

# Wykorzystanie protokołu Bluetooth LE do komunikacji w sieciach mobilnych

Andrzej Sikora, Mateusz Krzysztoń  
NASK, Warszawa 2017

## Plan prezentacji

- Mobilna aplikacja wspierająca akcje poszukiwania osób w terenie – geneza pomysłu.
- Zastosowanie (scenariusz, opis działania, odbiorcy).
- Zapropionowane rozwiązanie.
- Realizacja.
- Wyniki testów.
- Podsumowanie

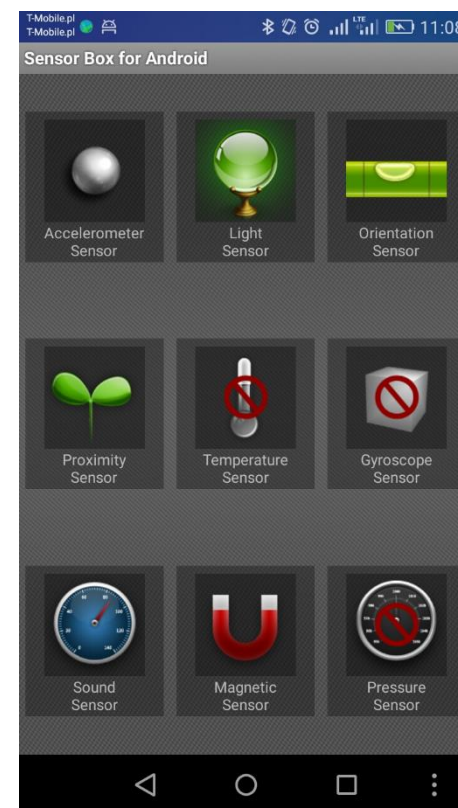
Prowadzone w terenie akcje poszukiwania osób zaginionych:

- Policja i wolontariusze (np. okoliczni mieszkańcy) poszukują w okolicy dziecka, które nie wróciło do domu.
- Akcja przeszukiwania terenu związana z katastrofą (naturalną lub nie).
- *„Policja wykorzystuje najnowsze technologie także do poszukiwań w terenie. Z komendy głównej przyjechał **specjalny** wóz wyposażony m.in. w odbiorniki GPS. Dostali je policjanci sprawdzający **ponownie** brzegi Warty. Każdy ich krok był rejestrowany, by mieć **pewność**, że sprawdzono cały teren.”*

## Problemy/pytania:

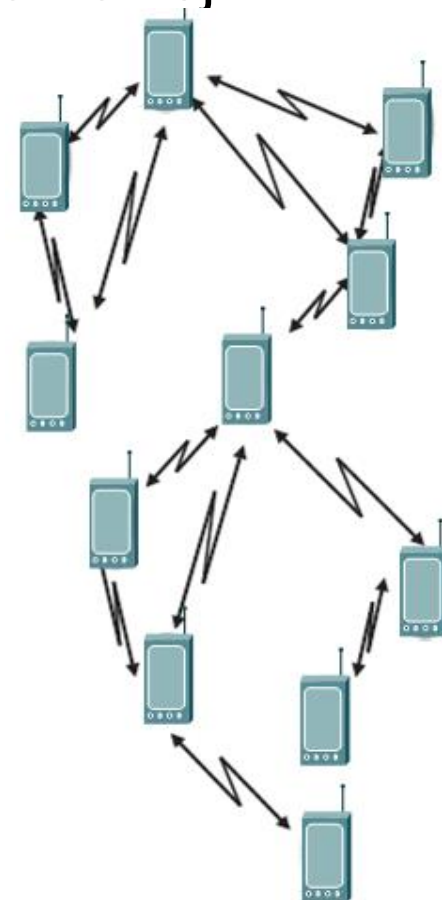
- W jakim kierunku iść? Jak długo? Jak szybko? Gdzie jestem? Czy to co znalazłem jest ważne? Jak przekazać informację do centrum?
- Jak sprawnie zarządzać akcją i analizować dane? Jaki obszar przeszukaliśmy? Czy nic nie przeoczono? Czy można to było zrobić lepiej? Szybciej? Większy obszar? Gdzie ewentualnie powtórzyć poszukiwania? Czy wszyscy wrócili z poszukiwań?
- Jak rozgłosić i odebrać informację? (np. o zakończeniu poszukiwań, zmianie kierunku, itp.)?

