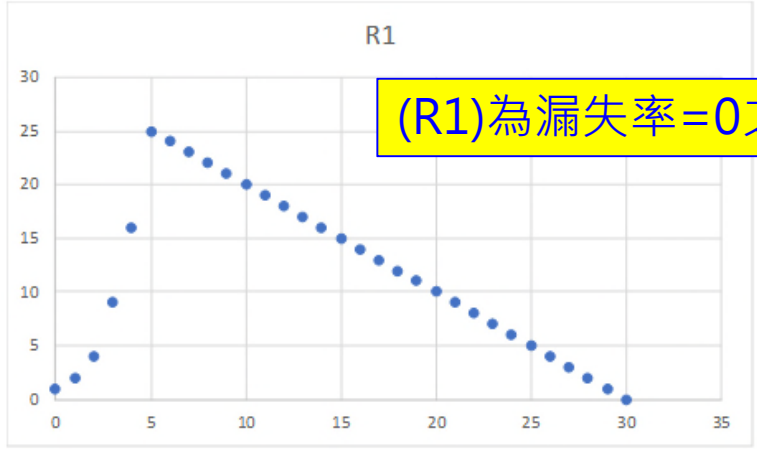
- 由表所示，該研究LoRa間傳送頻率依樣為5秒1次，28筆資料中，序列第一組11、12、13；第二組22、23；第三組27、28筆資料不但未如期於5秒時送至雲端，且連續發生。若漏失情形過於集中，恐造成較大影響，否則應可接受。
- 除了107年度採用之評估方式，本研究將進一步分析資料漏失集中率，以評估此種通訊方法是否適合。
- 以設計現地儲存設施，並同步進行低耗電迴路之設計。

資料序號	日期	時間	時間差	RSSI	SNR
1	2018/9/6	03:11:31	-	-117	-4
2	2018/9/6	03:11:21	00:00:10	-114	-3.8
3	2018/9/6	03:11:16	00:00:05	-112	1.8
4	2018/9/6	03:11:06	00:00:10	-115	-4
5	2018/9/6	03:11:01	00:00:05	-111	1.5
6	2018/9/6	03:10:55	00:00:06	-110	2.2
7	2018/9/6	03:10:50	00:00:05	-115	-1.2
8	2018/9/6	03:10:45	00:00:05	-114	-2.2
9	2018/9/6	03:10:40	00:00:05	-113	1.5
10	2018/9/6	03:10:35	00:00:05	-113	0.2
11	2018/9/6	03:10:25	00:00:10	-108	3.5
12	2018/9/6	03:10:19	00:00:06	-113	0.2
13	2018/9/6	03:10:09	00:00:10	-111	4
14	2018/9/6	03:10:04	00:00:05	-112	4
15	2018/9/6	03:09:59	00:00:05	-115	0.2
16	2018/9/6	03:09:54	00:00:05	-112	2
17	2018/9/6	03:09:49	00:00:05	-113	-1.8
18	2018/9/6	03:09:43	00:00:06	-118	-1.5
19	2018/9/6	03:09:38	00:00:05	-113	-0.2
20	2018/9/6	03:09:33	00:00:05	-107	3
21	2018/9/6	03:09:28	00:00:05	-117	-5.8
22	2018/9/6	03:09:18	00:00:10	-114	-1
23	2018/9/6	03:08:57	00:00:21	-115	-3.5
24	2018/9/6	03:08:52	00:00:05	-113	-0.2
25	2018/9/6	03:08:47	00:00:05	-111	3.8
26	2018/9/6	03:08:42	00:00:05	-115	-5
27	2018/9/6	03:08:32	00:00:10	-112	1.8
28	2018/9/6	03:08:16	00:00:16	-114	-0.5

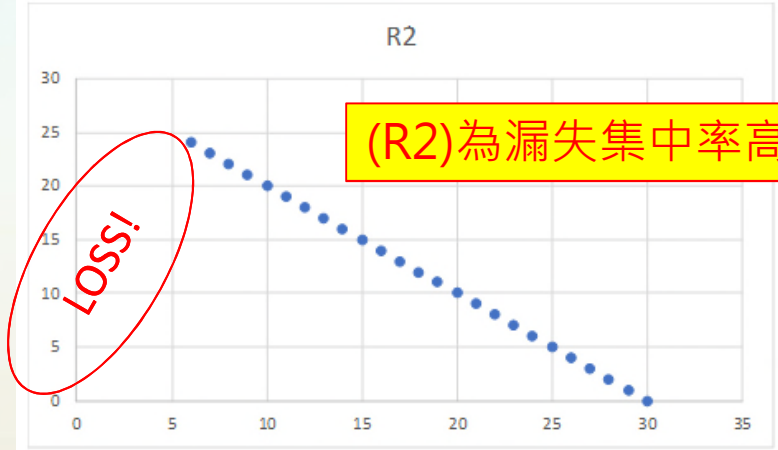
漏失集中率意義與估算

可明顯看出資料(R3)比起(R2)能重現(R1)之趨勢。

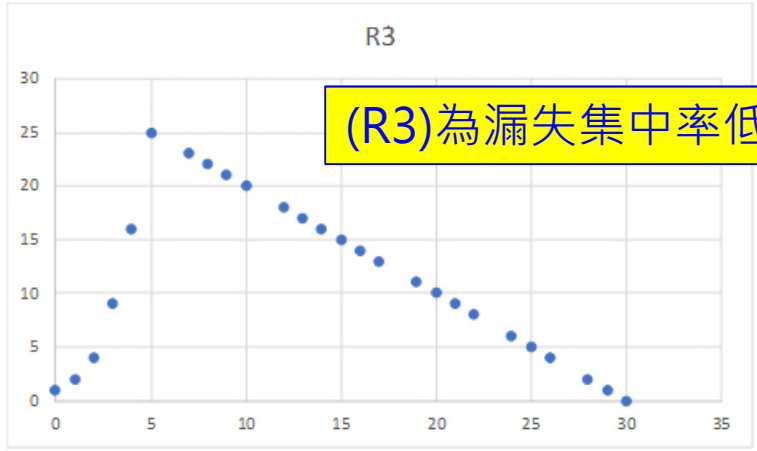
TIME	R1	R2	R3	TIME	R1	R2	R3
0	1	N/A	1	16	14	14	14
1	2	N/A	2	17	13	13	13
2	4	N/A	4	18	12	12	N/A
3	9	N/A	9	19	11	11	11
4	16	N/A	16	20	10	10	10
5	25	N/A	25	21	9	9	9
6	24	24	N/A	22	8	8	8
7	23	23	23	23	7	7	N/A
8	22	22	22	24	6	6	6
9	21	21	21	25	5	5	5
10	20	20	20	26	4	4	4
11	19	19	N/A	27	3	3	N/A
12	18	18	18	28	2	2	2
13	17	17	17	29	1	1	1
14	16	16	16	30	0	0	0
15	15	15	15				



