

# LoRa w praktyce (2)

W drugiej części artykułu przedstawiamy wyniki pomiaru zasięgu modemów LoRa pracujących w różnych konfiguracjach, w różnych warunkach terenowych. Praktyka pokazała, że przekroczenie odległości 8 km jest realne w paśmie ISM.

Najważniejszą cechą modemów LoRa jest z pewnością zasięg, dlatego w tym rozdziale zostaną przedstawione wyniki testów przeprowadzonych na dwóch zestawach B-072Z-LRWAN1. Wyniki należy traktować poglądowo, z uwagi na to, że zasięg jest uzależniony od wielu czynników zewnętrznych, z których najważniejszymi są: konfiguracja modemu, wysokość zamocowania anten, typ anten, rodzaj i ukształtowanie terenu, warunki atmosferyczne.

Testy zostały przeprowadzone dla dwóch konfiguracji przedstawionych w tabeli 2. Pierwsza z nich zapewnia największy zasięg kosztem przepustowości łącza. W drugim przypadku jest odwrotnie – większa przepustowość kosztem zmniejszonego zasięgu. Komentarza wymaga ustawienie zmiany częstotliwości modulującej na 125 kHz. Mimo że dokumentacja modemu wskazuje na najmniejszą możliwą wartość 7,8 kHz, to dostarczona przez ST biblioteka nie pozwala na ustawienie wartości mniejszej niż 125 kHz.

Jako miejsce do przeprowadzenia testów wybrane zostały następujące obszary różniące się gęstością zabudowy: warszawska Białołęka, Zalew Zegrzyński, Stare Miasto w Warszawie. We wszystkich wypadkach moduły znajdowały się ok. 1 m nad ziemią. Wyniki pomiarów zebrano w tabeli 3, natomiast na rysunkach 8, 9 i 10

**Tabela 2. Testowane konfiguracje modemu LoRa**

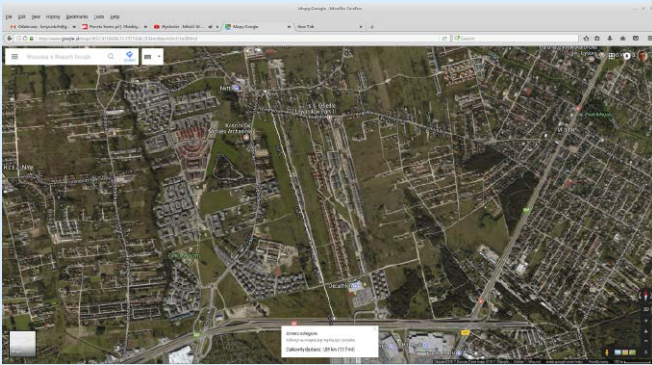
Parametr	Konfiguracja 1.	Konfiguracja 2.
BW (modulation bandwidth)	125 kHz	500 kHz
SF (spread factor)	12	7
CR (code rate)	4/8	4/8

**Tabela 3. Wyniki pomiarów zasięgu przeprowadzonych w różnych warunkach terenowych**

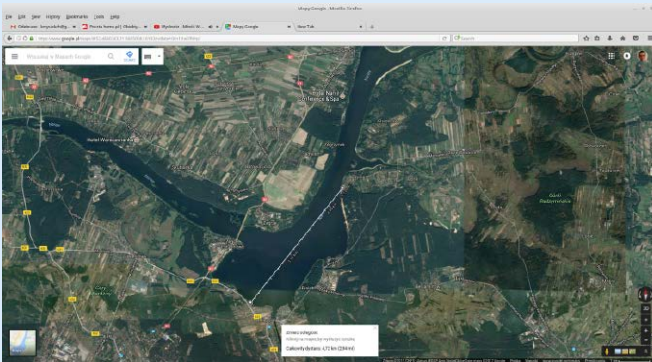
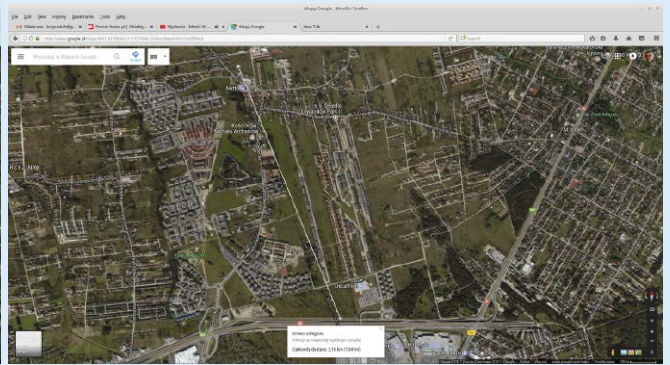
Miejsce	Konfiguracja	Odległość	RSSI
Białołęka	1	1890 m	-120 dBm
		2160 m	-130 dBm
	2	1890 m	-120 dBm
		2160 m	-
Zalew Zegrzyński	1	4720 m	-127 dBm
		8350 m	-134 dBm
	2	4720 m	-
		8350 m	-
Stare Miasto w Warszawie	1	408 m	-124 dBm
		688 m	-130 dBm
	2	408 m	-121 dBm
		688 m	-

pokazano mapy z zaznaczonymi odległościami i punktami, w których znajdowały się moduły. Na ich podstawie można ocenić, jakie przeszkody znajdowały się na drodze sygnału radiowego.

