

Piotr Korbel

Zastosowania beprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania Techniki i usługi lokalizacyjne

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Beprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*

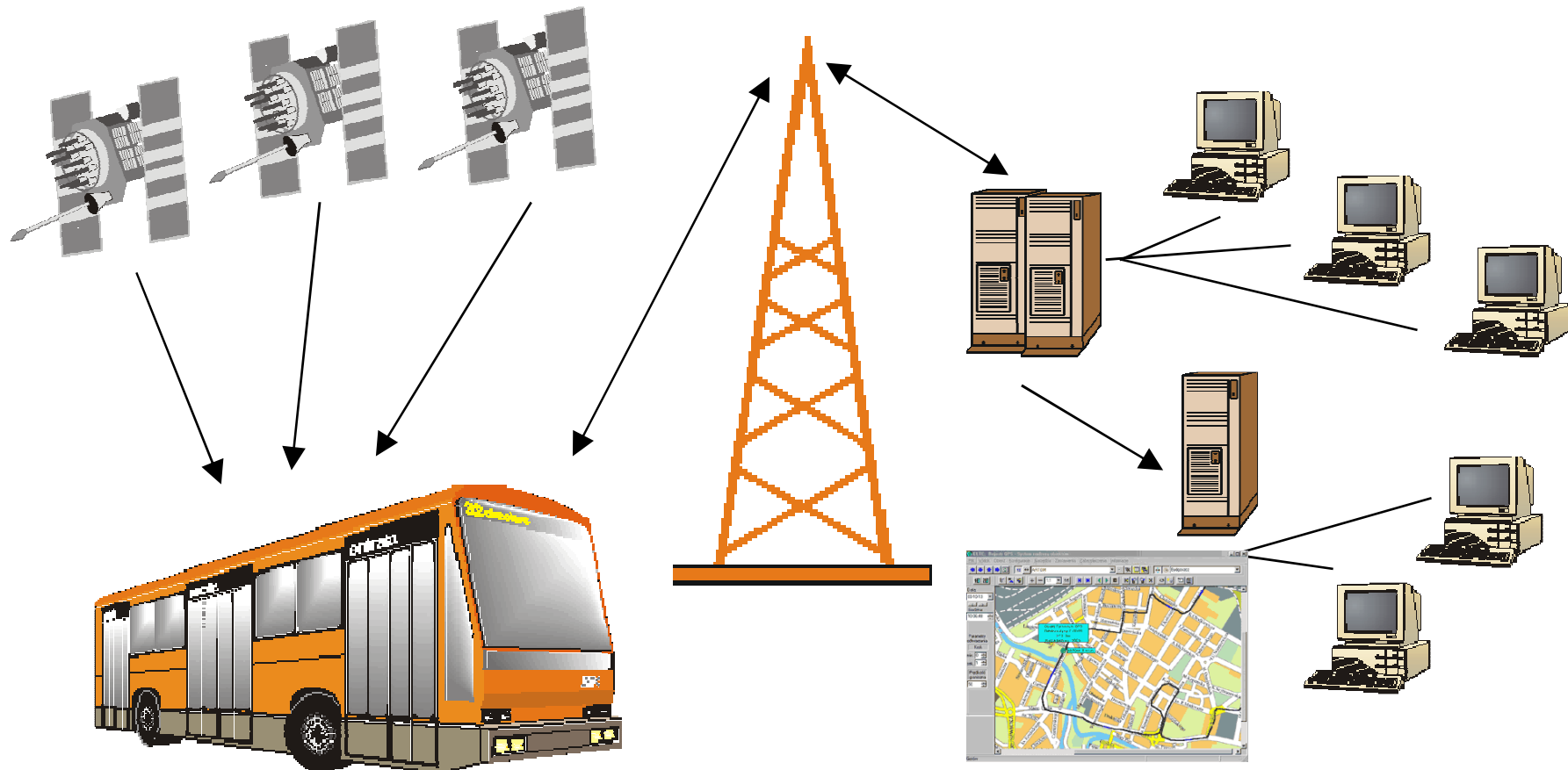


Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl



Monitorowanie pojazdów – techniki pozycjonowania





Architektura systemu monitorowania pojazdów

- Podsystem lokalizacji
 - pozwala na określenie pozycji pojazdu, prędkości oraz aktualnego czasu
- Podsystem odbioru i przetwarzania danych
 - składa się z odbiornika satelitarnego oraz układów przetwarzających dane, które z kolei są przesyłane do systemu monitorującego
- Podsystem transmisji danych
 - pracuje w oparciu o systemy łączności radiowej (np. trunkingowe sieci radiowe, telefonia komórkowa, systemy komunikacji satelitarnej)
- Podsystem zarządzania
 - komputery wraz z oprogramowaniem pozwalającym na sterowanie pracą systemu oraz nadzorowanie i zarządzanie pojazdami





Techniki pozycjonowania

- Naziemne systemy pozycjonowania
 - OMEGA, Alfa
 - LORAN-C, eLORAN (E-LORAN), Czajka
- Satelitarne systemy pozycjonowania GNSS (**G**lobal **N**avigation **S**atellite **S**ystem)
 - GPS, NAVSTAR
 - GLONASS
 - GALILEO
 - COMPASS, Beidou
- Pomiary tachometryczne, nawigacja bezwładnościowa
- Znaczniki
- Systemy komórkowe





Naziemne systemy pozycjonowania – OMEGA

- OMEGA
 - US Navy, później zastosowania cywilne, wycofany w 1997 r.
 - Sieć nadajników naziemnych (moc: 10 kW ÷ 1,2 MW, łącznie znajdowało się w użyciu 9 stacji)
 - Zakres częstotliwości 10 ÷ 14 kHz (4 wspólne i dodatkowe – unikalne dla każdej ze stacji)
 - Porównanie fazy sygnału
 - Dokładność 2 ÷ 6 km
- Alfa (RSDN-20)
 - odpowiednik systemu OMEGA
 - Zakres częstotliwości 11 ÷ 15 kHz





Naziemne systemy pozycjonowania – LORAN-C

- LORAN - **LO**ng **R**ange **A**id to **N**avigation
 - Sieć nadajników naziemnych (duża moc: 100 kW ÷ 4 MW, wysokie maszty)
 - USA, Chiny, Francja, Hiszpania, Irlandia, Japonia, Niemcy, Rosja, Włochy...
 - Zakres częstotliwości 90 ÷ 110 kHz
 - TD (**T**ime **D**ifference) – różnica w czasie odbioru sygnału z różnych nadajników
 - LOP (**L**ine-**O**f-**P**osition) – hiperbole odpowiadające ustalonym różnicom czasów odbioru sygnału z dwóch sąsiednich stacji
 - Zegary atomowe – synchronizacja (± 100 ns)
 - Dokładność bezwzględna: 200 ÷ 500 m, typowa: 18 ÷ 90 m
 - Dokładność zależy od geometrii rozmieszczenia nadajników, warunków propagacyjnych, w obszarach zurbanizowanych można oczekiwać spadku dokładności





Naziemne systemy pozycjonowania – LORAN

- Inne odmiany
 - LORAN-A – wojna w Wietnamie, inny zakres częstotliwości
 - LORAN-B – porównywanie fazy
 - LORAN-D – system krótkiego zasięgu
 - E-LORAN – planowane rozszerzenia sieci (transmisja DGPS, analiza sygnałów z większej liczby nadajników, dokładność do 8 m)





Naziemne systemy pozycjonowania – Czajka

- Czajka – system podobny do LORAN-C
 - Sieć nadajników naziemnych (moc: 10 kW ÷ 1,2 MW)
 - 5 łańcuchów nadajników
 - Zakres częstotliwości 100 kHz
 - TD (Time Difference) – różnica w czasie odbioru sygnału z różnych nadajników
- Inne systemy
 - SHORAN
 - Decca Navigator System





System GPS

- 1957 – wykazana możliwość wyznaczenia orbit na podstawie nadawanych sygnałów
- 1960 – system Transit (efekt Dopplera)
- 1973 – początek prac nad DNSS (**D**efense **N**avigation **S**atellite **S**ystem)
- 1978 – pierwszy z dziesięciu eksperymentalnych satelitów (Block-I) systemu wyniesiony na orbitę
- 1983 – GPS udostępniony dla zastosowań cywilnych
- 1989 ÷ 1994 – 24 produkcyjne satelity (Block-II) wyniesione na orbity
- 1995 – pełna gotowość operacyjna
- 2000 – zaprzestanie nadawania sygnału SA ograniczającego dokładność pozycjonowania w zastosowaniach cywilnych
- 2008 – 31 działających satelitów





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

System GPS

- GPS – **G**lobal **P**ositioning **S**ystem
- NAVSTAR – **N**avigation **S**atellite **T**iming **a**nd **R**anging