(R1)為漏失率=0之資料分布



(R2)為漏失集中率高之資料分布



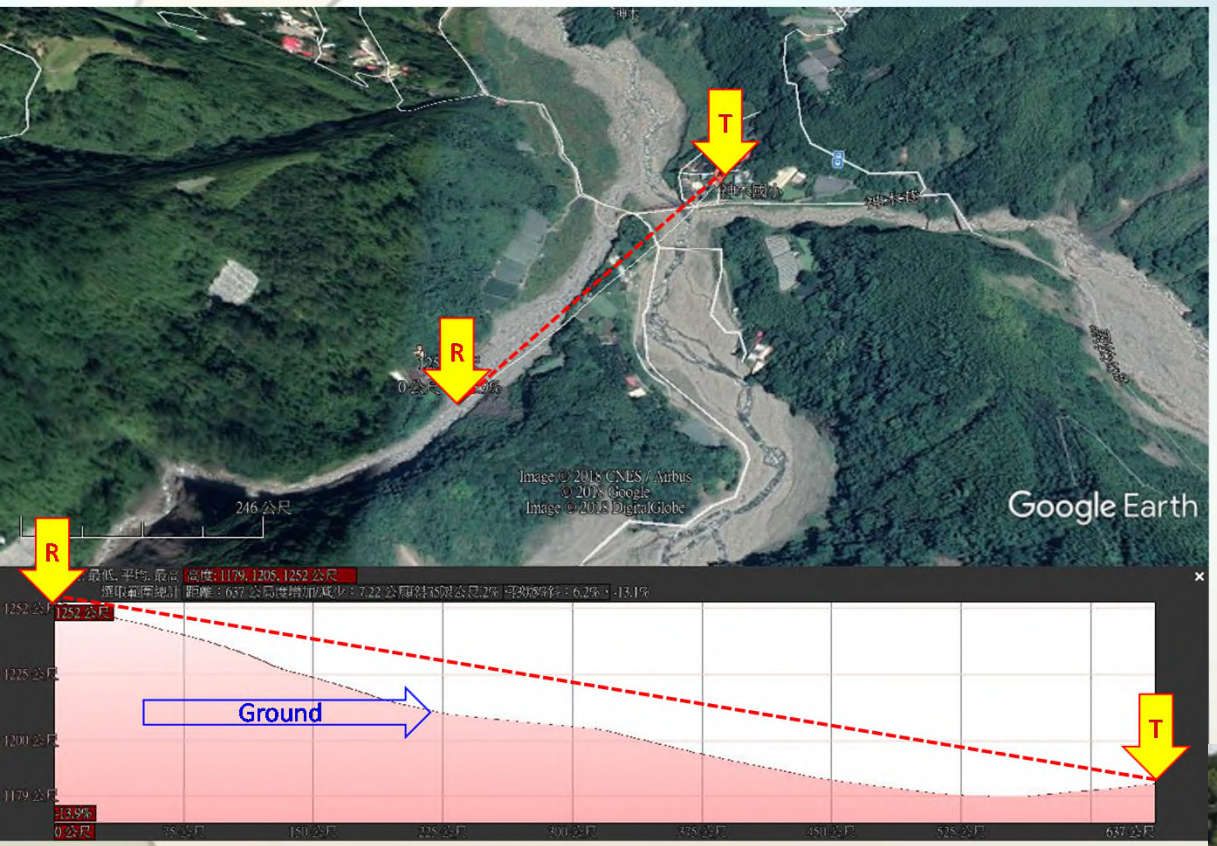
(R3)為漏失集中率低之資料分布

LoRa通訊現地實測- 神木土石流觀測站



明新科技大學
土木工程與環境資源管理系/防災技術研究中心

LoRa通訊現地實測-南投信義神木



愛玉子溪



LORA-B 發射端



LORA接收端



638 公尺

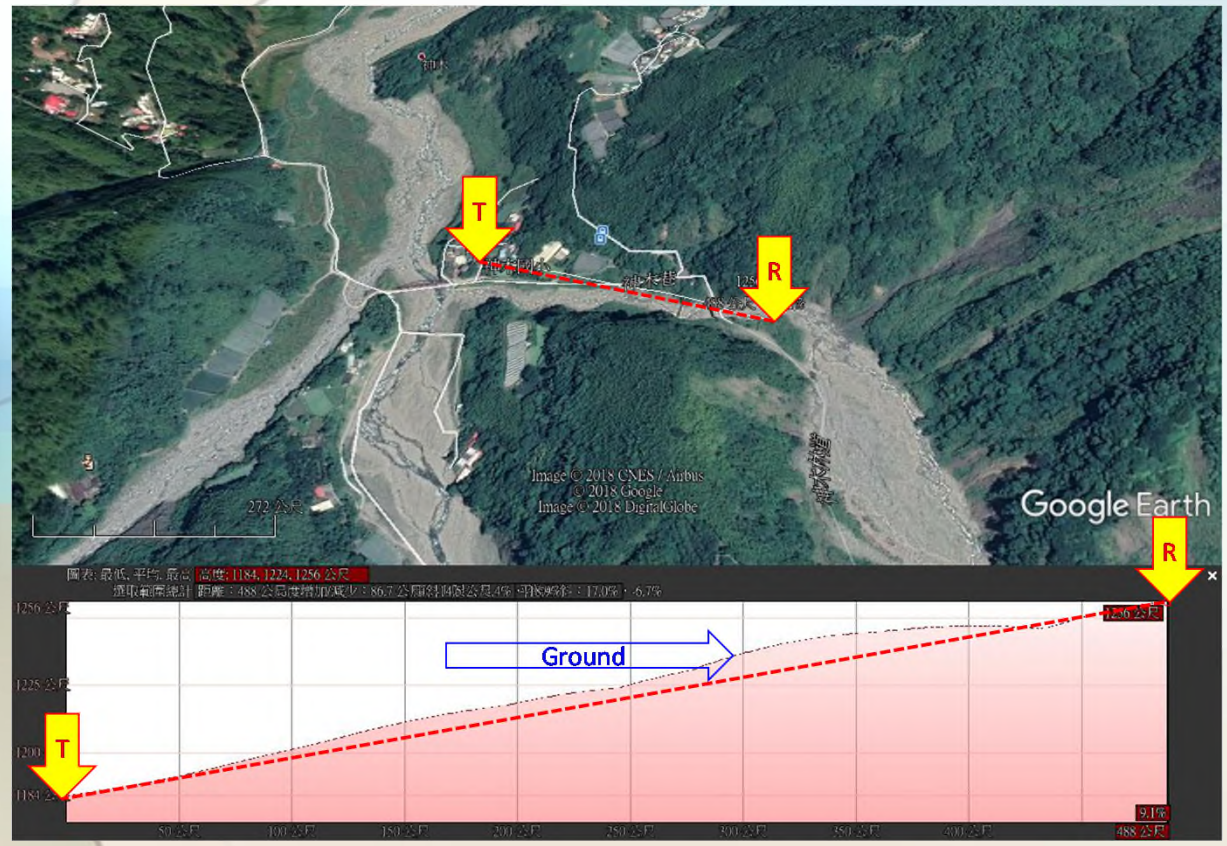
新增地點





明新科技大學
土木工程與環境資源管理系/防災技術研究中心

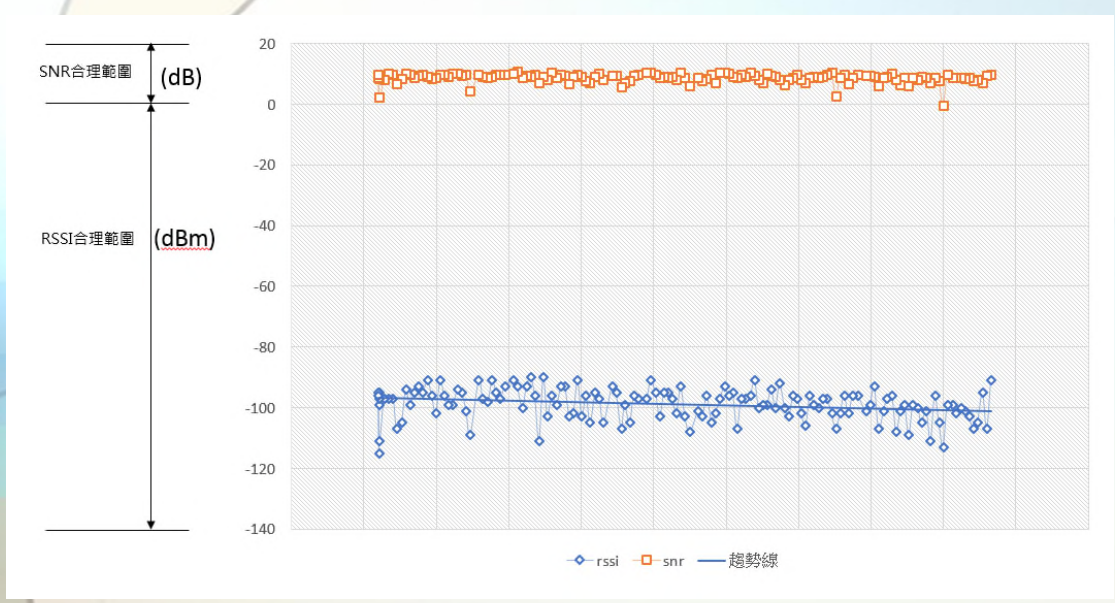
LoRa通訊現地實測-南投信義神木



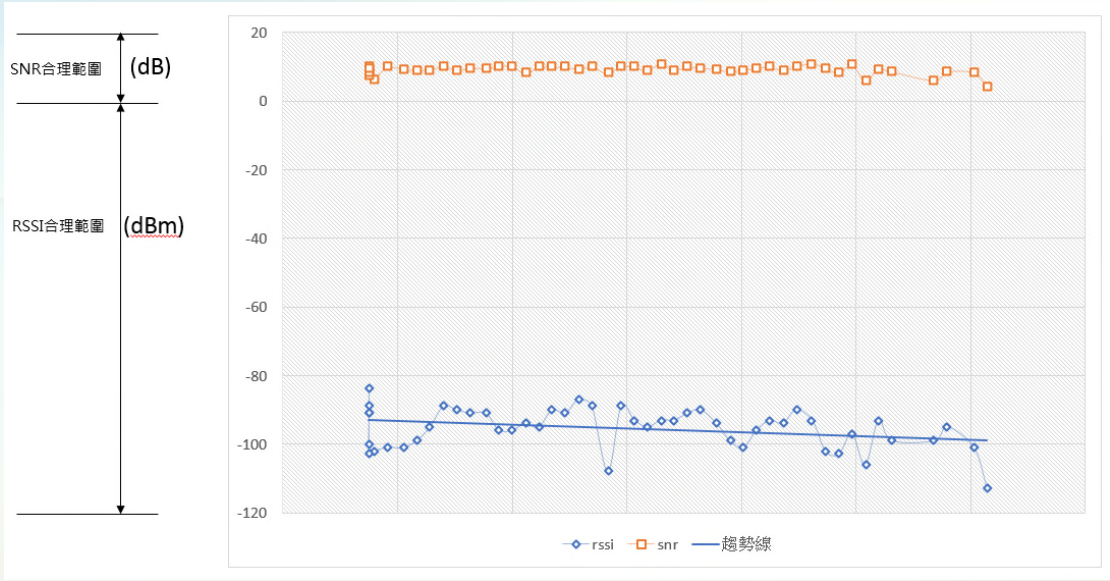


出水溪

LoRa通訊現地實測-南投信義神木



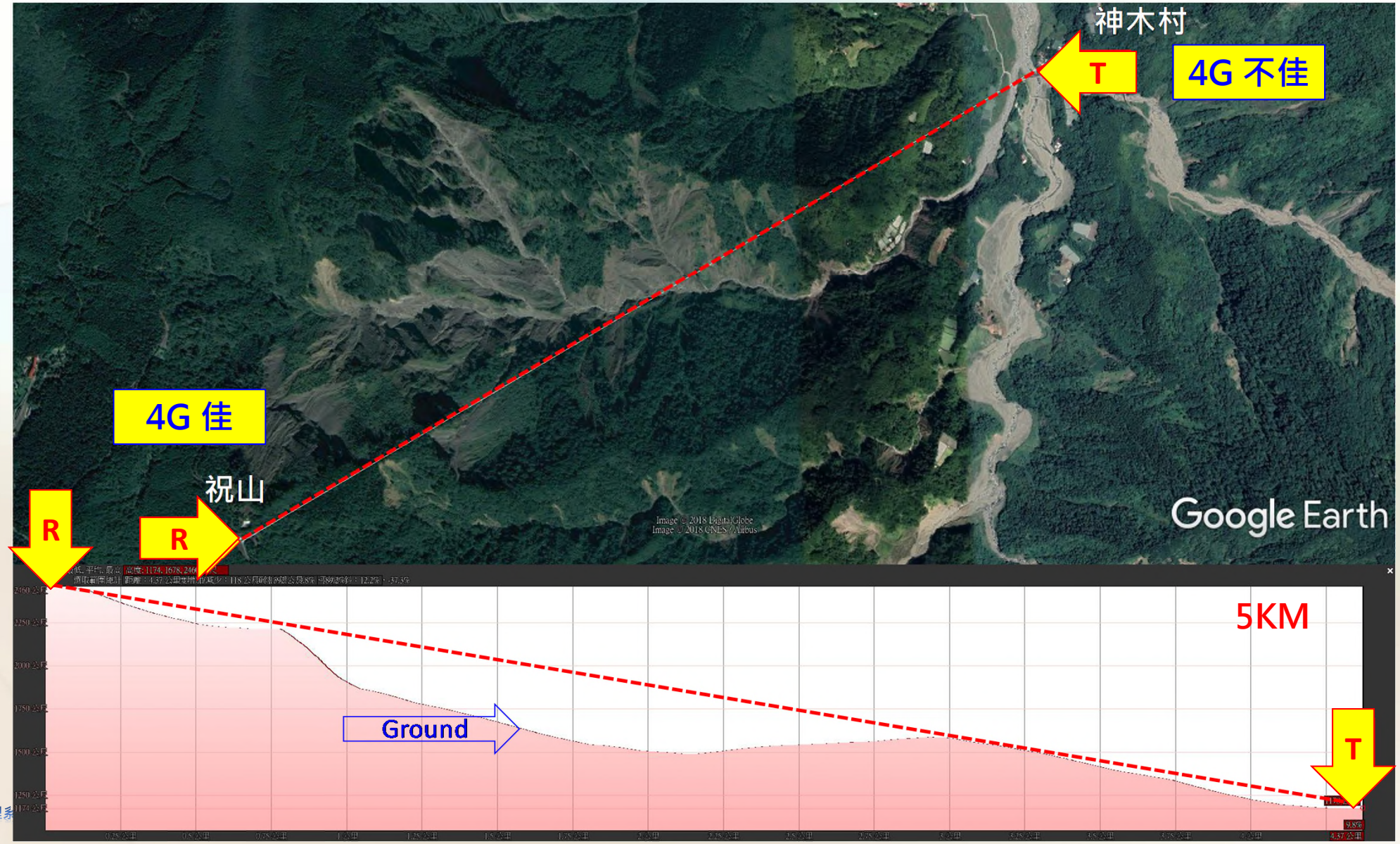
和社溪



出水溪

點位	施測距離 (m)	通視性	RSSI (dBm)	實收資料數	漏失率 (%)
和社溪	638	可	-100E15	146	2.19
出水溪	365	不可	-95E15	46	0