- Rosnąca stale liczba urządzeń typu „**smartphone**”, „smartwatch”, itp..
- Możliwości tych urządzeń: GPS i nawigacja, kamera, ekran, komunikacja (GSM, Wifi, Bluetooth, BLE),
- Czujniki (wbudowane i dołączane):
  - mikrofon,
  - czujnik magnetyczny,
  - akcelerometr, żyroskop,
  - czujnik odległości,
  - pulsometr,
  - czujnik światła,
  - czujniki meteorologiczne.



Smart Phone Ad hoc Networks (**SPANs**) - możliwość komunikacji bez udziału operatora telefonii komórkowej.

- Obszary bez infrastruktury sieciowej, akcje wymagające ominięcia oficjalnej infrastruktury sieciowej, akcje ratunkowe, sytuacje kryzysowe, propagacja informacji podczas imprez masowych.
- Obniżenie kosztów komunikacji, niezależność od operatora sieciowego i planu taryfowego wykupionego przez użytkownika.
- Komunikacja Wifi, Bluetooth, BLE,



## Aplikacja SmartGroup@Net

- **Mobilna aplikacja** poprawiająca bezpieczeństwo i skuteczność akcji poszukiwania osób zaginionych w terenie.
- Odbiorcy produktu: służby publiczne wspierane podczas akcji przez wolontariat ludności cywilnej.
- Architektura: aplikacja mobilna (smartfon)+ opcjonalna aplikacja centralna (komputer PC).



www.innowacyjni.mazovia.pl

PATRON HONOROWY:  
  
MARSZAŁEK  
WOJEWÓDZTWA  
MAZOWIECKIEGO

*Innowator mazowska &*  
**MAZOWIECKIE**  
*konkurs dla młodych  
przedsiębiorców i naukowców*

**NABÓR WNIOSKÓW  
DO 22 WRZEŚNIA br.**

**Organizator:**  
Samorząd Województwa Mazowieckiego

**Partnerzy:**

JWP fundacja JWP INVENTOR Mazowiecki Inkubator Technologiczny

WITM WYDZIAŁ INŻYNIERII METALOWEJ I MATERIAŁOWEJ

INSTITUTE MECHANIKI PRECYZYJNEJ

PIIT Business Centre Club

Startup Academy PIAP ALFIN FORESIGHT WORKS



## Zadania aplikacji SmartGroup@Net



- Zbieranie informacji z telefonów osób zaangażowanych (np. identyfikacja, lokalizacja, przebyta trasa, zdjęcia, dane z czujników, itp.).
- Kierowanie ruchem tych osób, nawigacja (utrzymanie szyku, odległości, maksymalizacja obszaru poszukiwań przy małym ryzyku przeoczenia).
- Publikowanie komunikatów, rozkazów i innych informacji.
- Funkcje wspomagające pracę kierownictwa: ocena skuteczności poszukiwań, wnioski, statystyki.



## System operacyjny:

- Android, iOS, Windows Phone, inny ...

Worldwide Smartphone Shipments by OS, Market Share, and Annual Growth (shipments in millions)

Platform	2016 Shipment Volume*	2016 Market Share*	2016 YoY Growth*	2020 Shipment Volume*	2020 Market Share*	2020 YoY Growth*	5 Year CAGR*
Android	1,228.8	85.0%	5.2%	1,464.7	85.6%	4.2%	4.6%
iOS	206.1	14.3%	-11.0%	243.6	14.2%	2.5%	1.0%
Windows Phone	6.1	0.4%	-79.1%	1.0	0.1%	-19.3%	-48.6%
Others	4.5	0.3%	-50.0%	1.0	0.1%	-7.3%	-35.3%
<b>Total</b>	<b>1,445.4</b>	<b>100.0%</b>	<b>0.6%</b>	<b>1,710.3</b>	<b>100.0%</b>	<b>4.8%</b>	<b>3.5%</b>