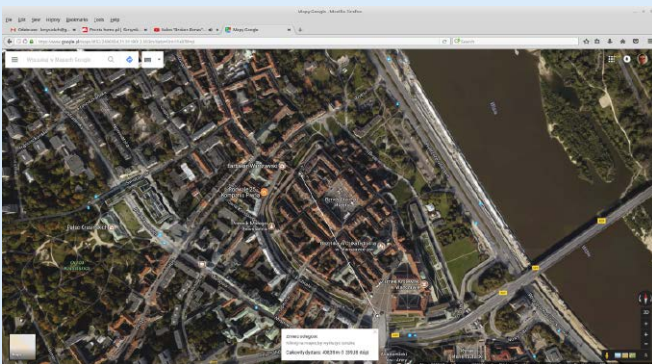
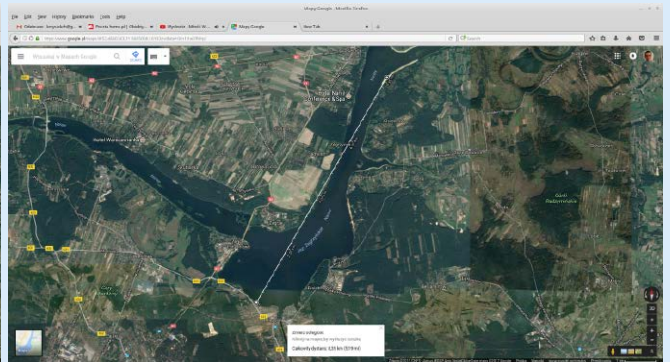
Zgodnie z oczekiwaniem, największy zasięg można otrzymać na otwartym terenie z niewielką liczbą przeszkód stojących na drodze sygnału i jest on tym mniejszy, im więcej przeszkód znajduje się pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem. Wyniki można poprawić, umieszczając wyżej anteny lub zmniejszając pasmo modulacji (konieczne jest użycie innej biblioteki do obsługi modemu SX1276 lub napisanie własnego sterownika).



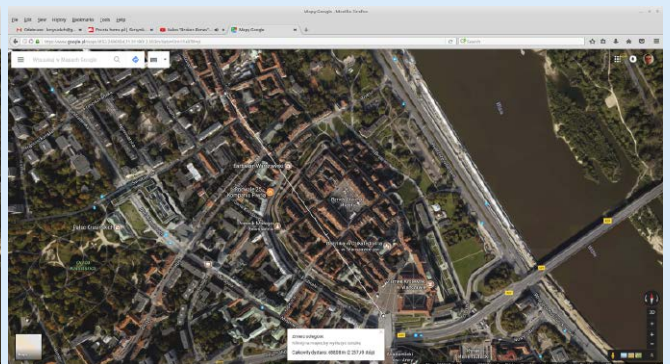
**Rysunek 8. Punkty pomiarowe na Białotęcz (maps.google.pl)**



**Rysunek 9. Punkty pomiarowe nad Zalewem Zegrzyńskim (maps.google.pl)**



**Rysunek 10. Punkty pomiarowe na Starym Mieście w Warszawie (maps.google.pl)**



Drugim istotnym czynnikiem wpływającym na możliwość użycia modemów LoRa w sieciach czujników jest z pewnością pobór prądu, który bezpośrednio wpływa na czas życia na baterii. Zależy on od konfiguracji modemu i jest różny dla stanów uśpienia, odbioru i transmisji danych. Wartości podane w specyfikacji modemu SX1276 zostały przedstawione w **tabeli 4**.

Dla konfiguracji użytych w teście wartości zmierzone dla odbioru i transmisji wynoszą odpowiednio ok. 11 mA i 32 mA. Należy pamiętać, że jest to wyłącznie prąd pobierany przez sam modem LoRa. Aby oszacować czas życia na baterii, należy doliczyć jeszcze prąd pobierany przez mikrokontroler STM32L072CZ i inne elementy znajdujące się na płytce.

### Podsumowanie

Modemy LoRa są dostępne na rynku od niedawna, jednak dzięki możliwości uzyskania dużego zasięgu podczas transmisji danych

**Tab. 4. Natężenia prądu podawane przez producenta układu SX1276**

Symbol	Description	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
IDDSL	Supply current in Sleep mode		-	0.2	1	uA
IDDIDLE	Supply current in Idle mode	RC oscillator enabled	-	1.5	-	uA
IDDST	Supply current in Standby mode	Crystal oscillator enabled	-	1.6	1.8	mA
IDDFS	Supply current in Synthesizer mode	FSRx	-	5.8	-	mA
IDDR	Supply current in Receive mode	LnaBoost Off, band 1	-	10.8	-	mA
		LnaBoost On, band 1	-	11.5	-	
		Bands 2&3	-	12.0	-	
IDDT	Supply current in Transmit mode with impedance matching	RFOP = +20 dBm, on PA_BOOST	-	120	-	mA
		RFOP = +17 dBm, on PA_BOOST	-	87	-	
		RFOP = +13 dBm, on RFO_LF/HF pin	-	29	-	
		RFOP = +7 dBm, on RFO_LF/HF pin	-	20	-	

przy stosunkowo niewielkim poborze prądu zyskują coraz więcej zwolenników. Są one dobrym rozwiązaniem dla rozległych sieci czujników, w których węzły powinny działać nieprzerwanie przez wiele dni, dostarczając danych pomiarowych. Przy ich planowaniu należy jednak pamiętać o czynnikach mogących ograniczyć zasięg, dobierając odpowiednią konfigurację modemów, która będzie miała wpływ na przepustowość sieci.

**Krzysztof Chojnowski**