LoRa通訊現地實測-祝山與神木



LoRa通訊現地實測-祝山與神木





LoRa通訊現地實測-宜蘭四季



106.9.6 攝於宜蘭縣大同鄉四季村四季國小,LORA-B發射端



宜蘭縣大同鄉四季村地形圖

LoRa通訊現地實測-宜蘭四季

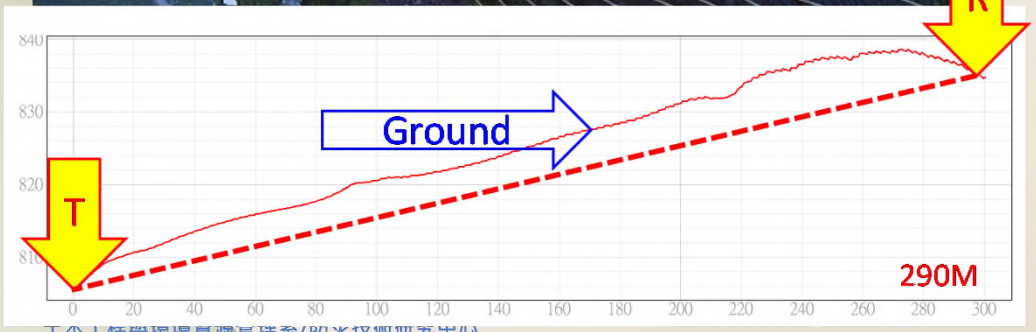
漏失率

孔號(位置)	通訊距離(m)	通視性	晴天	陰天	雨天	小雨	大霧
SI1	360	不可	28.21%	24.32%		23.88%	9.09%
SI2、R	440	不可	16.85%	0%		0%	
SI3	440	不可	12.12%	18.91%		0%	0%
SI4	290	不可	0%	0%		0%	
SI5	30	可	0%	0%	0.00%		
SI6	90	不可	0%	0%			
SI7	90	不可	4.76%	0%	0.00%		
SI9	50	不可	0%	0%			
SI10	145	不可	0%	0%			
SI11	310	不可	3.12%				
SI12	310	不可	0%	0%			
TI1	550	不可	0%	0%			0%
平均			5.87%	4.34%	0.00%	6.59%	3.13%

改善目標：
1. 利用橋接方式突破障礙
2. 增加漏失集中率計算

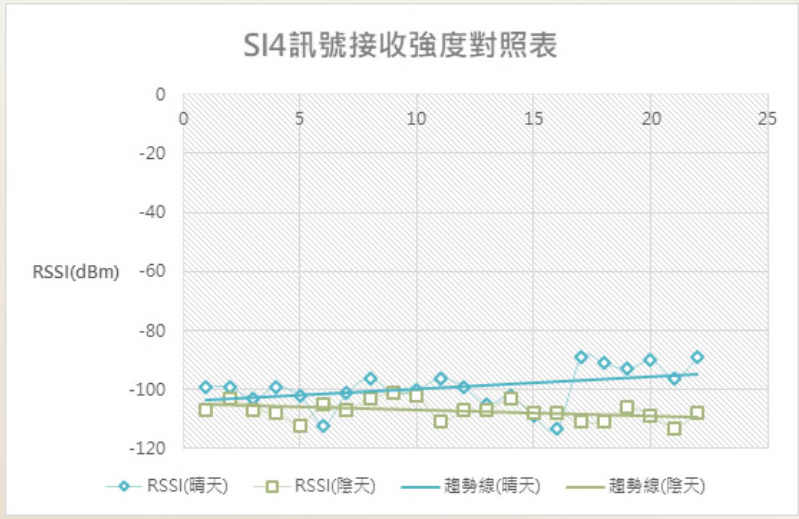
LoRa通訊現地實測-290M無法通視







106.9.6 攝於宜蘭縣大同鄉四季村上部落,位於SI4 (陰天)



漏失率=0

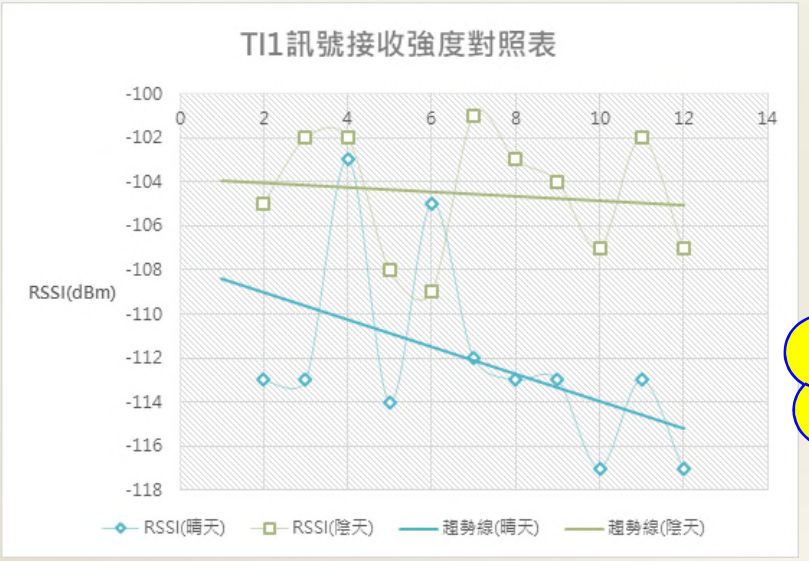
LoRa通訊現地實測-550M無法通視





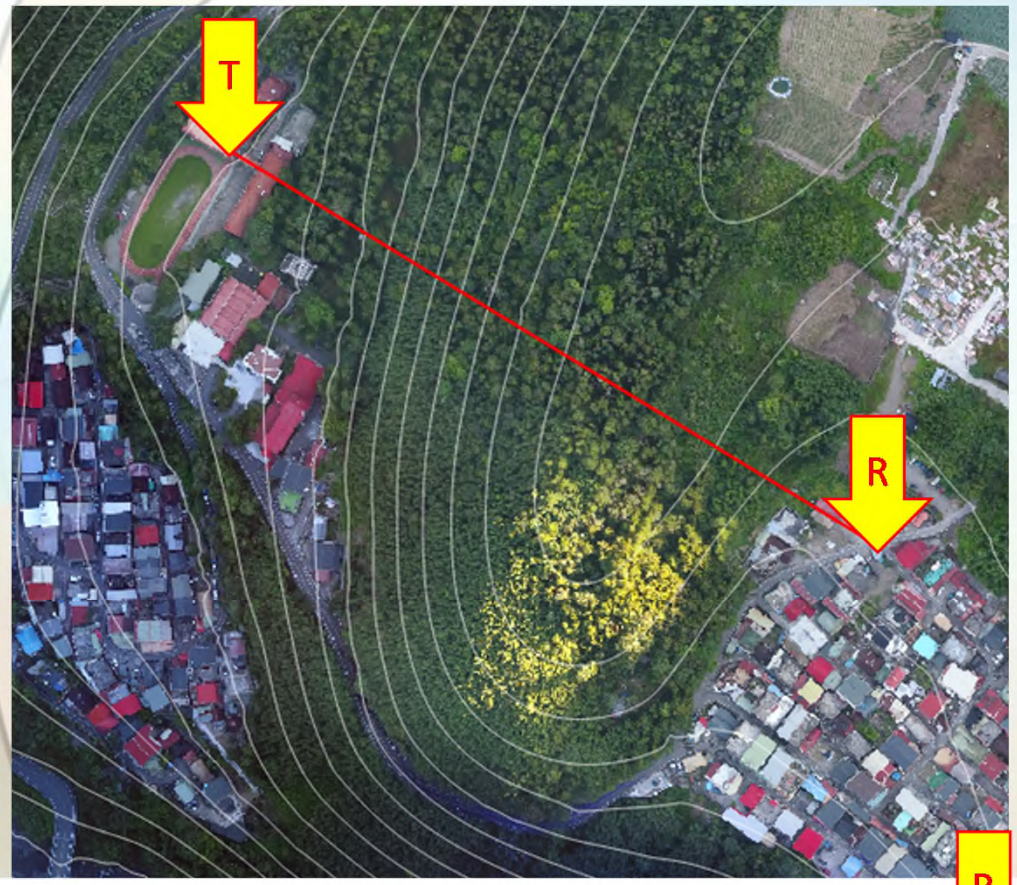
106.9.6 攝於宜蘭縣大同鄉四季村上部落,位於TI1 (陰天)





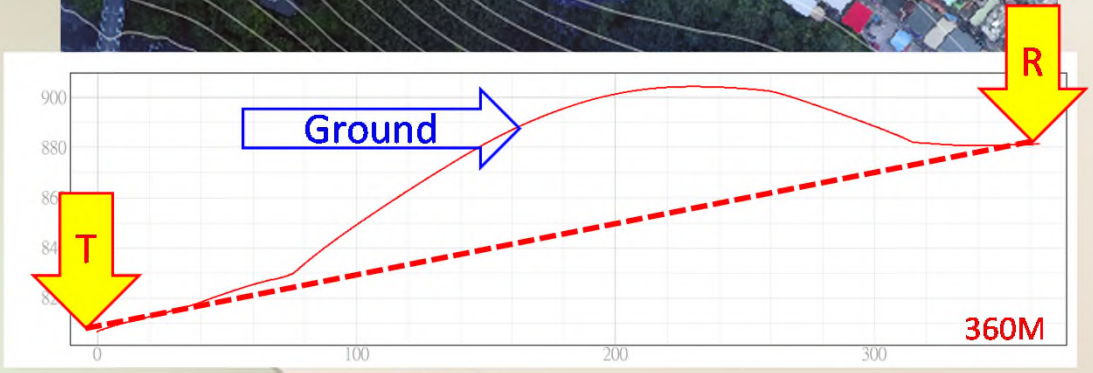
漏失率=0

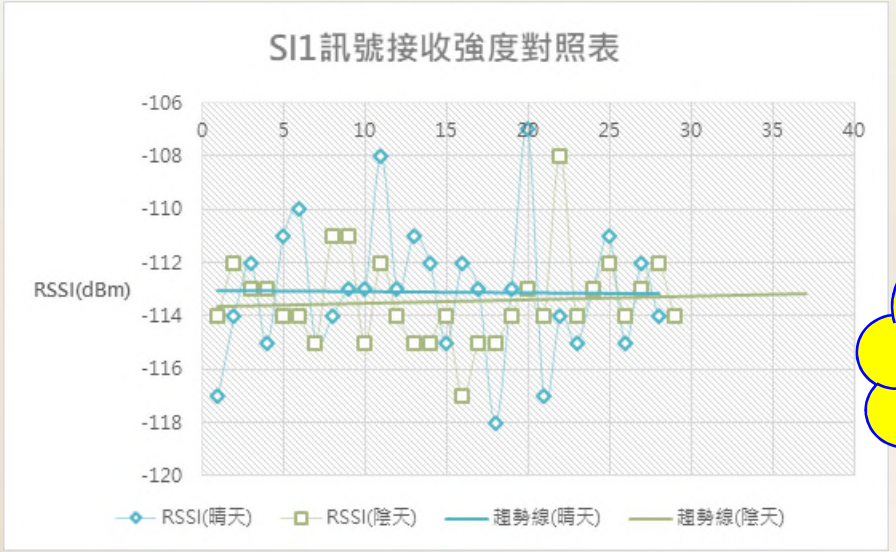
LoRa通訊現地實測-360M無法通視





106.9.6 攝於宜蘭縣大同鄉四季村上部落,位於SI1 (晴天)