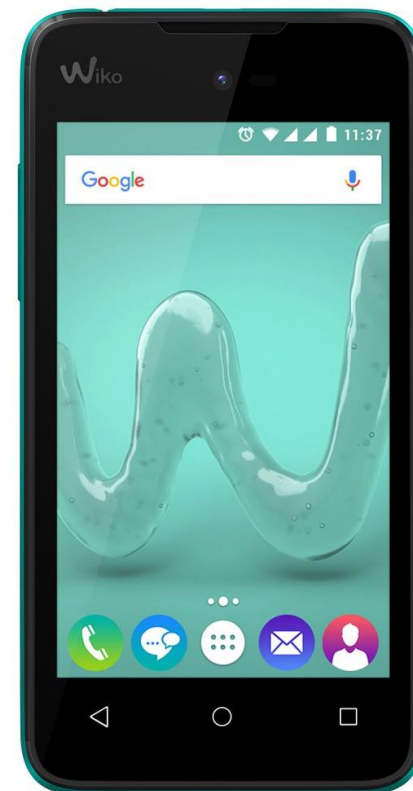
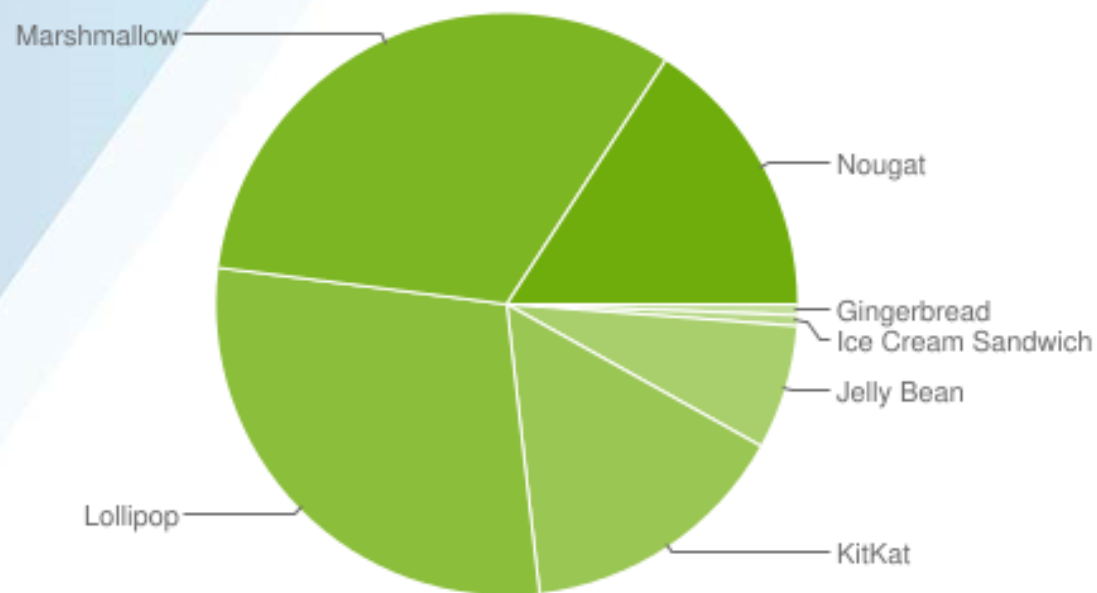
Source: IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker, November 29, 2016

## Komunikacja:

- WiFi, WiFi Direct, Bluetooth, Bluetooth LE,
- BLE tryb połączeniowy lub bezpołączeniowy (*Broadcaster & Observer*)

Bluetooth min. 4.0,  
Android min. 5.0 (76.8%)\*,  
Android 4.4 (15,1%)\*

\* Dane z 11 września 2017



- Aplikacja instalowana na telefonie wolontariusza wspierająca jego działania i koordynująca ruch grupy,
- (*Dodatkowo*) Aplikacja centralna wspierająca zarządzanie i analizę danych zebranych podczas akcji.
- (*W planach*) Symulator akcji przeszukiwania terenu (ćwiczenia, szacowanie czasu, niezbędnych zasobów, itp..).

#### Zasoby:

- Urządzenia z systemem Android będące własnością wolontariuszy,
- Stacja bazowa.