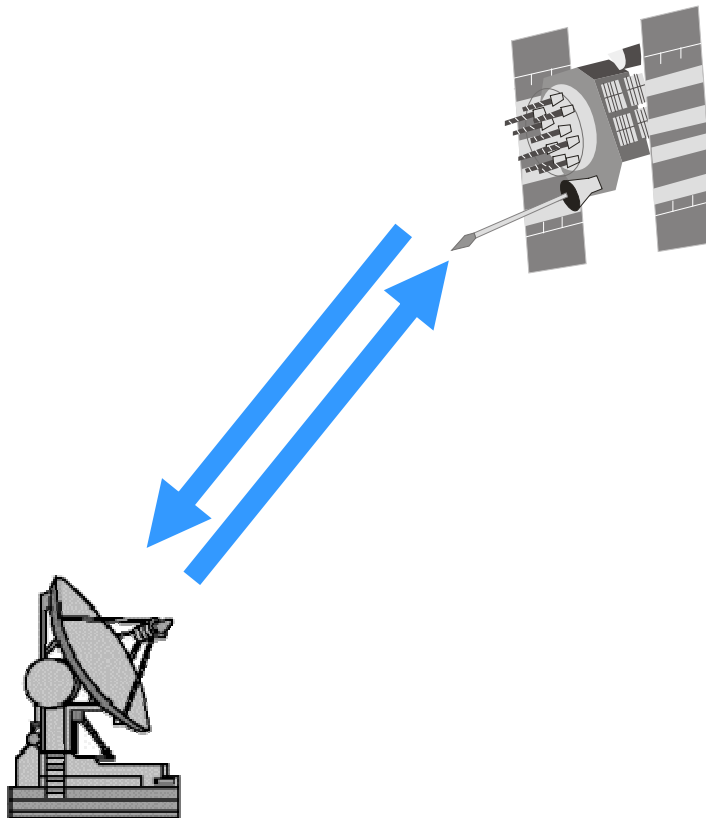
Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania



Architektura systemu GPS

Segment kosmiczny



Sygnal GPS



Segment nadzoru

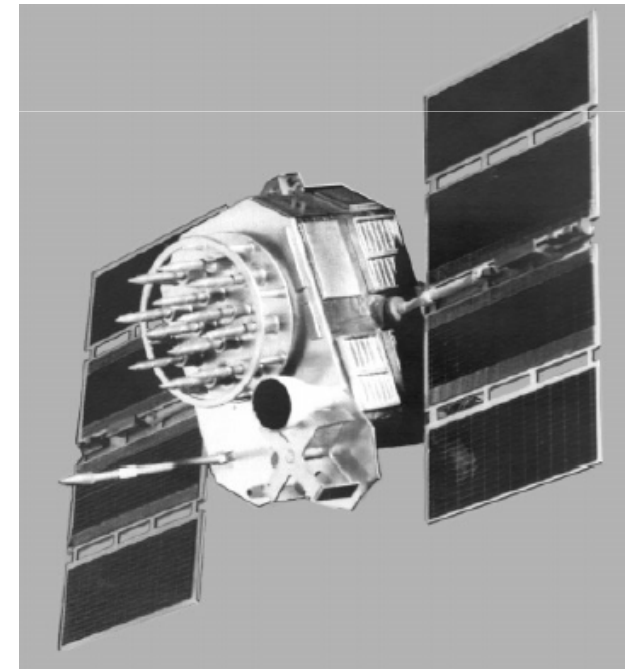
Segment użytkownika





System GPS – segment kosmiczny

- Konstelacja GPS
 - Minimum 24 satelity krążące w odległości ok. 20200 km od powierzchni Ziemi
 - 6 orbit kołowych
 - Minimum 4 satelity na każdej z orbit
- Czas okrążenia Ziemi przez satelitę wynosi 12 godzin
- Dokładność atomowego zegara satelity sięga 3 ns
- Zasilanie – energia słoneczna + rezerwa
- Pasmo L: L1 – 1575.42 MHz, L2 – 1227.6 MHz
- Moc 50 W
- Waga ok. 800 kg
- Czas życia 10 lat



System GPS – segment nadzoru

- Początkowo uruchomiono 5 naziemnych stacji kontrolnych – 4 bezobsługowe stacje monitorujące nasłuchują sygnału GPS i przesyłają dane do nadrzędnej stacji kontroli (Colorado Springs)
- 2005 – 6 dodatkowych stacji – każdy satelita „widziany” przez minimum 2 stacje



http://www.kowoma.de/en/gps/control_segment.htm



System GPS – segment nadzoru

- Stacje monitorujące
 - prowadzą nasłuch sygnałów z satelitów
 - kontrolują poprawność działania satelitów
 - śledzą orbity satelitów
 - zbierają dane wykorzystywane do wyznaczania poprawek





System GPS – segment nadzoru

- Stacja centralna
 - nadzoruje pracę stacji naziemnych
 - prowadzi nasłuch sygnałów z satelitów
 - odbiera sygnały od naziemnych stacji monitorujących
 - przekazuje informacje do stacji naziemnych oraz do satelitów
 - oblicza współczynniki poprawek (zegary satelitów, parametry orbit, model jonosfery)





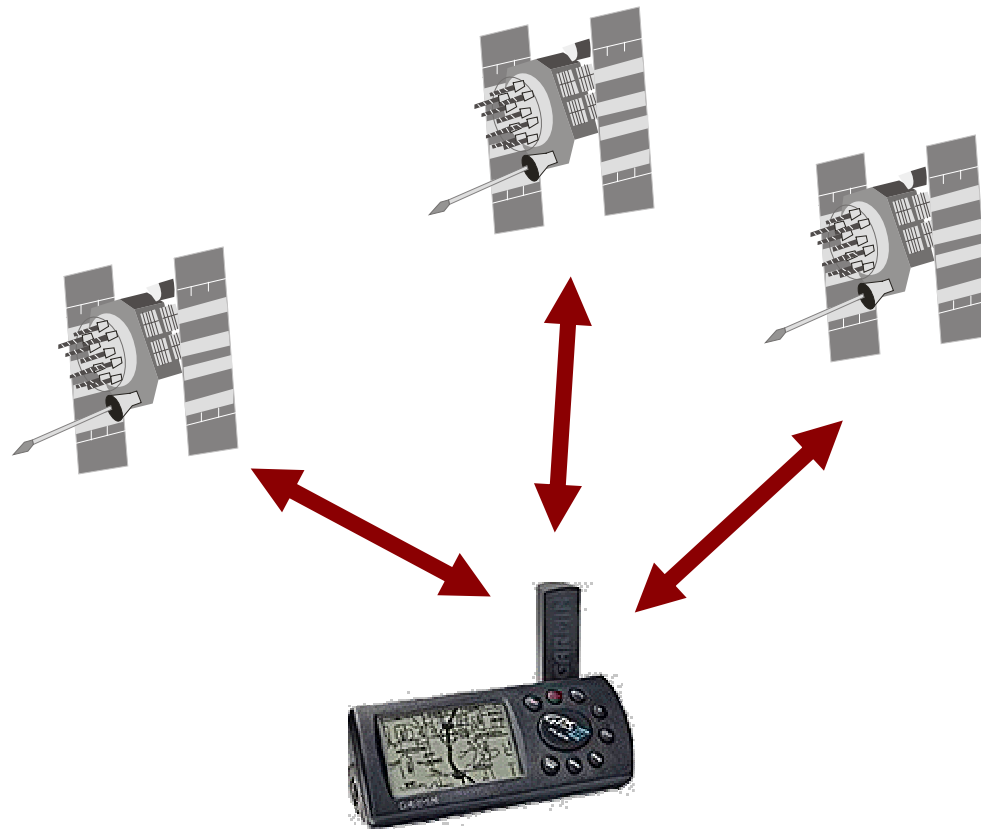
System GPS – segment użytkownika

- Typowe funkcje
 - oznaczanie pozycji
 - odczyt czasu wzorcowego
 - określanie prędkości oraz przebytej odległości
 - rejestracja trasy
 - zintegrowane mapy cyfrowe





System GPS – wyznaczanie pozycji



Wyznaczanie pozycji
oparte jest na pomiarze
odległości pomiędzy
odbiornikiem
i satelitami



System GPS – zasada działania

- Satelity mają wbudowane zsynchronizowane zegary dużej dokładności
- Dokładne informacje o położeniu satelitów są zapewniane przez naziemny podsystem kontroli
- Satelity nadają sygnał zawierający dokładny czas oraz swoją pozycję
- Odbiornik nasłuchuje wiadomości wysyłanych przez satelity
- Różnica pomiędzy czasem wysłania wiadomości a czasem jej odebrania stanowi podstawę do obliczenia odległości do satelity





System GPS – zasada działania

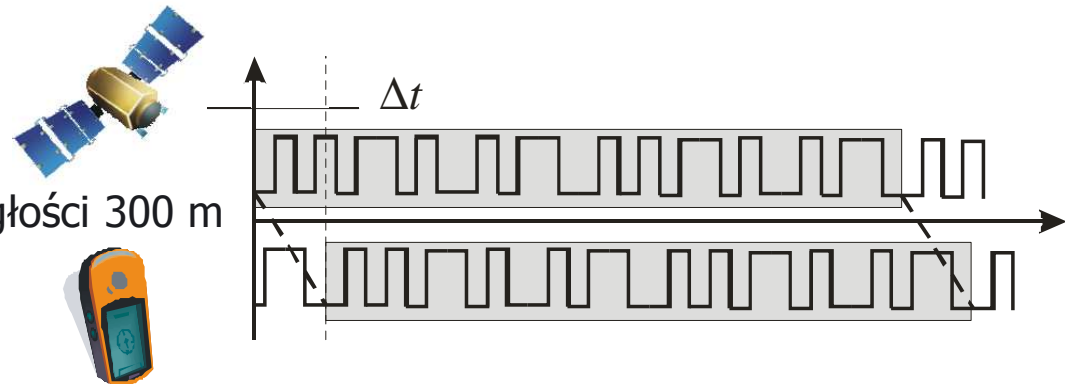
- Do nawigacji dwuwymiarowej wystarczy znajomość pozycji 3 satelitów
- W celu zapewnienia określenia pozycji w trzech wymiarach (długość i szerokość geograficzna oraz wysokość nad powierzchnią morza) wymagany jest sygnał z 4 satelitów
- Oferowana dokładność pozycjonowania:
 - 6 do 20 metrów
 - 30 do 100 metrów w obszarach zabudowanych (szczególnie niekorzystny wpływ wysokich budynków)
 - 1 do 5 metrów dla D-GPS