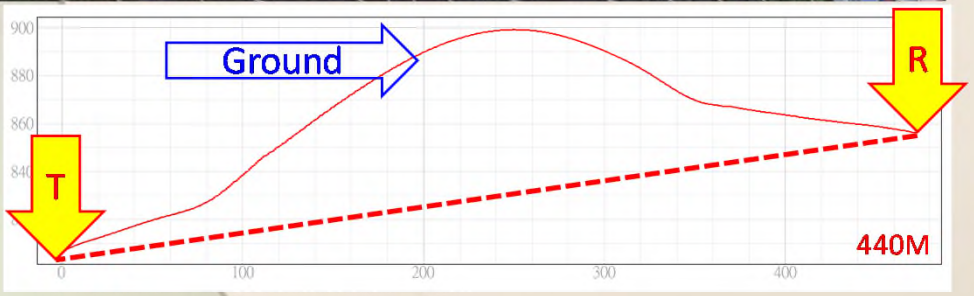
漏失率
<28%

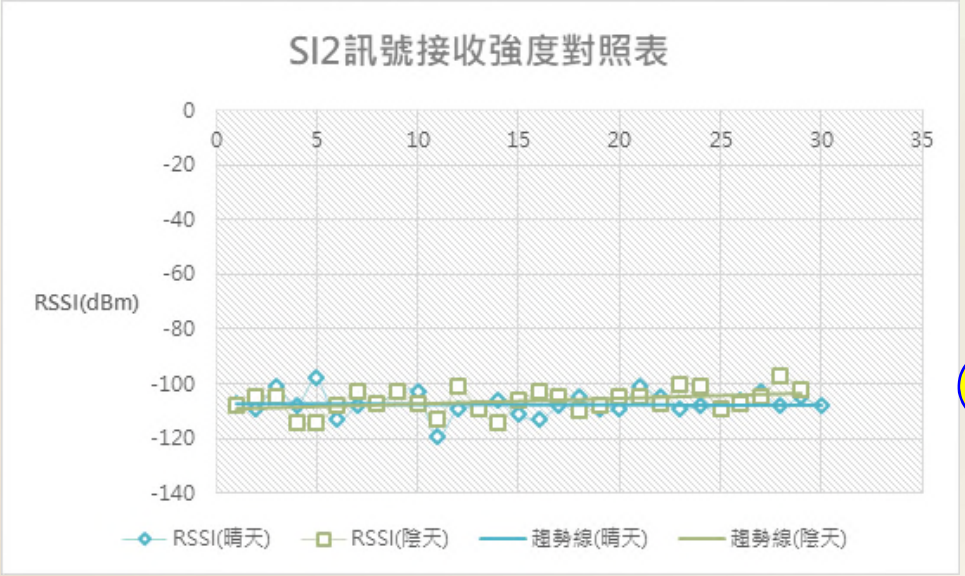
LoRa通訊現地實測-440M無法通視





106.9.6 攝於宜蘭縣大同鄉四季村上部落,位於SI2 (陰天)





漏失率
<17%

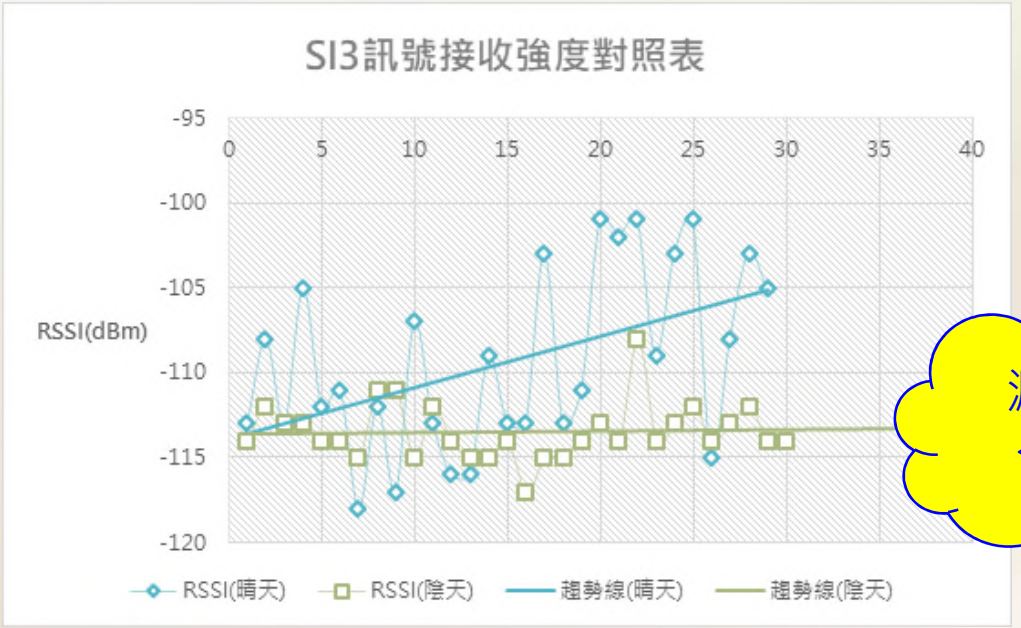
LoRa通訊現地實測-440M無法通視





106.9.6 攝於宜蘭縣大同鄉四季村上部落,位於SI3 (晴天)





漏失率
<19%

LoRa通訊現地實測-宜蘭四季

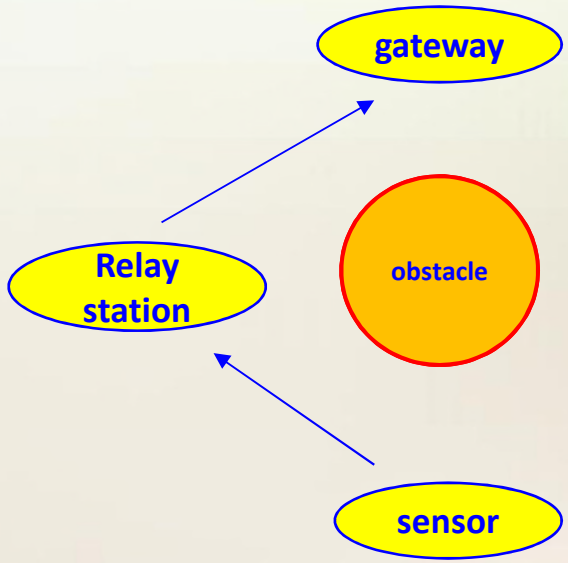


第二年度研究計畫成果

克服地形障礙之LoRa橋接方式

- 目前無相關「單機轉發」之橋接產品，技術開發成本高；
- 本研究開發「雙機轉發」技術，「一收」+「一發」=「轉發」
- 關鍵課題：訊號衝突(重複)與時間差、耗電



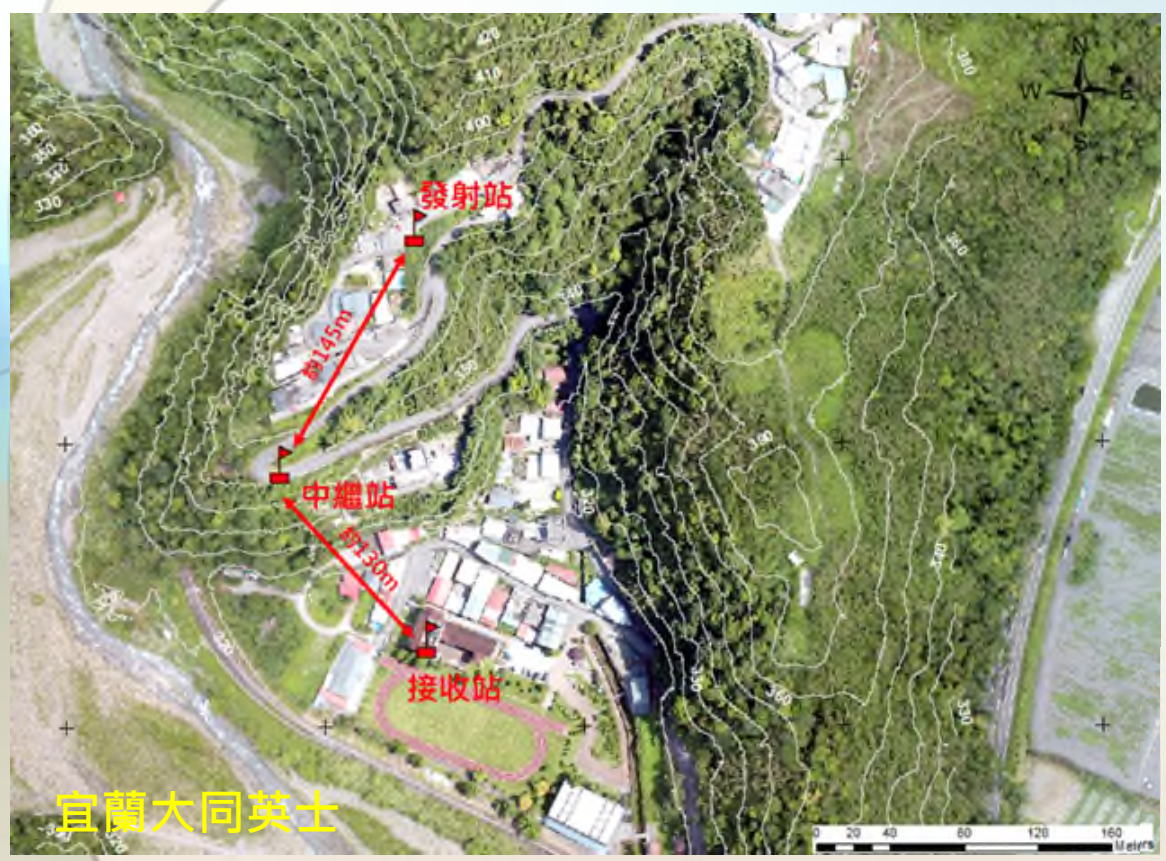


LoRa P2P測試成果-1



	原漏失率	中繼天線	漏失率	提升
SI-1	約25%	3dBi	0%	是
		5dBi	7.89%	是
		9dBi	9.52%	是
SI-2	約17%	3dBi	14.63%	是
		5dBi	13.16%	是
		9dBi	22.86%	否