## Aplikacja mobilna instalowana w telefonach komórkowych uczestników akcji.

	Bezpieczeństwo	Skuteczność	Innowacyjność	Komunikacja	Oszczędność
Podgląd mapy terenu i własnej lokalizacji oraz wskazówki odnośnie kierunku przemieszczania się.	✓	✓	✓		
Lokalizacja uczestnika obserwowana przez inne osoby biorące udział w akcji oraz prezentowana na ekranie aplikacji centralnej.	✓	✓			
Dokumentowanie akcji: zapis zdjęć, przebytej trasy i lokalizacji znalezionych obiektów.		✓			✓
Komunikacja szyfrowana, aplikacja zabezpieczona hasłem.	✓		✓		
Możliwość działania offline bez dostępu do sieci komórkowej i transmisji danych.			✓		✓
Prezentacja wiadomości publikowanych przez Organizatora, (przebieg akcji, komunikaty, itp.).				✓	

Dane, które mogą być importowane z aplikacji centralnej:

- Konfiguracja w pliku json (identyfikator akcji, identyfikator użytkownika, cel, odległość w szyku)
- Mapa offline (pliki [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) + osmdroid).
- Klucz 256-bitowy.

Identyfikator użytkownika, Kompas,

Wyśrodkowanie mapy,

Ustawienia,

Tryb nawigacji,

Wskazanie celu,

Fotografia,

Alarm,

Położenie użytkownika,

Położenie sąsiada, Status GPS,

Ekran pomocniczy nawigacji.



SmartGroup@NET
— □ ×

SmartGroup@NET Monitorowany obszar

- SmartGroup@NET
  - Akcje poszukiwawcze
    - Akcja poszukiwawcza
      - Monitorowany obszar**
        - Przeszkody
        - Model propagacji radiow
    - Grupy użytkowników
      - Team
        - Cel
          - Użytkownicy
            - Użytkownik 3
            - Użytkownik 1
            - Użytkownik 2

Name	Monitorowany obszar
ID	5
Type	ROI
Długość geogr. min	20.973192766827694
Szerokość geogr. min	52.250303168121580
Długość geogr. max	20.982263076101606
Szerokość geogr. max	52.252340364323710
SVG: x	0
SVG: y	0
SVG: width	1600
SVG: height	587
SVG: visibility	visible
SVG: shapes	<pre>&lt;svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xl &lt;image xlink:href="file:./files/l/maps &lt;path id="grid" d="M0,0" stroke="grey" stroke-width="1" fill="none" stroke &lt;/svg&gt;</pre>

ASimModeler: SVG Editor frame

Point: (262,2)

Podaj ID elementu:  Szukaj

01:35  
21.12.2016



1. ADVERTISE\_MODE\_LOW\_LATENCY/SCAN\_MODE\_LOW\_LATENCY - najmniejsze czasy opóźnień między zdarzeniami rozgłaszania/nasłuchiwania oraz największe zużycie energii.
2. ADVERTISE\_MODE\_BALANCED/SCAN\_MODE\_BALANCED - większa oszczędność energii kosztem większego opóźnienia wymiany pakietów - tryb uznany przez twórców API za dobry kompromis między zużyciem energii a skutecznością komunikacji.
3. ADVERTISE\_MODE\_LOW\_POWER/SCAN\_MODE\_LOW\_POWER - największe czasy opóźnień między zdarzeniami rozgłaszania/nasłuchiwania oraz najmniejsze zużycie energii.

ADVERTISE 1	ADVERTISE 2	ADVERTISE 3
$\mu = 110.91; \sigma = 16.58$ (ms)	$\mu = 265.49; \sigma = 40.78$ (ms)	$\mu = 1035.24; \sigma = 182.61$ (ms)



		Tryb rozgłaszania		
		1	2	3
Tryb nasłuchiwania	1	1264 (15,4%)	529 (15,3%)	140 (15,5%)
	2	998 (12,1%)	411 (11,7%)	110 (12,1%)
	3	327 (3,9%)	157 (4,6%)	38 (4,2%)

1. LOW\_LATENCY
2. BALANCED
3. LOW\_POWER.

Uwaga: oszacowanie interwałów pomiędzy kolejnymi odebranymi komunikatami konieczne przy projektowaniu protokołów *multihop* i sieci ad-hoc.

Zużycie energii przez moduł radiowy w ciągu 1 godziny pracy telefonu w wybranych trybach nasłuchu i rozgłaszania.