System GPS – zasada działania

- Pomiar czasu propagacji sygnału – korelacja kodów pseudolosowych odbiornika i satelity
- Błąd maksymalny – odpowiada czasowi trwania 1 bitu kodu
- Dokładność korelacji w średniej klasy odbiornikach wynosi 1% długości 1 bitu
- Kod C/A (coarse acquisition)
 - 1 bit = ok. 1 μ s
 - maksymalny błąd pseudoodległości 300 m
- Kod P (precision, protected)
 - 1 bit = ok. 0,1 μ s
 - maksymalny błąd pseudoodległości 30 m





System GPS – zasada działania

- Kod C/A (coarse acquisition)
 - nośna L1 (1575,42 MHz), 1,023 Mbit/s
 - ciąg pseudolosowy o długości 1023 bitów (ok. 1 ms)
- Kod P (precision, protected)
 - nośna L1 (1575,42 MHz) i L2 (1227,60 MHz), 10,23 Mbit/s
 - ciągi Golda (odcinek kodu – 7 dni, sekwencja – 267 dni)
 - wykorzystanie kodu P wymaga autoryzacji (znajomość sekwencji jest niezbędna do skorzystania z kodu P)
- Kod P(Y) (anti-spoofing)
 - dodatkowy szyfrowany ciąg liczb nakładany na ciąg P





System GPS – zasada działania

- Pomiar fazy fali nośnej
 - Korelacja odebranej fali nośnej z falą odtworzoną w odbiorniku
 - Pomiar przesunięcia fazowego
 - Możliwość wykorzystania obydwu nośnych (L1 i L2)
 - Odbiorniki wyższej klasy (wymagania względem dokładności zegara odbiornika)
- Metody różnicowe (DGPS – Differential GPS)
 - Informacje o poprawkach wysyłane przez naziemne stacje referencyjne (zwykle w pasmie LF/MF)





Dokładność systemu GPS

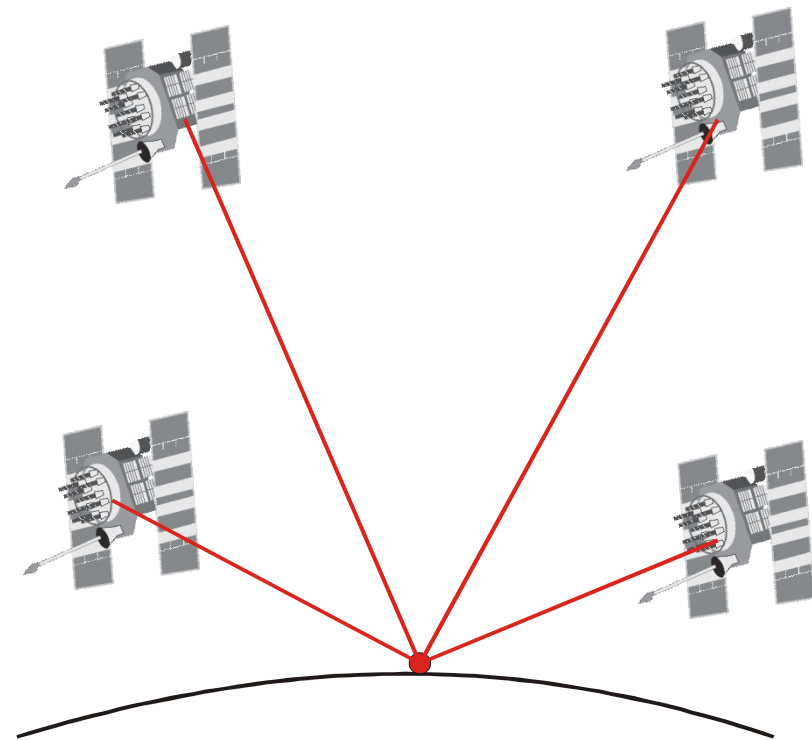
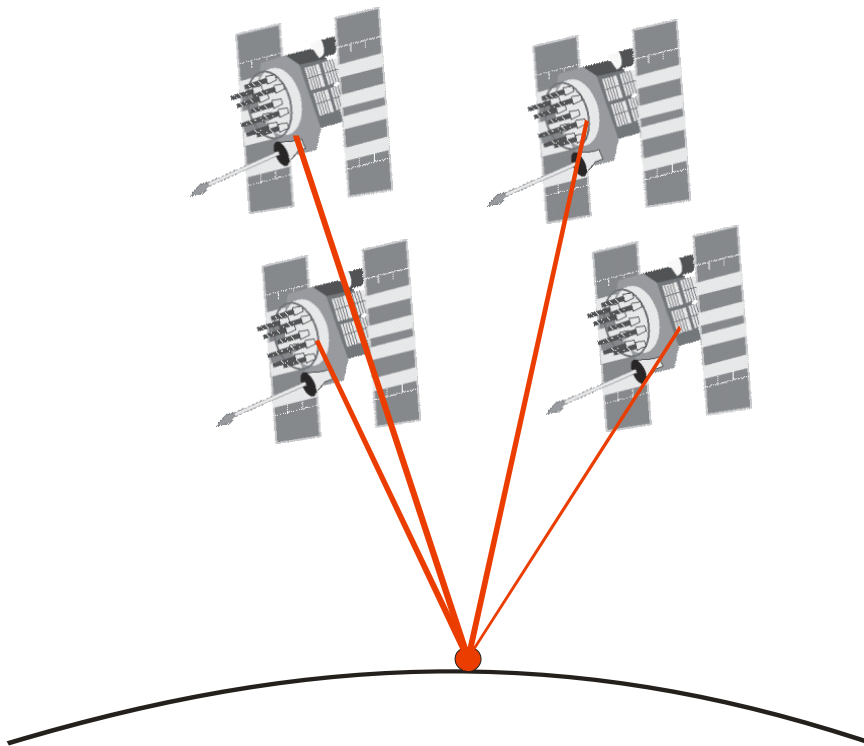
- Źródła błędów
 - opóźnienia propagacji sygnału w jonosferze (± 5 m) i troposferze ($\pm 0,5$ m)
 - propagacja wielodrogowa (± 1 m)
 - przesłanianie widzialności satelitów przez budynki
 - błędy zegara odbiornika (± 2 m)
 - liczba śledzonych satelitów
 - geometria układu śledzonych satelitów ($\pm 2,5$ m)
 - sygnały zakłócające