LoRa P2P測試成果-2



	天氣	站別	障礙	成功率	漏失率
英士(一)	小雨	中繼	無	96.27	3.72
		接收	無	96.51	3.48
英士(二)	小雨	中繼	無	87.64	12.35
		接收	有	78.16	21.83
英士(三)	晴	中繼	有	47.95	52.04
		接收	無	47.1	52.89
英士(四)	晴	中繼	無	68.3	31.69
		接收	有(架高)	67.28	32.71

a.地形及人工構造物為通訊影響主因
b.架高天線有助降低漏失率

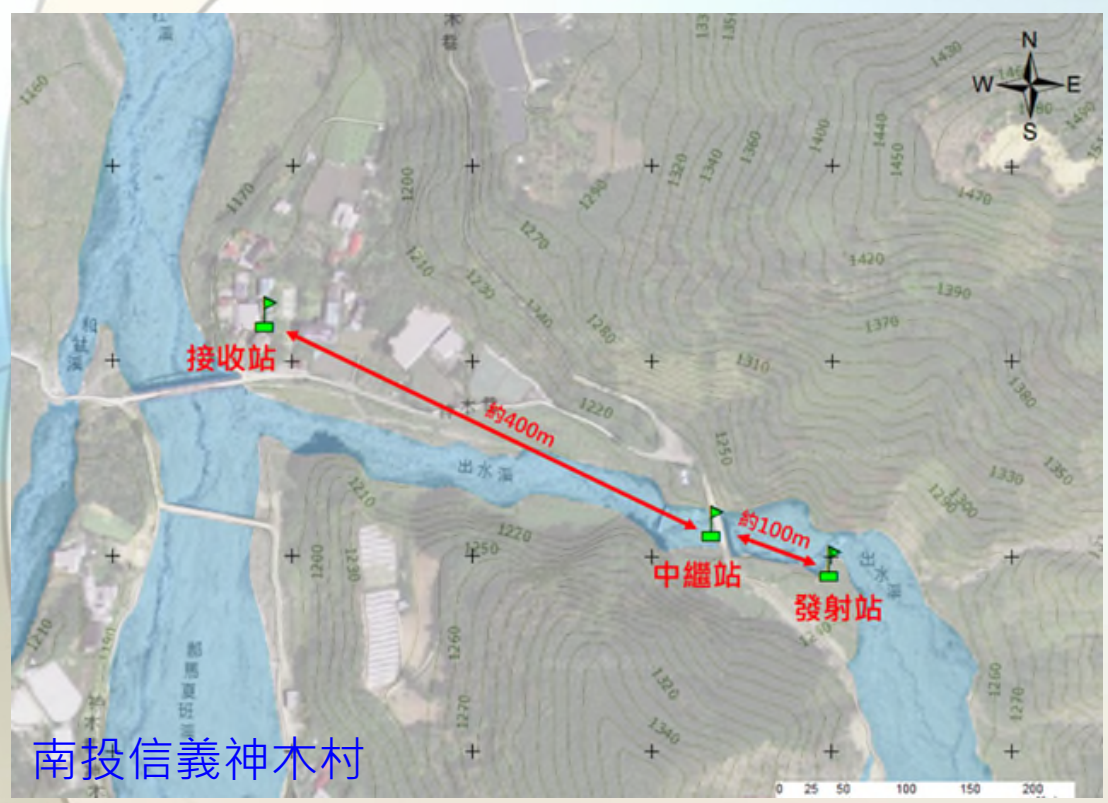
發射



中繼



LoRa P2P測試成果-3



	天氣	站別	障礙	成功率	漏失率
英士(一)	晴	中繼	無	97.58	2.41
		接收	無	97.58	2.41

發射



接收

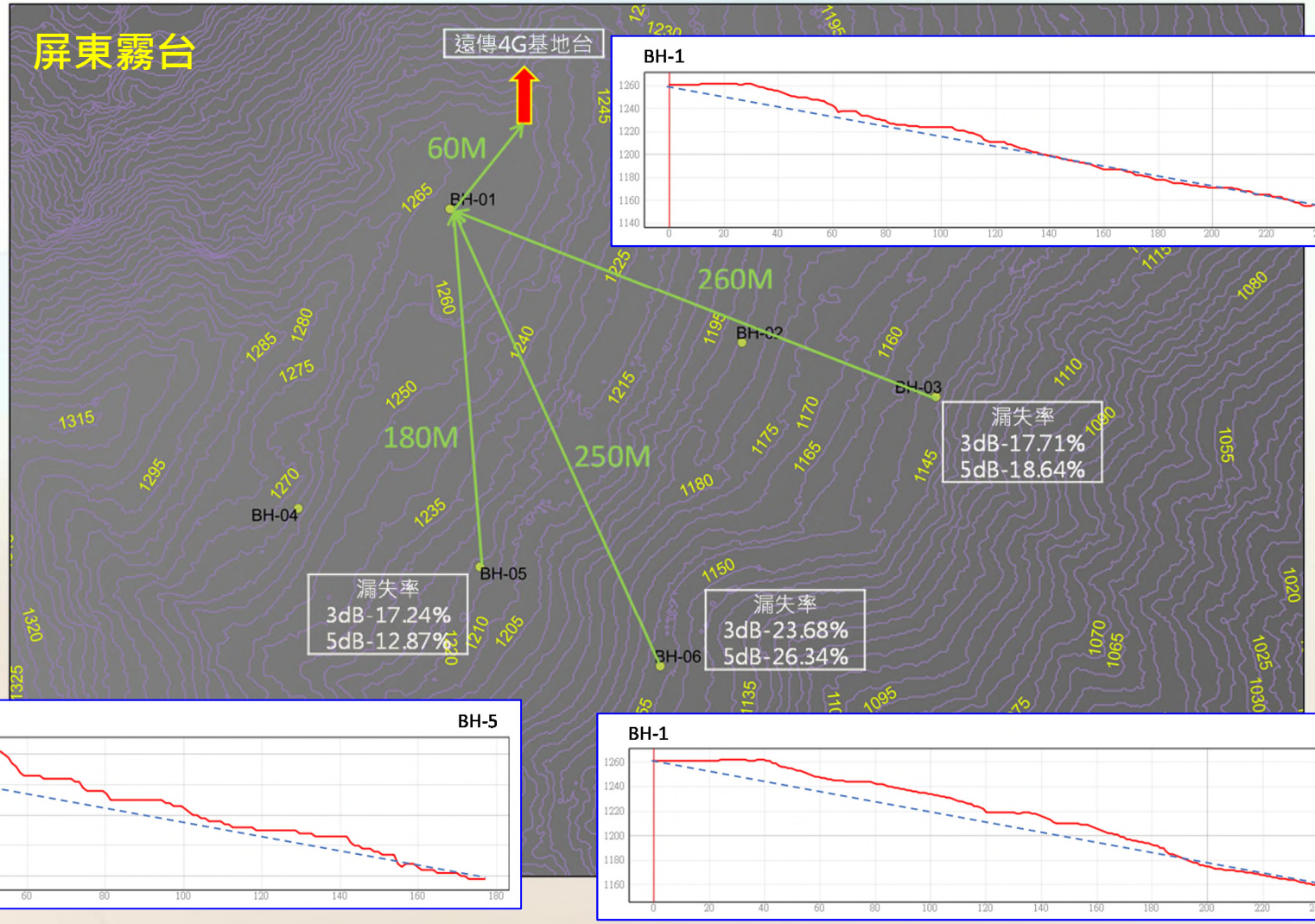


中繼



a.中繼站之接收端可能受電杆影響
b.未來可嘗試於更上游端進行傳輸

LoRaWAN 測試成果-1



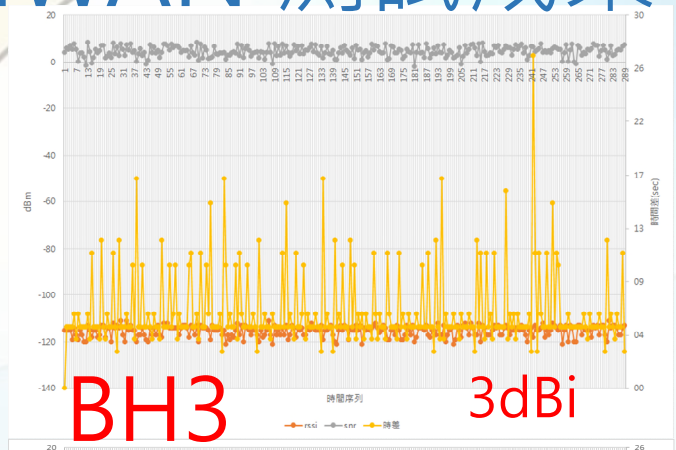


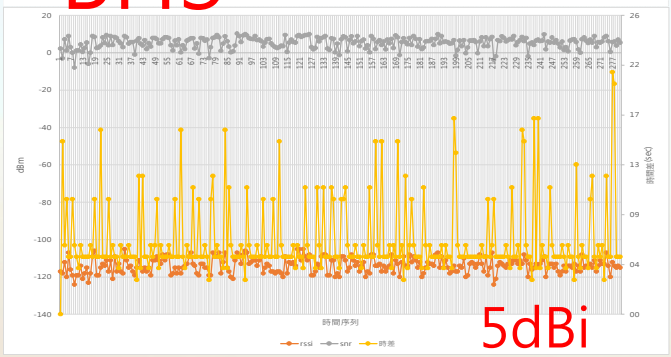


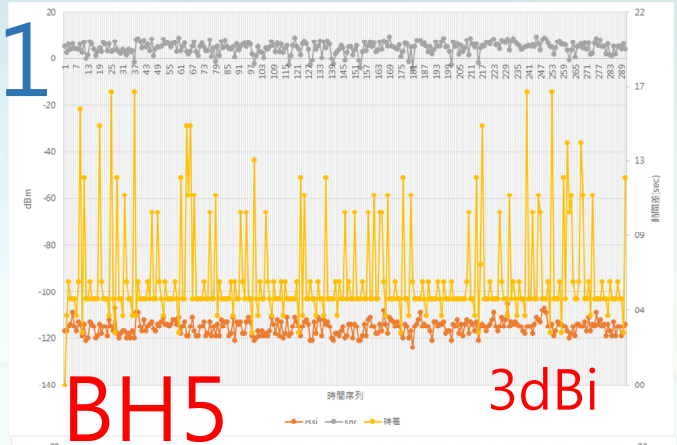


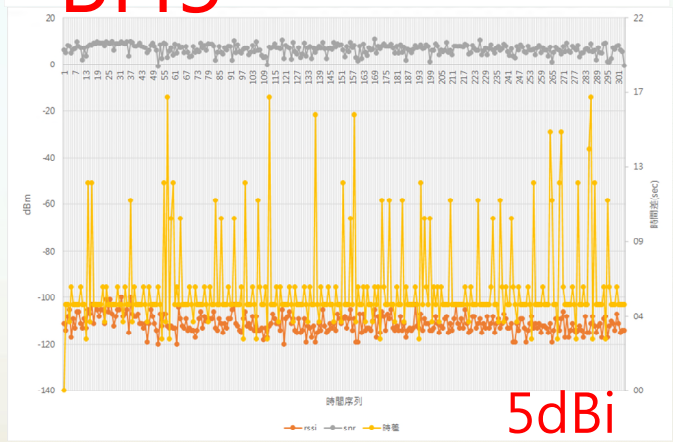


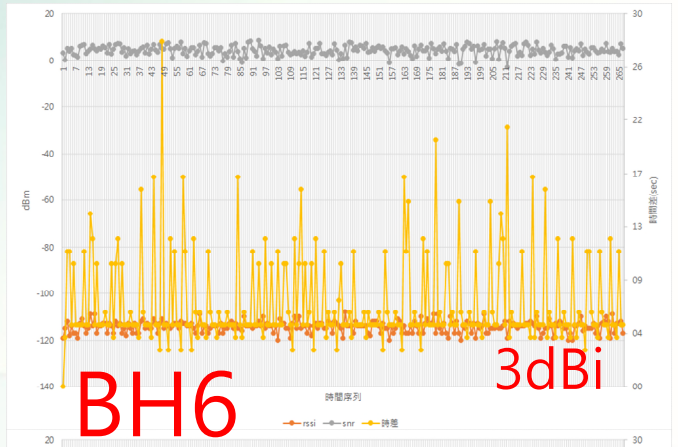
LoRaWAN 測試成果-1

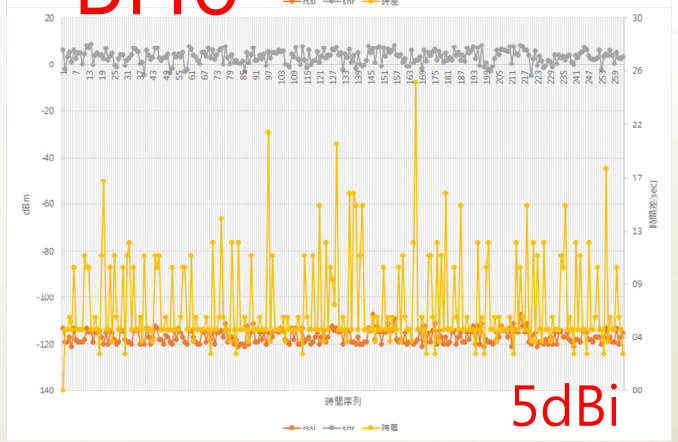






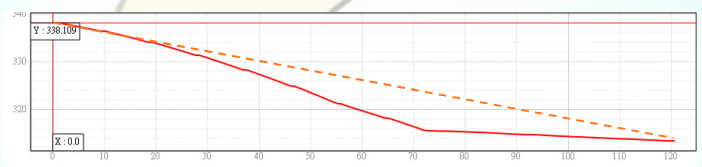






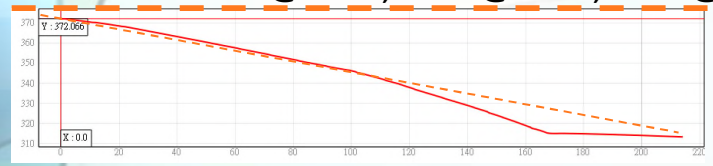
	與BH-1距離(m)	地形無法通視度	天線	平均RSSI	平均SNR	漏失率
BH-3	260	低	3dBi	-115.38	4.64	17.71%
			5dBi	-113.82	5.37	18.64%
BH-5	180	高	3dBi	-115.36	4.58	17.24%
			5dBi	-111.11	6.59	12.87%
BH-6	250	中	3dBi	-114.31	4.32	23.68%
			5dBi	-116.70	3.33	26.34%