	LOW_LATENCY	BALANCED	LOW_POWER
Nasłuch	0.9 Wh	0.5 Wh	0.09 Wh
Rozgłaszanie	0.029 Wh	0.012 Wh	0.005 Wh

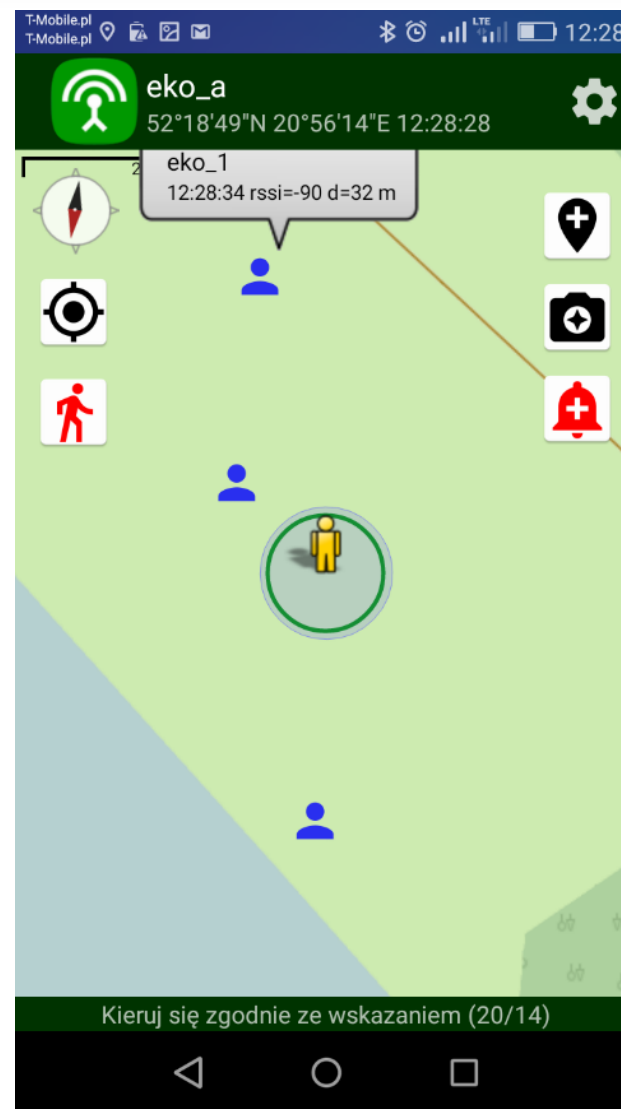
- Energia zużywana przez m.in. ekran, procesor, moduł GPS, moduł radiowy.
- Wiko SUNNY, Android 6.0, bateria 1200 mAh, procesor Cortex A7 1,3 GHz – około 5 godzin pracy aplikacji SGN.

	Maks. zasięg
Las iglasty	56 m (-100 dBm)
Las liściasty	41 m (-96 dBm)
Linia brzegowa	95 m (-102 dBm)
Tereny bagienne	68 m (-94 dBm)
Drogi/ścieżki	91 m (-100 dBm)
Łąka	59 m (-96 dBm)

Dokładność pomiaru położenia GPS:

3m-21m

Średnia dokładność GPS: 7m



## Bluetooth 5 Core Specification\*

*„With up to 4x the range, 2x the speed and 8x the broadcasting message capacity, the enhancements of Bluetooth® 5 focus on increasing functionality for the Internet of Things (IoT).*

*Bluetooth 5 delivers a “connectionless” IoT, advancing beacon and location-based capabilities in home, enterprise and industrial applications. This will create significant advantages for developers and manufacturers, while providing a better user experience for their customers.”*