Dokładność systemu GPS

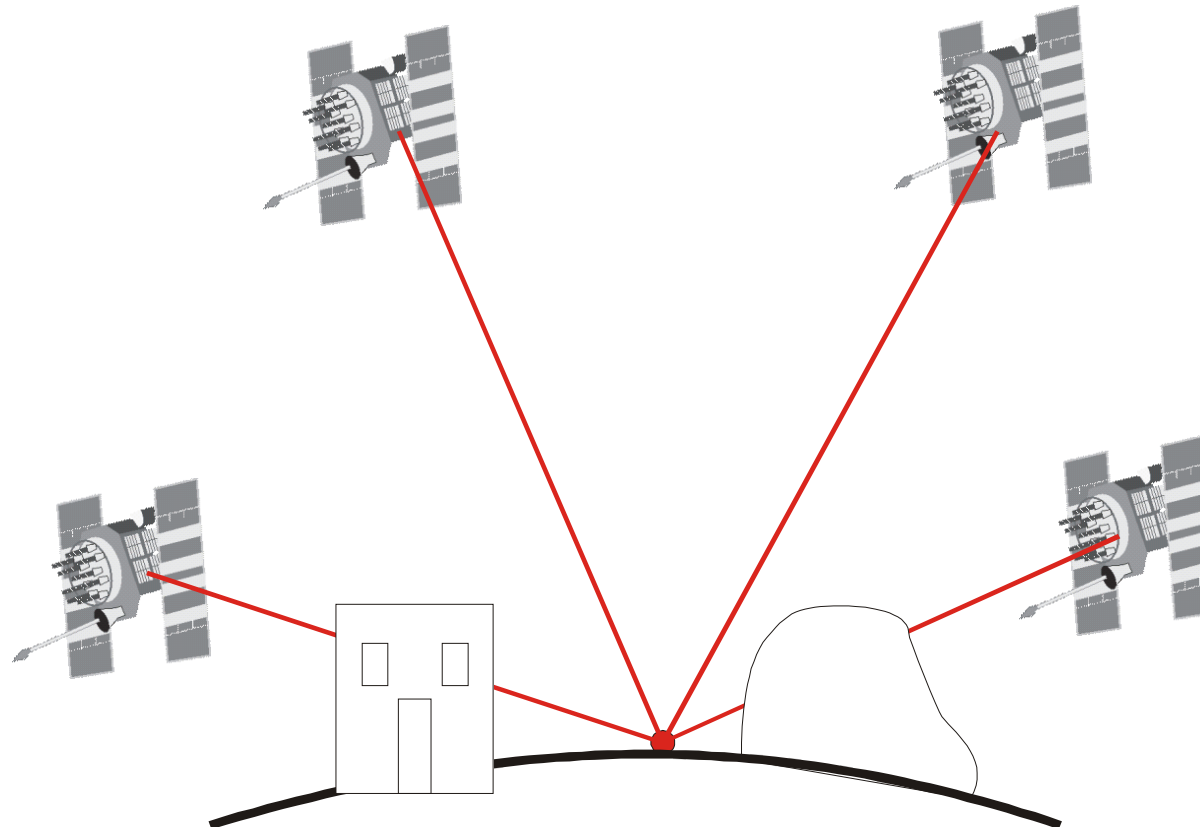
- Geometria układu śledzonych satelitów





Dokładność systemu GPS

- Przesłanianie widzialności satelitów przez przeszkody terenowe





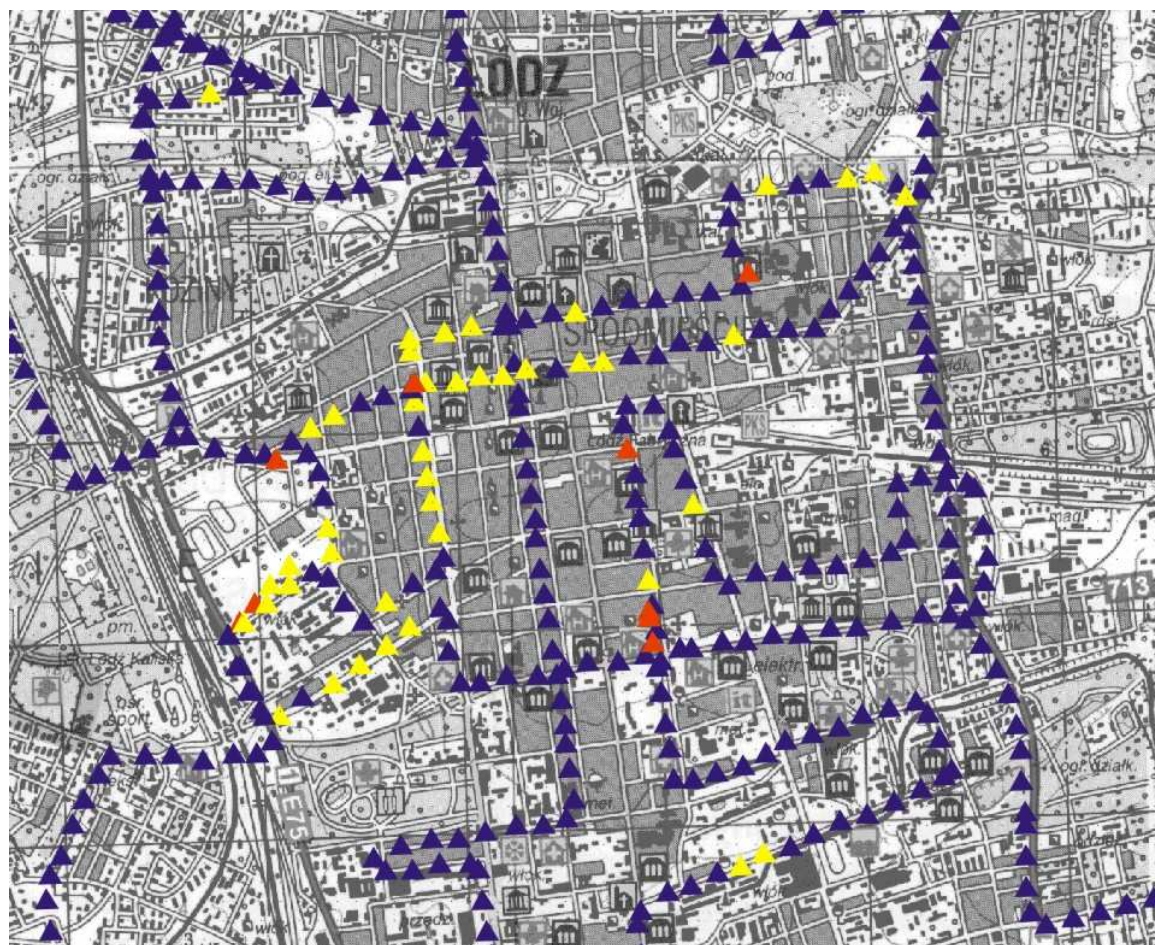
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dokładność systemu GPS



Liczba
śledzonych
satelitów



>5



$3,5 \div 5$



$< 3,5$



Politechnika Łódźka
Instytut Elektroniki

Zastosowania bezprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania



Protokół NMEA 0183

- The National Marine Electronics Association (NMEA) – www.nmea.org
- Protokół komunikacji pomiędzy urządzeniami elektronicznymi takimi jak echosondy, żyrokompasy, odbiorniki GPS, itp.
- Komunikacja szeregową, wykorzystująca kody ASCII
- Sekwencje znaków
 - początek: znak \$
 - koniec: <CR><LF>
 - długość maksymalna: 82 znaki





Protokół NMEA 0183

- Przykładowe sekwencje
 - \$GPRMC,182151,A,5002.998,N,02159.150,E,000.0,011.0,220808,003.7,E*78
 - \$GPGGA,182151,5002.998,N,02159.150,E,1,06,1.6,226.5,M,39.1,M,,*41
- Sekwencja 5 znaków po znaku \$ zawiera identyfikator źródła (2 znaki) oraz rodzaju wiadomości (3 znaki)
 - GP – odbiornik GPS
 - GL – odbiornik GLONASS
 - LC – odbiornik Loran-C
- \$P – wiadomości specyficzne dla urządzeń danego producenta
 - \$PGRME – Garmin (GRM)
 - \$PSRF102 – SiRF





Protokół NMEA 0183

- Przykładowe rodzaje wiadomości (GPS)
 - AAM – Waypoint Arrival Alarm
 - ALM – Almanach
 - GGA – informacja o pozycji
 - GLL – długość i szerokość geograficzna
 - GSA – Overall Satellite data
 - RMB – recommended navigation data for gps
 - RMC – zalecany minimalny zestaw danych dla GPS
 - WPL – Waypoint Location information
 - ZDA – data i czas





Protokół NMEA 0183

- Wiadomość GLL (szerokość i długość geograficzna)
 - \$GPGLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A,*1D
 - 4916.45,N – szerokość geograficzna
 - 12311.12,W – długość geograficzna
 - 225444 – pozycja wyznaczona o 22:54:44 UTC
 - A – status danych (A – active, V – void)
 - *1D – suma kontrolna (zawsze rozpoczyna się od znaku *)





Protokół NMEA 0183

- Wiadomość GGA (pozycja 3D, dokładność danych)
 - \$GPGGA,182151,5002.998,N,02159.150,E,1,06,1.6,226.5,M,39.1,M,,*41
 - 182151 – pozycja wyznaczona o 18:21:51 UTC
 - 5002.998,N – szerokość geograficzna
 - 02159.150,E – długość geograficzna
 - 1 – status pozycji (0 – invalid, 1 – GPS fix, 2 – DGPS fix, ..., 8 – simulation)
 - 06 – liczba śledzonych satelitów
 - 1.6 – Horizontal DOP (Dilution of Position)
 - 226.5,M – wysokość w m ponad średni poziom morza (MSL)
 - 39.1,M – wysokość geoidy (MSL) ponad elipsoidę WGS84
 - <puste pole> – informacje DGPS
 - *41 – suma kontrolna





Protokół NMEA 0183

- Wiadomość RMC (pozycja, prędkość, czas)
 - \$GPRMC,182151,A,5002.998,N,02159.150,E,000.0,011.0,220808,003.7,E*78
 - 182151 – pozycja wyznaczona o 18:21:51 UTC
 - A – status (A – active, V – void)
 - 5002.998,N – szerokość geograficzna
 - 02159.150,E – długość geograficzna
 - 000.0 – prędkość w węzłach
 - 011.0 – kąt trasy w stopniach
 - 220808 – data
 - 003.7,E – magnetic variation
 - *78 – suma kontrolna





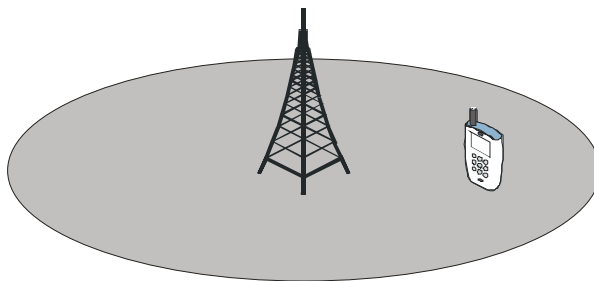
Wyznaczanie pozycji w sieciach komunikacji bezprzewodowej

- Identyfikacja komórki (Cell ID, COO)
- Pomiar mocy sygnału odebranego (RSSI)
- Pomiar czasu opóźnienia sygnału (TOA)
- Pomiar różnicy czasów nadejścia odpowiedzi (TDOA, E-OTD, OTDOA, ...)
- Pomiar kąta nadejścia odpowiedzi (AOA)
- Wspomagane systemem GPS (A-GPS)
- Analiza korelacyjna (Pattern Matching / Location Fingerprinting)