LoRaWAN測試成果-2



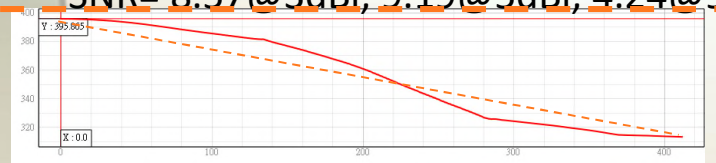
Loss rate
1.7%@3dBi,
0%@5dBi,
3.42%@9dBi

L=120M,
RSSI=-76dBm@3dBi, -69dBm@5dBi, -114dBm@9dBi
SNR= 9.77@3dBi, 9.62@5dBi, 5.52@9dBi



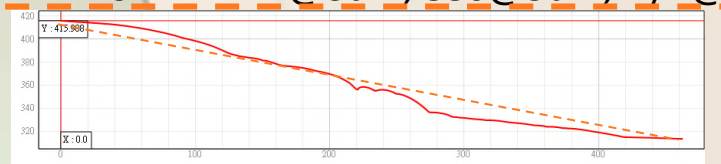
Loss rate
4.35%@3dBi,
0.85%@5dBi,
45.31%@9dBi

L=215M,
RSSI=-106dBm@3dBi, -100dBm@5dBi, -123dBm@9dBi
SNR= 8.57@3dBi, 9.19@5dBi, 4.24@9dBi



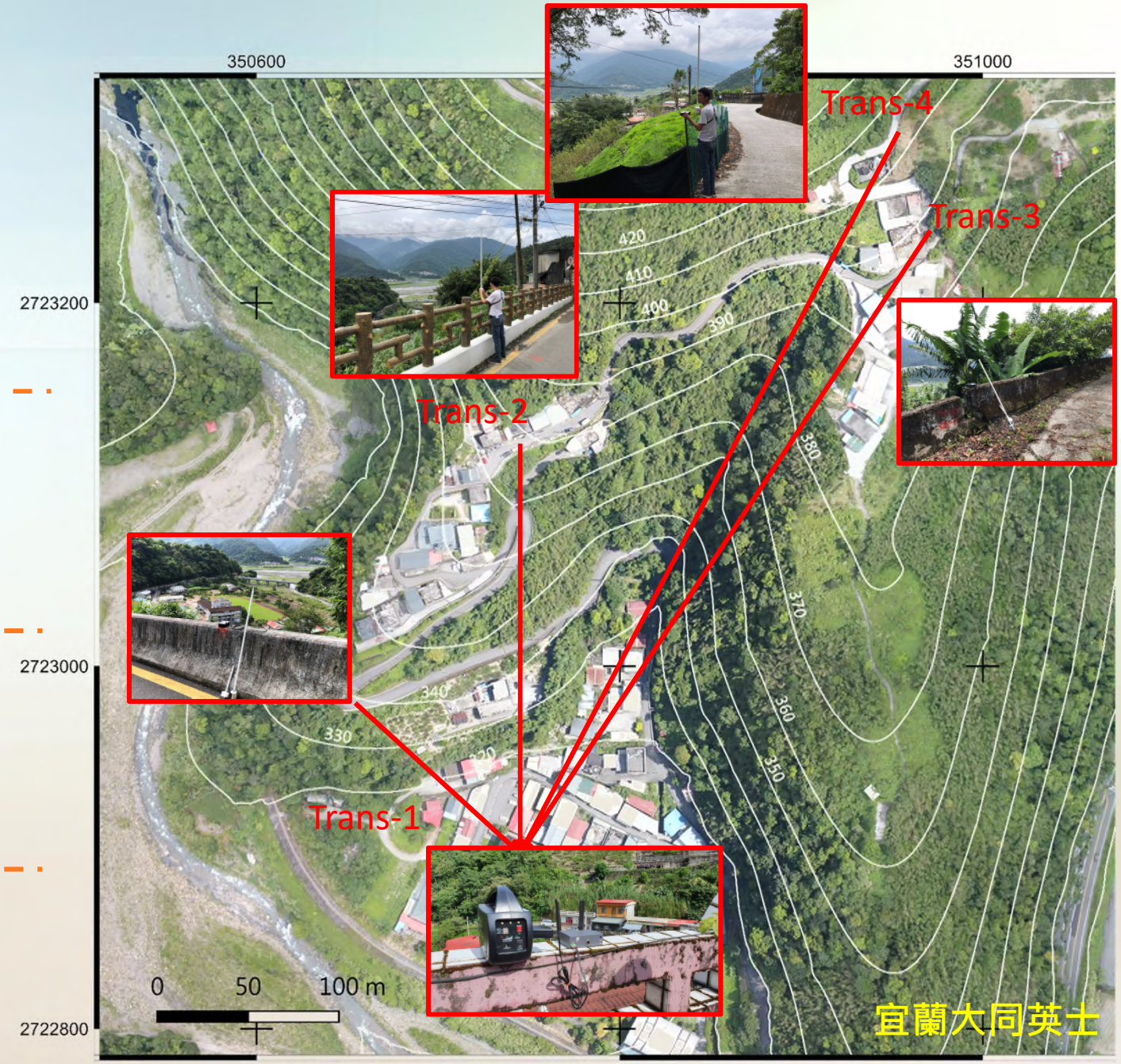
Loss rate
12.39%@3dBi,
0%@5dBi,
100%@9dBi

L=410M,
RSSI=-118dBm@3dBi, -106dBm@5dBi, N/A@9dBi
SNR= 1.74@3dBi, 880@5dBi, N/A@9dBi

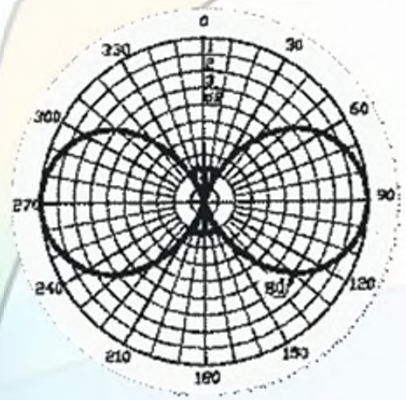


Loss rate
5.88%@3dBi,
10%@5dBi,
100%@9dBi

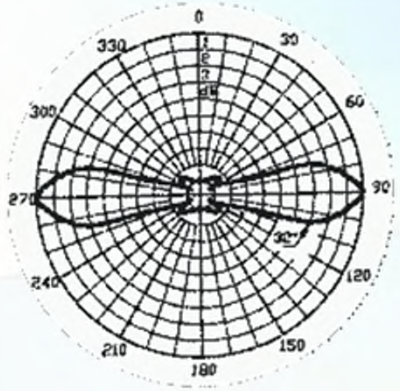
L=460M,
RSSI=-118dBm@3dBi, -115.3dBm@5dBi, N/A @9dBi
SNR=2.5@3dBi, 4.72@5dBi, N/A @9dBi