\* opublikowano 6 grudnia 2016

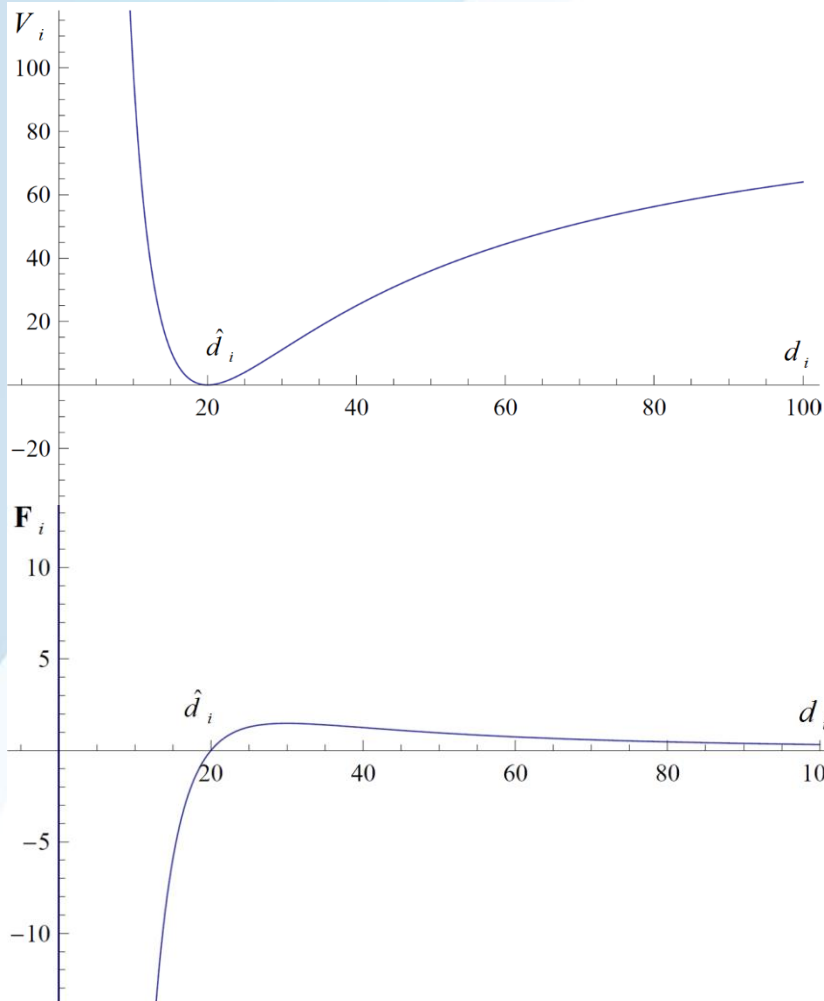
**Model ruchu PFM** (*Potential Function Mobility*). Inspiracja: model funkcji potencjału (robotyka, telekomunikacja) i model oddziaływań międzycząsteczkowych (dynamika molekularna).

Zadanie rozwiązywane dla każdego węzła sieci niezależnie – wyznaczenie położenia urządzenia  $D_i$  (punkty  $\{\mathbf{c}_i, \mathbf{p}_i^1, \dots, \mathbf{p}_i^{P_i}\}$  w przestrzeni  $W$ ):

$$\min_{\mathbf{c}_i, \mathbf{p}_i^1, \dots, \mathbf{p}_i^{P_i}} \left[ V_i = \epsilon_i \left( \frac{\hat{d}_i}{d_i} - 1 \right)^2 + \sum_{D_j \in S_{C_i}} \epsilon_{ij} \left( \frac{\hat{d}_{ij}}{d_{ij}} - 1 \right)^2 \right],$$

gdzie  $d$  zmierzone odległości,  $\hat{d}$  – zadane odległości,  $S_{C_i}$  – zbiór węzłów sąsiednich,  $\epsilon_i, \epsilon_{ij} \in [0,1]$  – wagi.

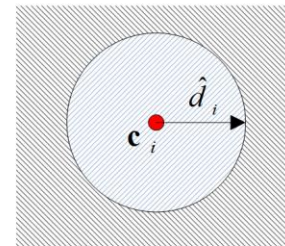
Sztuczna funkcja potencjału wzorowana na potencjale Lennarda-Jonesa.





$$V_i(d_i) = \epsilon_i \left( \frac{\hat{d}_i}{d_i} - 1 \right)^2$$

$$\mathbf{F}_i(d_i) = -\nabla V_i(d_i)$$

$d_i$  – zmierzona odległość  
 $\hat{d}_i$  – zadana odległość



-  przyciąganie
-  odpychanie

- **Uzupełnienie funkcjonalności i rozbudowa interfejsu użytkownika,**
- **Badania i analiza zużycia energii w różnych trybach komunikacji BLE,**
- **Testy w terenie,**
- **Analiza specyfikacji Bluetooth 5.0,**
- **Projekt protokołu komunikacji typu multihop.**
- **Inne scenariusze i pomysły na zastosowania ...**