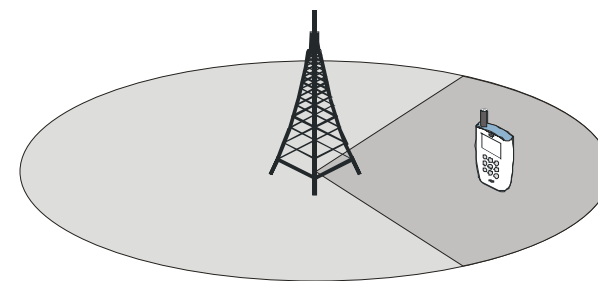


Identyfikacja komórki

- Odbiornik nie zawsze jest obsługiwany przez najbliższą stację bazową
- Promień komórek zależy od obszaru działania (mikrokomórki, makrokomórki)
- Prosta implementacja
- Brak konieczności wprowadzania modyfikacji do sieci i terminali
- Niska dokładność – zależy od rozmiaru komórki (od 0,05 km w obszarach miejskich nawet do 100 km w terenie otwartym)



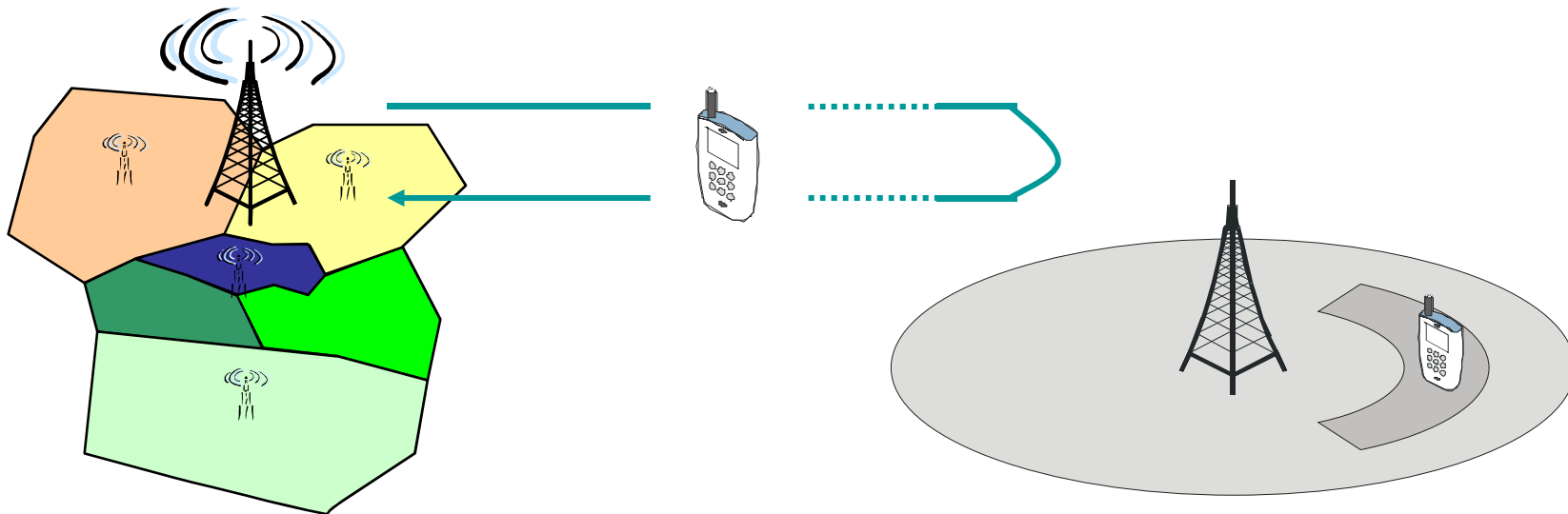
komórki dookólne



komórki sektorowe

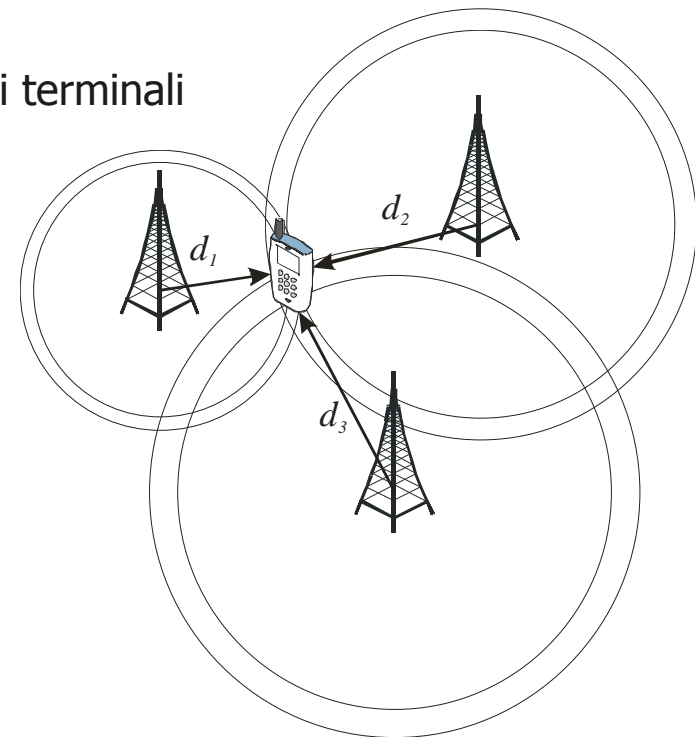
Identyfikacja komórki i wyprzedzenie czasowe

- TA – **T**iming **A**dvance (GSM)
- RTT – **R**ound **T**rip **T**ime (UMTS)
- Brak konieczności wprowadzania modyfikacji do sieci i terminali
- Nieznaczny wzrost dokładności – głównie w terenie otwartym



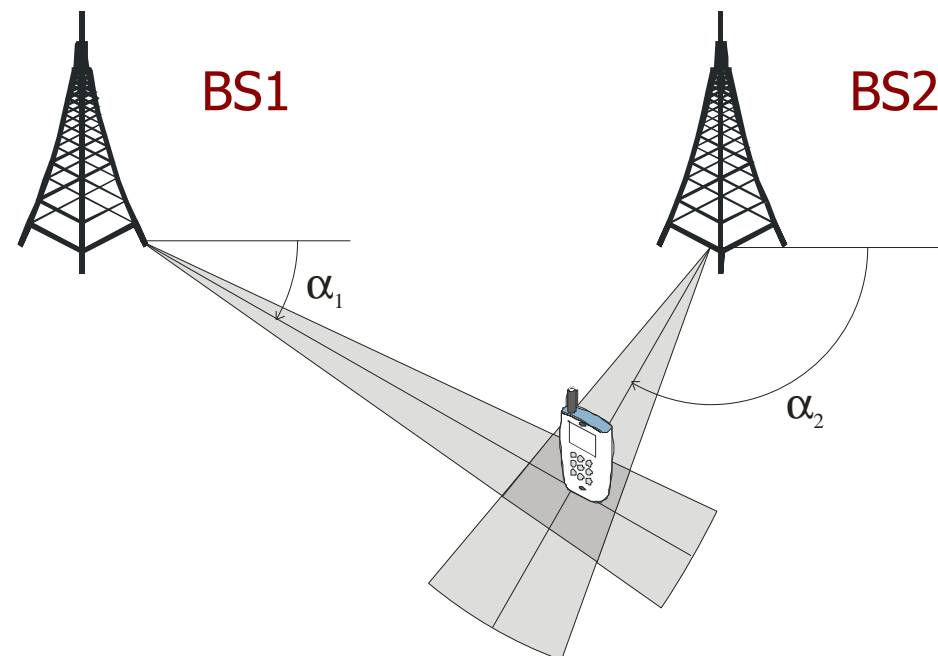
Identyfikacja komórki i pomiar mocy

- Odbiornik dokonuje ciągłego pomiaru mocy aktualnej stacji oraz sąsiednich
- Poziom mocy odebranej może służyć do określenia odległości od stacji bazowej
- Prosta implementacja
- Brak konieczności wprowadzania modyfikacji do sieci i terminali
- Poprawa dokładności
 - obszary miejskie – od 50 do 500 m
 - obszary podmiejskie – od 250 m do 2,5 km
 - obszary wiejskie – od 250 m do 8 km
- Podatność na zmiany warunków atmosferycznych