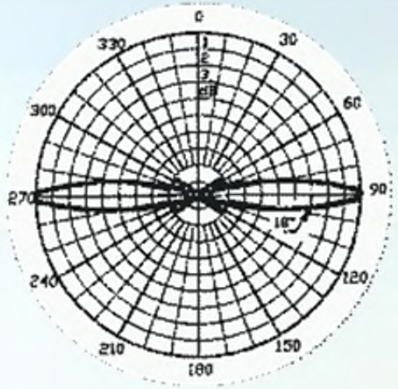
天線對於傳輸影響原因探討



3dBi

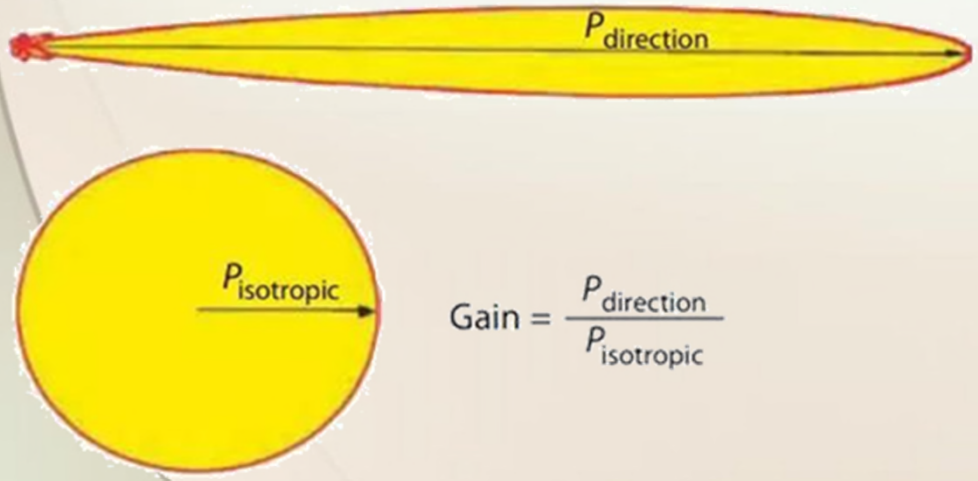


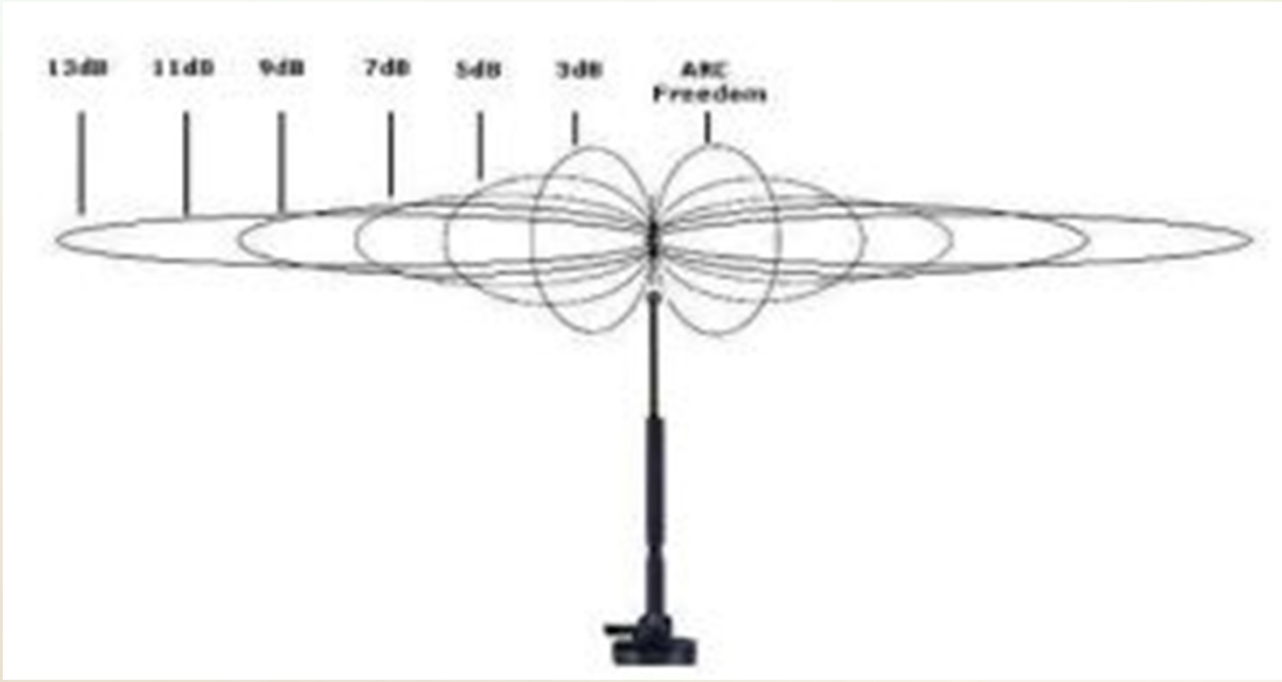
5dBi



9dBi

從天線增益角度看，也可以認為不增大單個天線增益，而是增加天線數量，從而獲得收發天線增益乘積的效果。



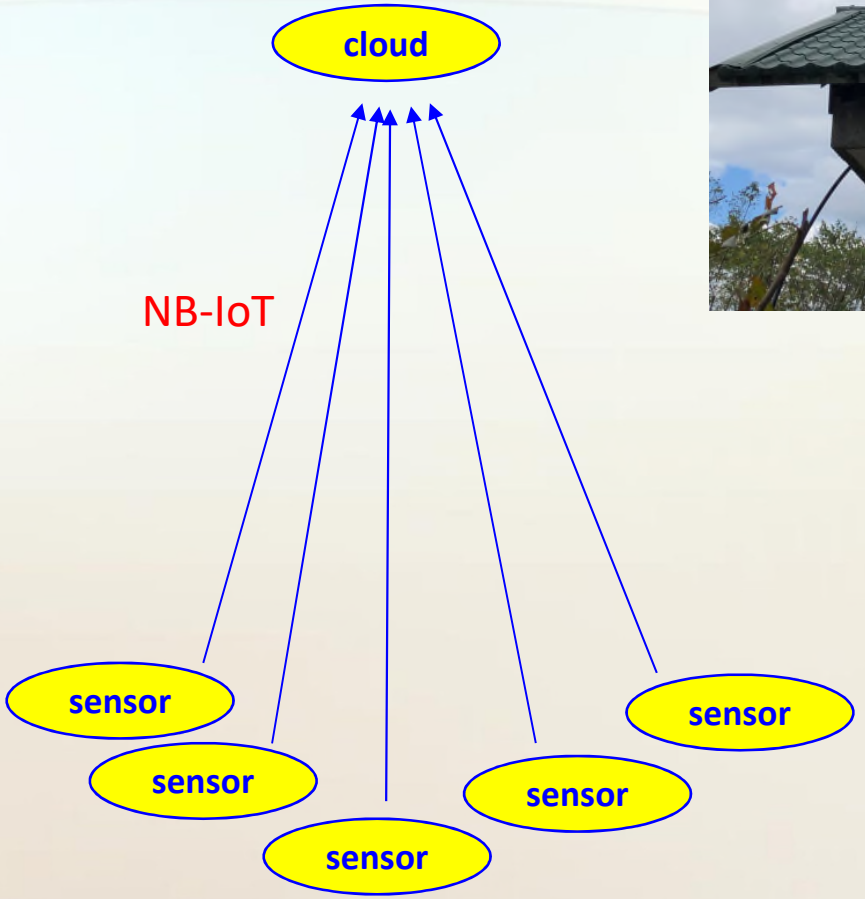


NB-IoT

現地實驗使用儀器(NB-IoT)

- LTE Cat NB1傳輸規格之收發器
- 頻帶為Band 1/ Band 3/ Band 5/ Band 8/ Band 20/ Band 28
- 靈敏度為-116dBm
- 最大傳輸能量為23 dBm(Class 3)
- 傳輸速率為上傳26.15 kbit/s、下載為62.5 kbit/s。