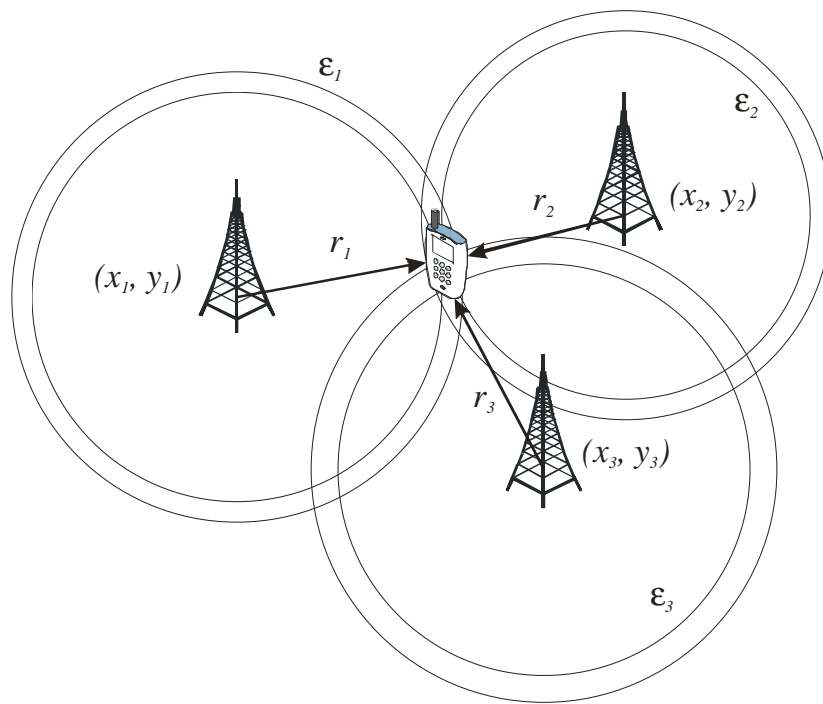
Pomiar kąta nadejścia odpowiedzi (AOA)

- AOA – Angle Of Arrival
- Dobra dokładność
- Niewielki stopień modyfikacji terminali
- Problemy z dokładnością w obszarach miejskich (odbicia)
- Konieczność instalacji złożonych systemów antenowych



Pomiar czasu opóźnienia sygnału (TOA)

- TOA – Time Of Arrival
- Błędy synchronizacji zegarów BS i MS
- Rozwiązanie układu równań – np. metodą najmniejszych kwadratów



$$r_i = v \cdot t_i$$

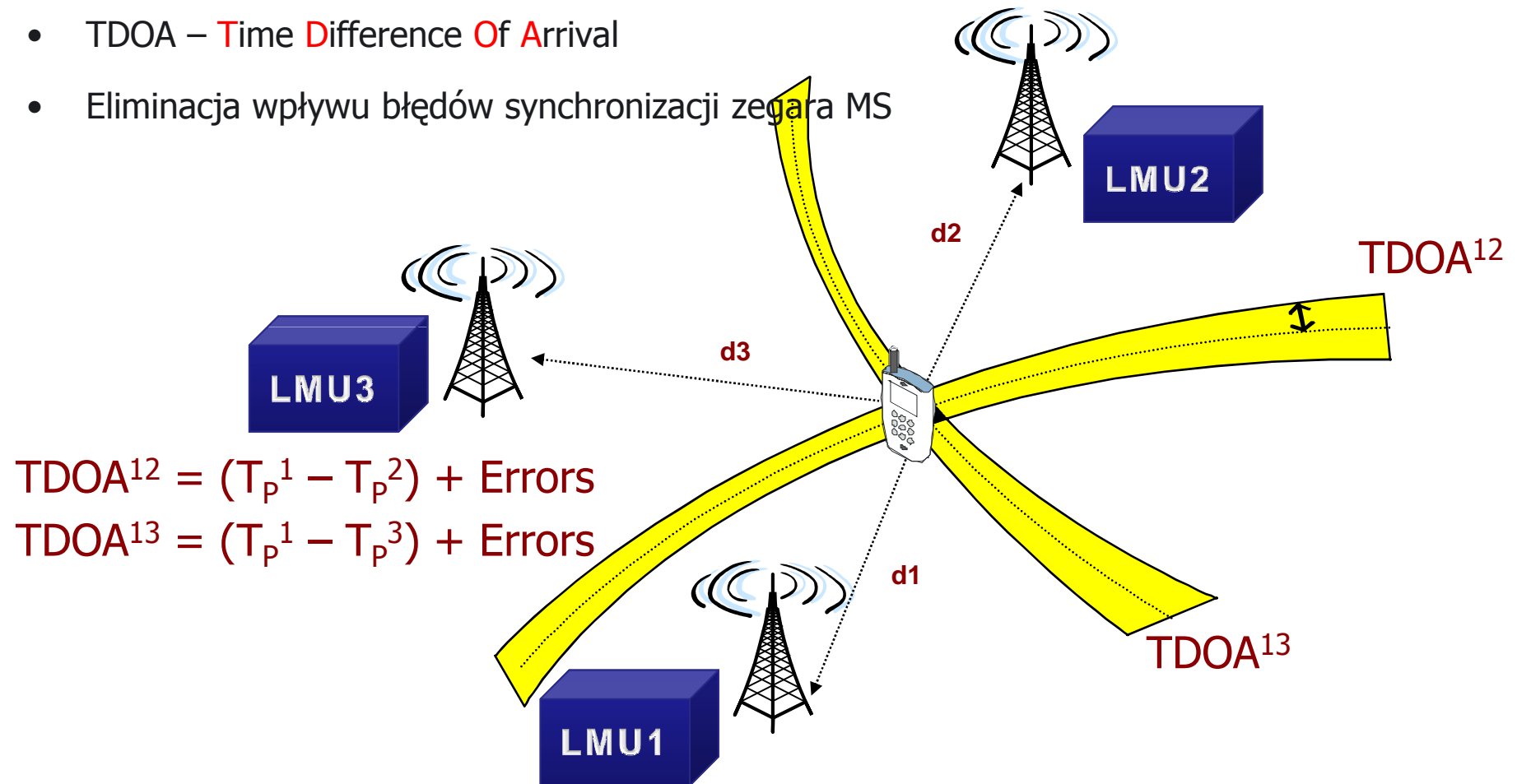
$$r_1 = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2} + \varepsilon_1$$

$$r_2 = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2} + \varepsilon_2$$

$$r_3 = \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2} + \varepsilon_3$$

Pomiar różnicy czasów odpowiedzi (network-based)

- TDOA – Time Difference Of Arrival
- Eliminacja wpływu błędów synchronizacji zegara MS





Pomiar różnicy czasów odpowiedzi (network-based)

- Brak modyfikacji terminali
- Pozycja wyznaczana przez system związany z siecią stacji bazowych
- Dobra dokładność (kilkadziesiąt metrów)
- Moduły LMU przy każdej stacji bazowej
- Zmiany w protokołach
- Słaba dostępność w obszarach wiejskich (potrzebny sygnał z kilku komórek)

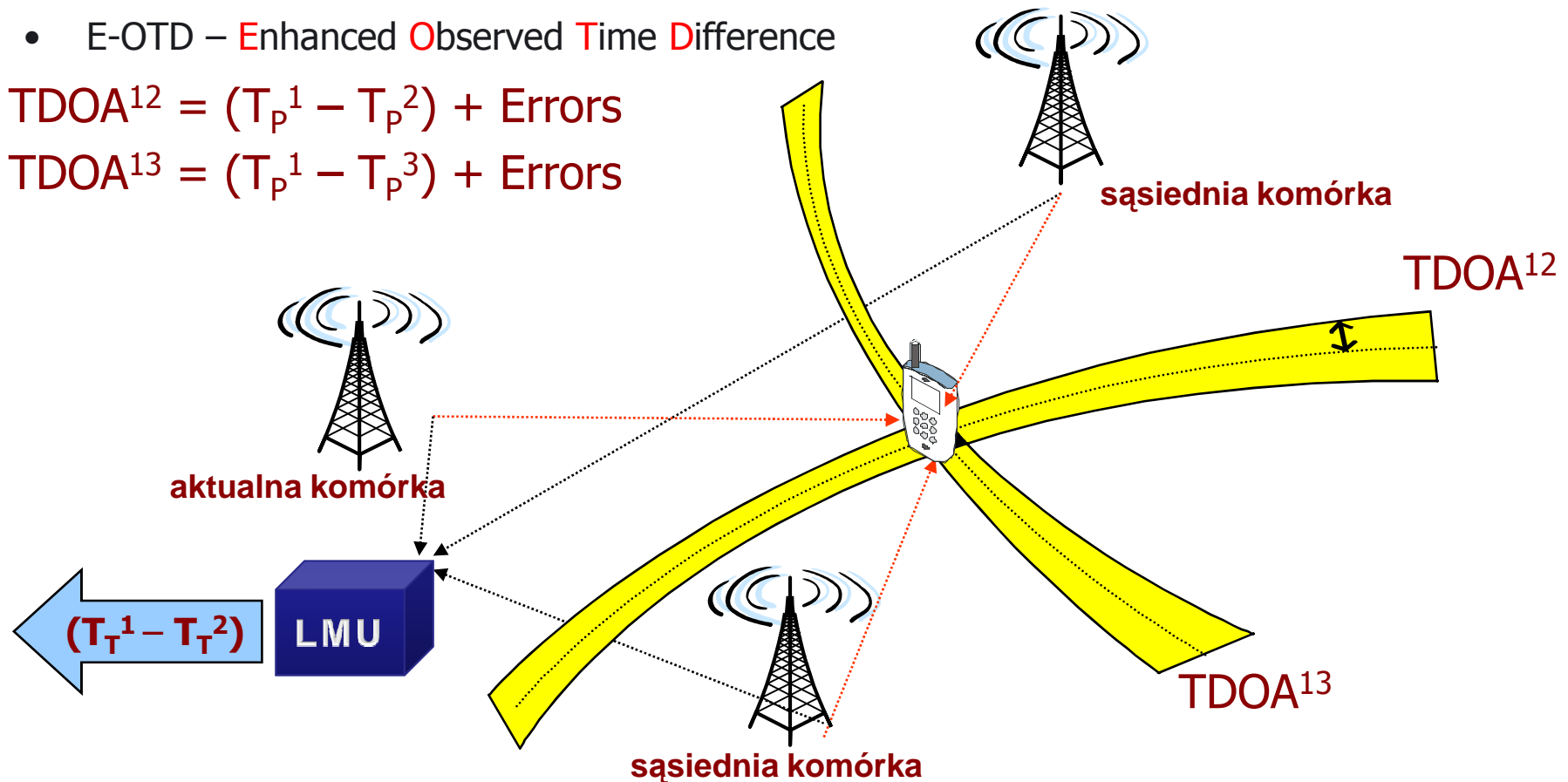


Pomiar różnicy czasów odpowiedzi (terminal based)

- E-OTD – Enhanced Observed Time Difference

$$\text{TDOA}^{12} = (T_p^1 - T_p^2) + \text{Errors}$$

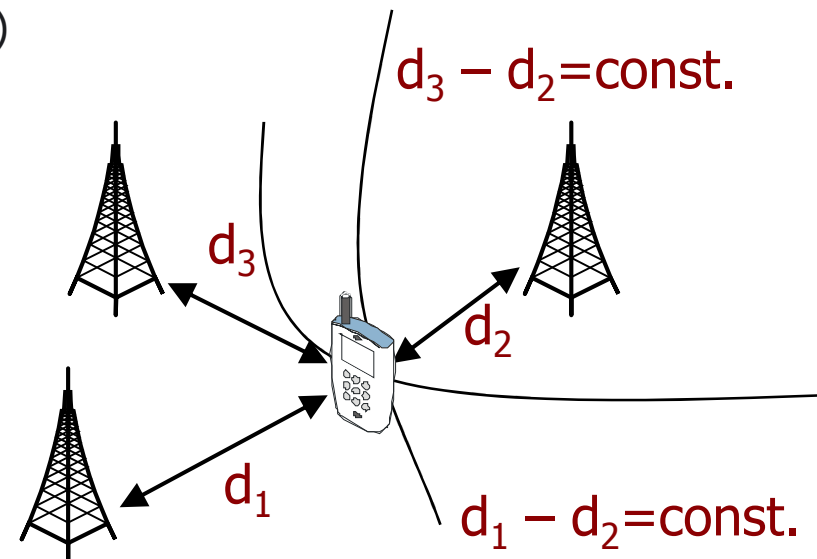
$$\text{TDOA}^{13} = (T_p^1 - T_p^3) + \text{Errors}$$





Pomiar różnicy czasów odpowiedzi (E-OTD)

- E-OTD (Enhanced Observed Time Difference)
- Dobra dokładność (kilkadziesiąt metrów)
- Pozycja wyznaczana przez **terminal**
- Moduły LMU na każdej kilkunastu stacji bazowych (służą do obliczania różnic czasu zegarów poszczególnych stacji bazowych)
- Modyfikacje oprogramowania terminali





Metody pozycjonowania – sieci komórkowe

- GSM
 - E-OTD
- CDMA/GPRS
 - A-GPS
- WCDMA/UMTS
 - IPDL, TA-IPDL, OTDOA-PE, OTDOA-IPDL
OTDOA-RNBP
- Cell ID (Cell Of Origin)

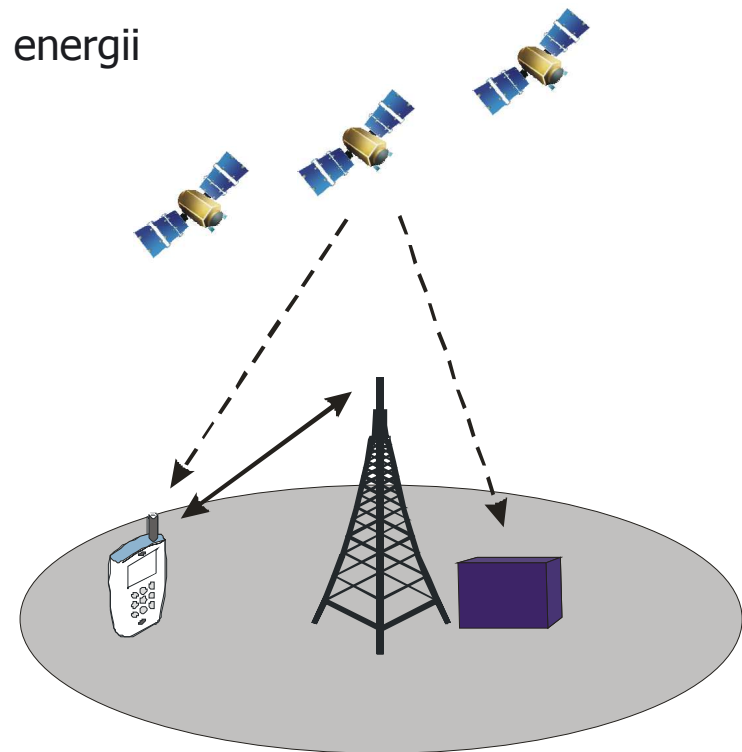
ETSI Technical Specification ETSI TS 101 724 V8.9.0, Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Location Services (LCS); **Functional description**; Stage 2, ETSI, 2004

ETSI Technical Specification ETSI TS 144 035 V8.0.0, Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Location Services (LCS); **Broadcast network assistance for Enhanced Observed Time Difference (E-OTD) and Global Positioning System (GPS) positioning methods**, ETSI, 2009



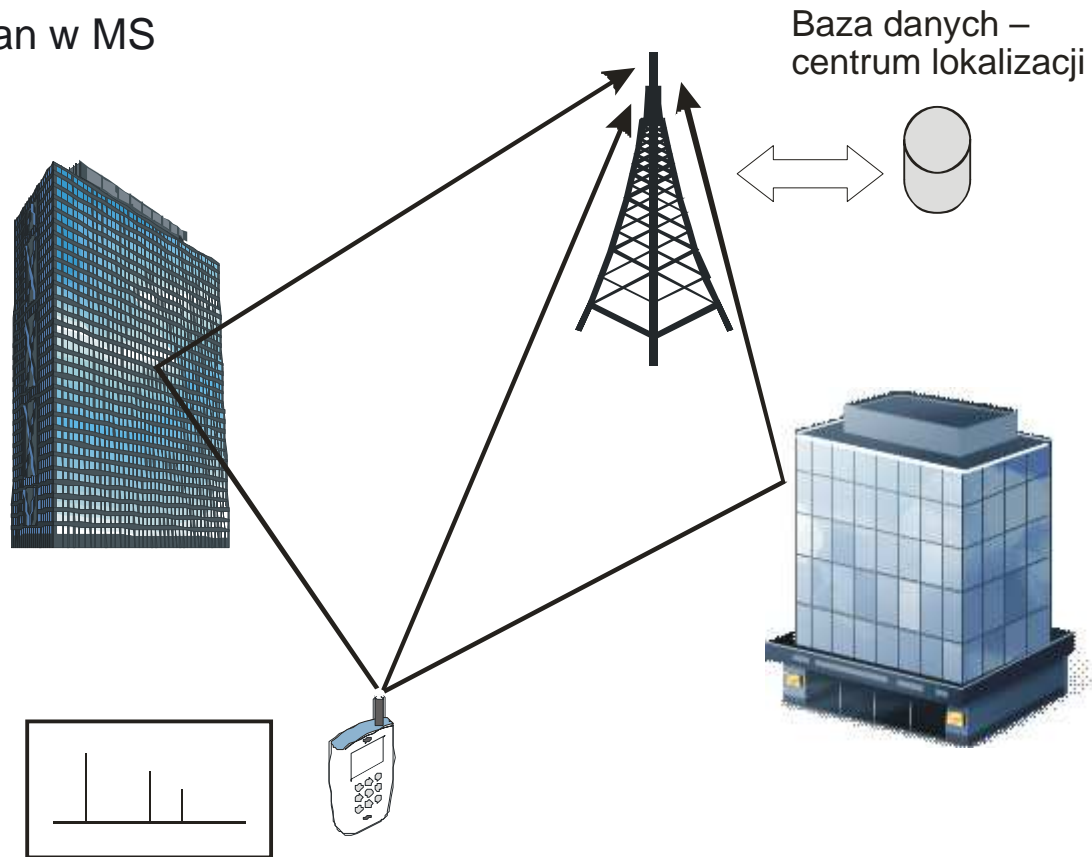
Metody pozycjonowania – satelitarne

- GPS
 - konieczność zapewnienia „widzialności” odpowiedniej liczby satelitów
 - względnie duży koszt odbiornika, znaczny pobór energii
- A-GPS
 - odbiornik przy każdej stacji bazowej
 - MS-assisted
 - uproszczony odbiornik, serwer lokalizacji
 - możliwość pracy także we wnętrzach budynków
 - krótszy czas synchronizacji odbiornika
 - MS-based
 - serwer lokalizacji wspomaga wyznaczanie pozycji