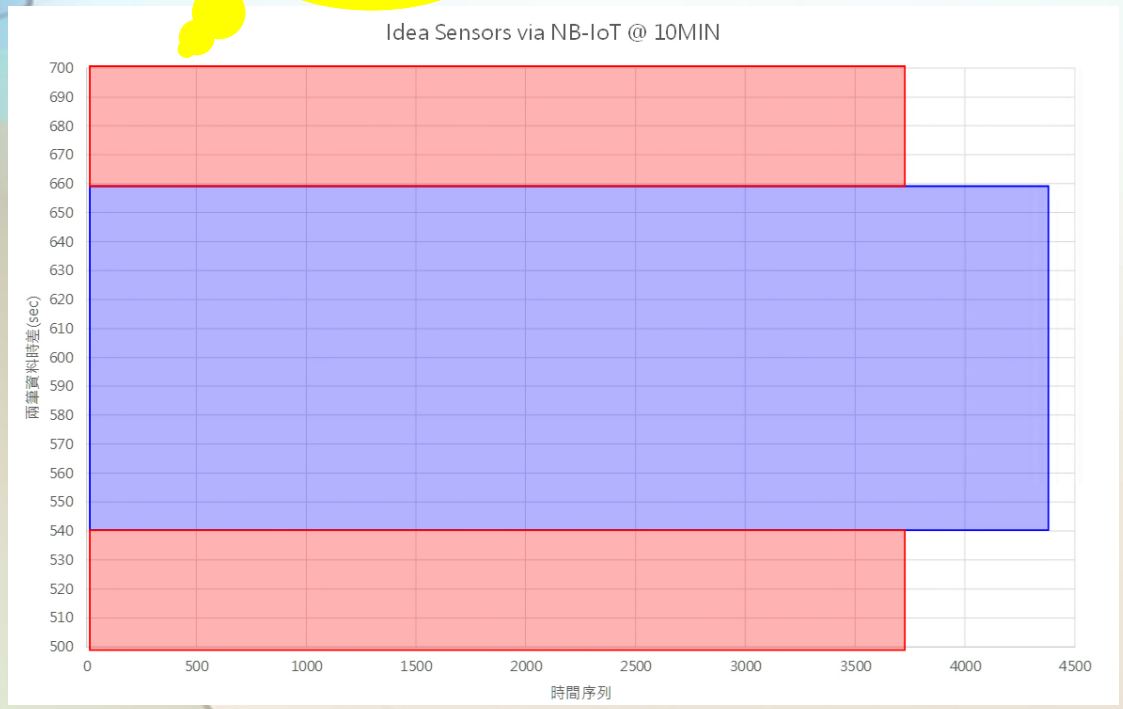
SENSOR端

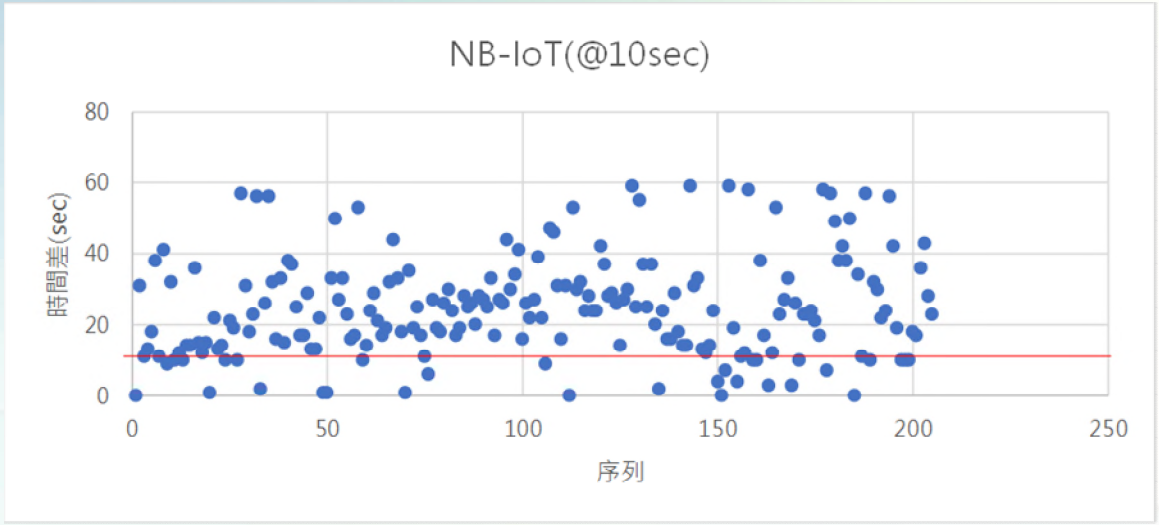


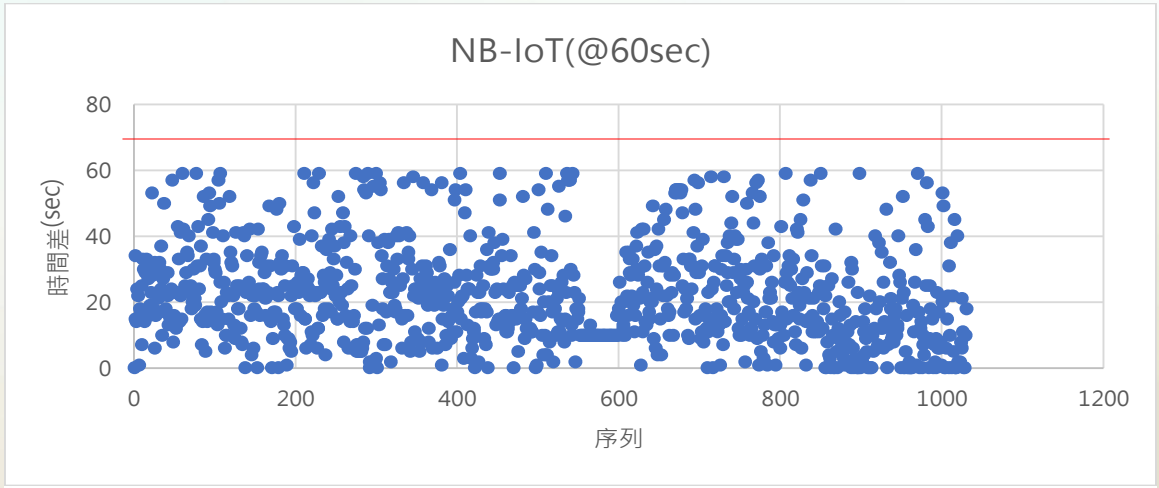
NB-IoT設置

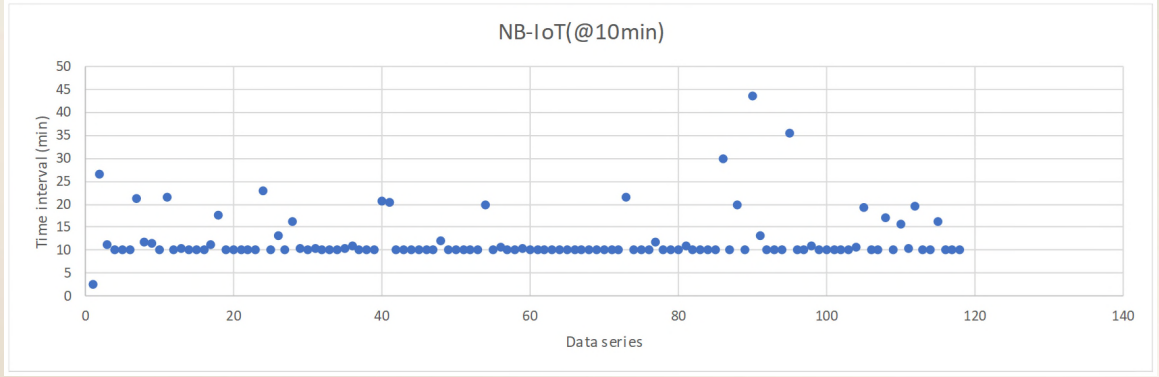
理想狀況下之資料 (藍色)
與漏失區(紅色)分布









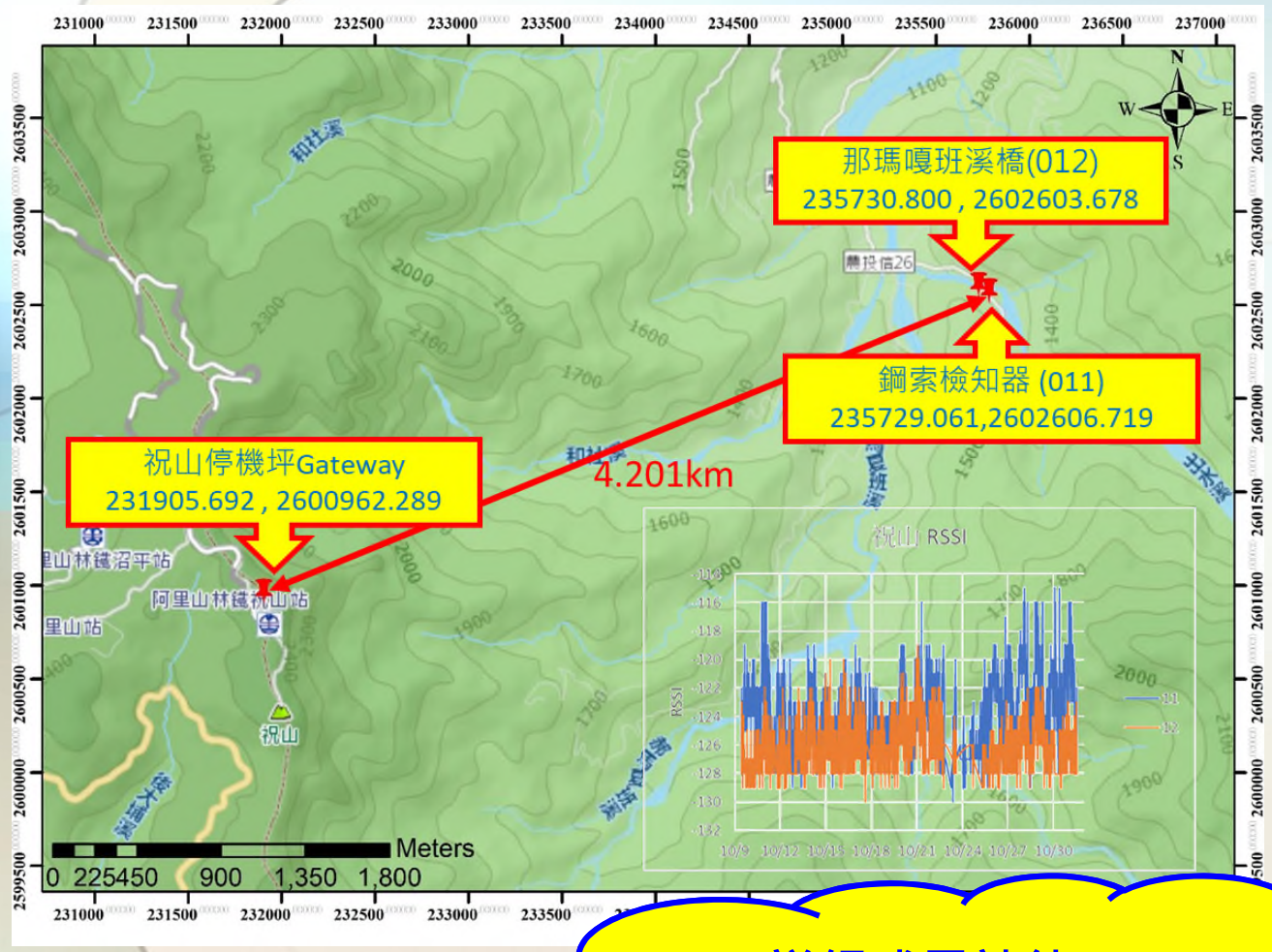


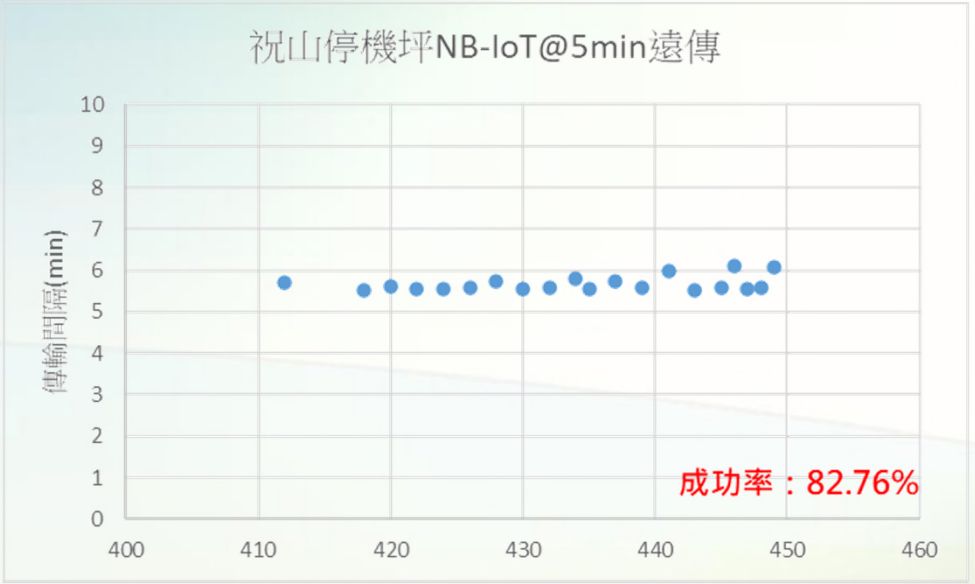
室內試驗成果

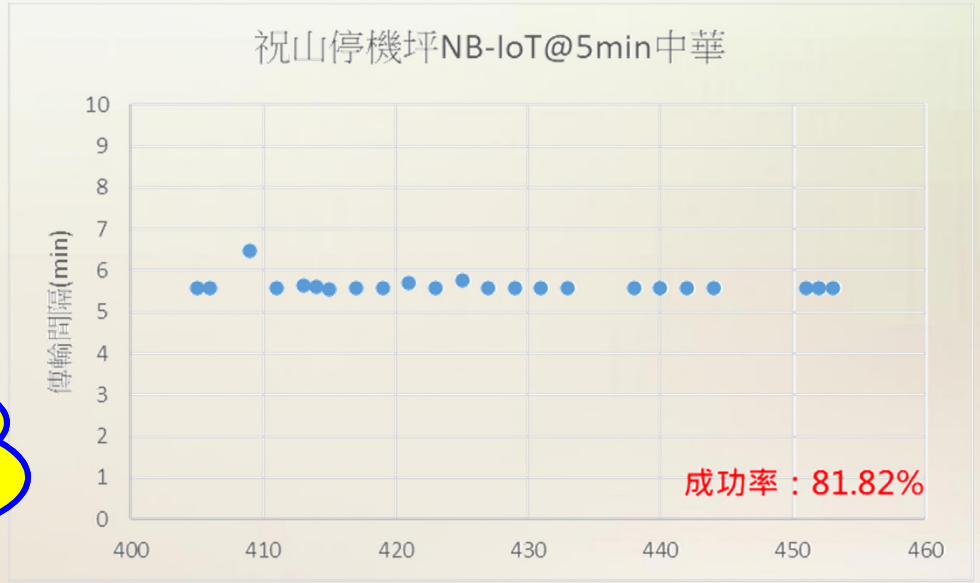
明新科技大學
土木工程與環境資源管理系/防災技術研究中心

第三年度研究計畫成果

LoRa通訊現地實測-祝山與神木







詳細成果請待
12/14發表會~

結論

1. 同樣環境(地形地貌)條件，傳輸方向成果有差異(例如：上對下發比下對上發佳)
2. 由高處向低處之接收站發送時，傳輸距離增加至600m之水平距離對資料漏失率影響較低
3. 克服傳輸能力方式，僅能使用更大增益比之天線，不可增加傳輸能量，以免違反「低功耗」之定義
4. LoRa技術就地(sensor端)儲存將增加耗電量，失去「降低供電成本」之用意，需開發儲存於伺服器(gateway端)
5. 採用增益比越高之天線可能無法降低漏失率，甚至可能完全無法傳遞訊號，須經由現場訊號傳輸環境以及相對位置評估
6. 原以LoraWAN之傳遞方式漏失率20%處之測試點，改以LoRa P2P之橋接傳遞方式可進行訊號橋接後最降低至0%
7. 人工構造物如房屋、道路、擋土牆對訊號遮蔽影響較高；樹林遮蔽影響則較低
8. LoRaWAN之傳遞方式可以評估RSSI、SNR等資訊，但無法進行訊號橋接；反之，LoRa P2P之傳遞方式可進行訊號橋接，但無法取得評估RSSI、SNR等資訊。

結論

1. NB-IoT所能採用之NB-IoT SIM卡須與欲連結之基地台相同，否則無法登錄
2. 並非每個基地台都有針對NB-IoT頻段開通
3. NB-IoT比LoRa耗電
4. NB-IoT設定之傳送頻率於10秒與1分鐘之測試結果分別顯示資料幾乎全部漏失(幾乎無準點)
5. NB-IoT之總漏失率於本階段實驗發現為20%左右

建議

1. NB-IoT為利用LTE-4G進行低功耗傳輸，但此做法需電信業者於監測地周圍之基地台開通NB-IoT所使用之傳輸頻段，因此未來可結合其他通訊方式，以搭配最適於現地的傳輸方法
2. 在LoRa以橋接的方式進行傳輸時，目前中繼站與接收站採用的工業電腦使兩站的能耗增加，如未來需長期安裝於現地，可能需以能耗更低的微電腦取代，減少現地電池的負擔
3. 於現地裝設天線時，盡可能垂直地面並放置於高處

謝謝聆聽，敬請多多指教