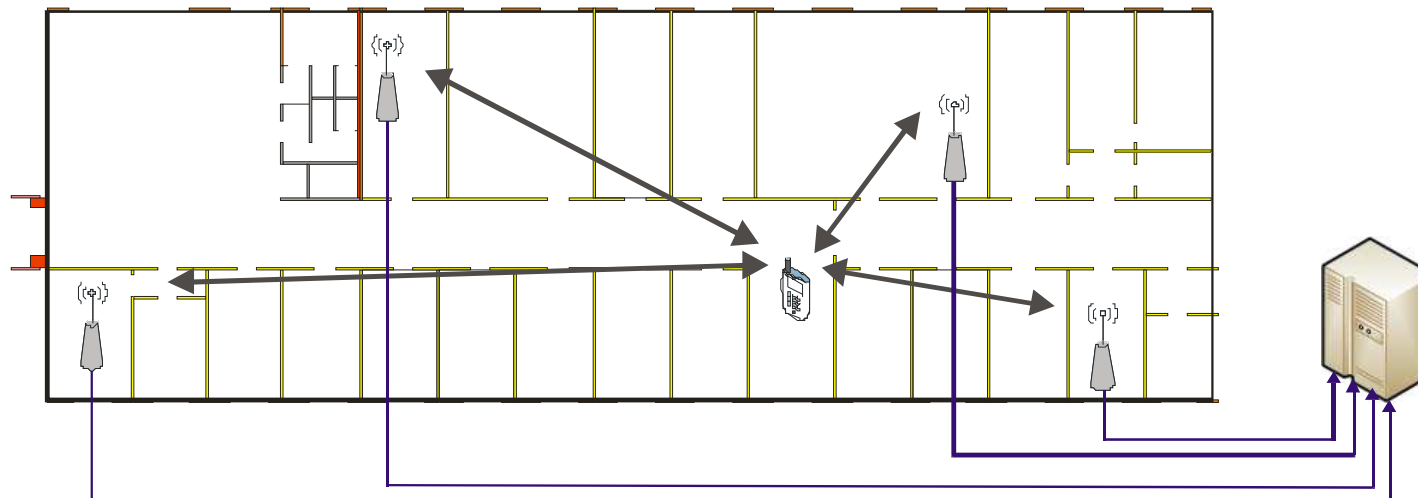
Metody pozycjonowania – sieci komórkowe

- Anteny inteligentne
 - zmiany w BS, brak zmian w MS
- Metody hybrydowe
- Pattern Matching /
Location Fingerprinting

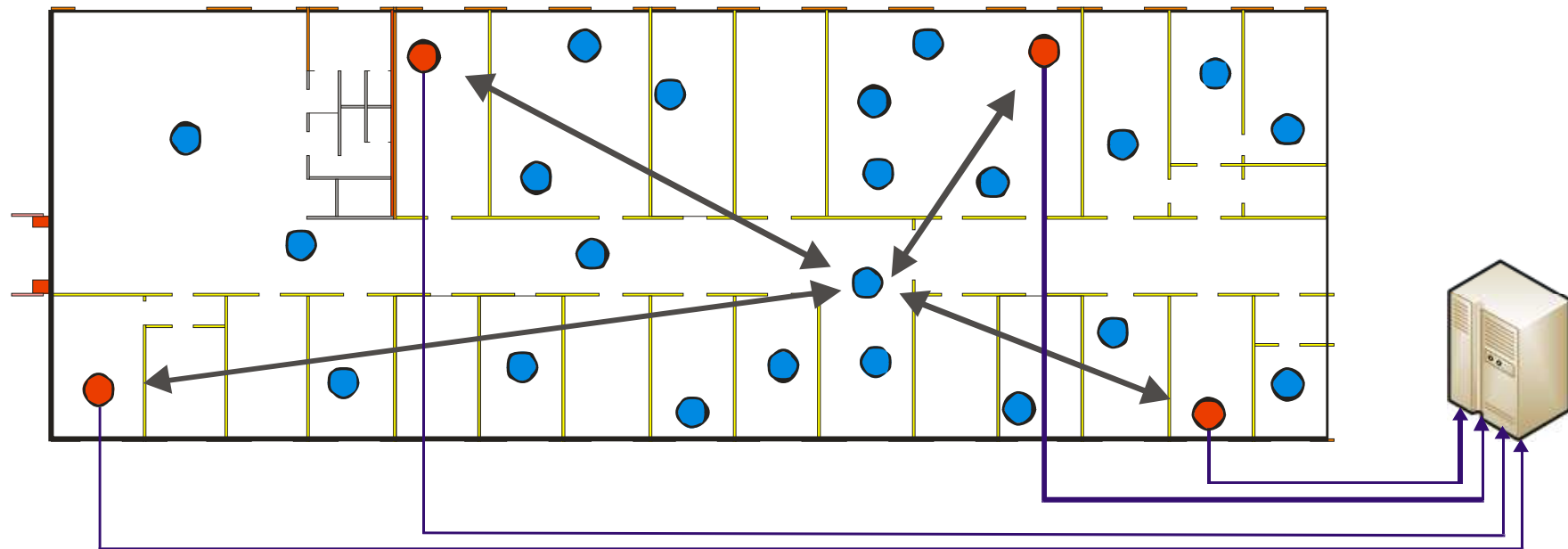


Metody pozycjonowania – wnętrza budynków

- Sieci doraźne (sensorowe)
 - z wykorzystaniem tzw. radiolatarni (beacon)
 - z ruchomymi radiolatarniami
 - bez radiolatarni
- WLAN
 - w oparciu o terminale lub wspomagane przez terminale użytkownika
- Systemy ultraszerokopasmowe (UWB)
 - duża rozdzielczość w dziedzinie czasu



Metody pozycjonowania – sieci doraźne



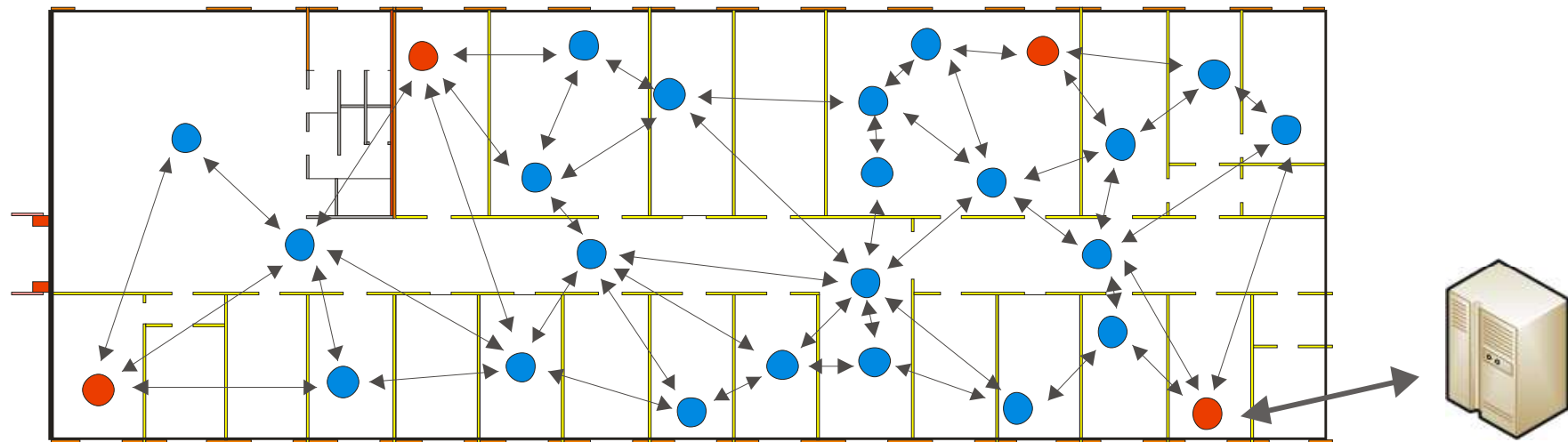
● – węzły o znanym położeniu

● – węzły o nieznanym położeniu

Patwari N., Ash J.N., Kyperountas S., Hero III A.O., Moses R.L., Correal N.S., **Locating the Nodes**, *IEEE Signal Processing Magazine*, 2005



Metody pozycjonowania – sieci doraźne



● – węzły o znanym położeniu

● – węzły o nieznanym położeniu

Patwari N., Ash J.N., Kyperountas S., Hero III A.O., Moses R.L., Correal N.S., **Locating the Nodes**, *IEEE Signal Processing Magazine*, 2005





Estymacja ruchu

- Czujniki wspomagające
 - żyroskopy, akcelerometry, prędkościomierze

- Modele ruchu

- przypadkowego błędzenia

$$p_{k+1} = p_k + T_s \cdot w_k$$

- z pomiarem prędkości

$$p_{k+1} = p_k + T_s \cdot v_k + T_s \cdot w_k$$

- przypadkowych sił

$$\begin{bmatrix} p_{k+1} \\ v_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & T_s \cdot I \\ 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_k \\ v_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{T_s^2}{2} \cdot I \\ T_s \cdot I \end{bmatrix} w_k$$

- z pomiarem przyspieszeń

$$\begin{bmatrix} p_{k+1} \\ v_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & T_s \cdot I \\ 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_k \\ v_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{T_s^2}{2} \cdot I \\ T_s \cdot I \end{bmatrix} a_k + \begin{bmatrix} \frac{T_s^2}{2} \cdot I \\ T_s \cdot I \end{bmatrix} w_k$$

Gustafsson F., Gunnarsson F., **Mobile Positioning Using Wireless Networks**, *IEEE Signal Processing Magazine*, 2005



Piotr Korbel

Zastosowania beprzewodowych systemów nadzoru i monitorowania Techniki i usługi lokalizacyjne

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Beprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl