THOMAS MORE

Korte introductie tot wifi HaLow

Done by Thomas More for the WiSleep project

2023 - 2024

WI-FI HALOW

1. Inleiding

Internet of Things (IoT) is de laatste jaren uitgegroeid tot een veelgebruikt concept. Apparaten met sensoren worden dan met het internet verbonden en kunnen onderling of met andere systemen data uitwisselen. Ook apparaten die we in ons dagelijks leven gebruiken kunnen vandaag vaak met het thuisnetwerk gekoppeld worden, denk maar aan een slimme thermostaat of een slimme deurbel. Momenteel wordt er veel gebruik gemaakt van standaarden in de 2.4 GHz band zoals Wi Fi en Bluetooth. Het voordeel hiervan is dat deze standaarden goed ingeburgerd zijn en dat men er al langer gebruik van maakt via computers en smartphones. Men kan het bestaande netwerk gebruiken zonder te moeten investeren in nieuwe netwerkinfrastructuur. Het nadeel hiervan is dat er interferentie kan optreden als er verschillende standaarden met hun eigen verschillende apparaten gebruik maken van dezelfde frequentieband. Er is een maximum aan apparaten dat het netwerk kan dragen en met de recente stijging in het aantal apparaten dat verbonden is met het internet voorspelt men dat dit binnenkort voor problemen kan zorgen. Tegelijkertijd is het bereik van deze standaarden in de 2.4 GHz band redelijk beperkt. Binnenhuis zijn er soms plekken waar de dekking van het Wi-Fi netwerk onvoldoende is en buitenhuis is dit probleem nog meer aanwezig. Een protocol als LoRaWAN lost dit probleem op aangezien apparaten op dit netwerk kunnen communiceren over afstanden van meer dan een kilometer. Het nadeel hiervan is dat de hoeveelheid data die verstuurd kan worden over het netwerk over een bepaalde tijd - de data rate - zeer laag is. Deze problemen hoopt het Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) met een nieuwe standaard op te lossen.

2. Korte omschrijving

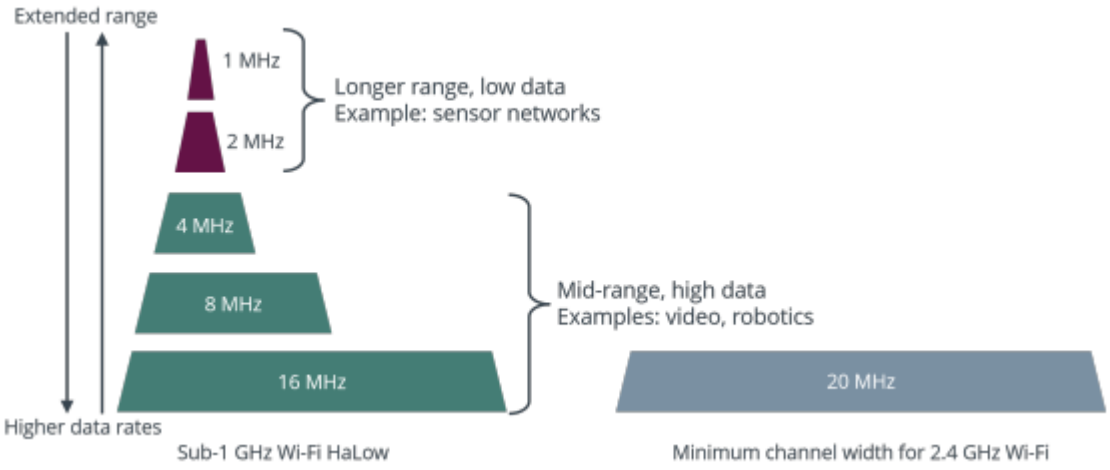
IEEE 802.11ah, ook Wi-Fi HaLow gedoopt door de Wi-Fi Alliance, is een draadloos netwerkprotocol dat een uitbreiding is van het bestaande Wi-Fi protocol. De standaard belooft een groot bereik (1 kilometer), laag energieverbruik en een data rate die groot genoeg is voor eenvoudige video streaming. Bovendien is de communicatie volledig TCP/IP en kan er gebruik gemaakt worden van dezelfde security die ook bij klassieke Wi-Fi beschikbaar is. Er wordt ook verwacht dat Wi-Fi HaLow op termijn mee wordt geïntegreerd in standaard netwerkapparatuur voor Wi-Fi. Dit wil zeggen dat er geen bridge of hub nodig zal zijn om het lokale IoT netwerk te verbinden met het internet. Dit is bijvoorbeeld wel het geval bij de populaire Philips Hue lampen die gebruik maken van het Zigbee protocol. In theorie kunnen er 8191 clients per access point verbinden. Dit is ook een serieuze toename ten opzichte van traditionele Wi-Fi, waar het theoretisch maximum aantal 255 clients is.

3. Frequentie

Wi-Fi HaLow maakt gebruik van een frequentie onder 1 GHz. Dit heeft verschillende voordelen. Door een lagere frequentie te gebruiken kunnen de signalen zich verder verplaatsen en zijn ze beter in de penetratie door obstakels zoals muren. Dit zorgt voor een grotere dekking en verbindingen die tot tien keer verder kunnen reiken dan traditionele Wi-Fi op 2.4 GHz. De standaard belooft een bereik van één kilometer.

3.1. Frequentieband en Wi-Fi kanalen

De exacte frequentieband is afhankelijk van de locatie waar de apparatuur gebruikt wordt. In Europa wordt de frequentieband 863-868 MHz gebruikt. In de VS is dit bijvoorbeeld 902-928 MHz. De VS heeft dus een bredere frequentieband beschikbaar en dit maakt dat er meer of grotere Wi-Fi kanalen gebruikt kunnen worden. Zo ondersteunt de 802.11ah standaard kanalen tot 16 MHz maar kan dit in Europa voorlopig nog niet gebruikt worden aangezien ze maar een frequentieband van 5 MHz ter beschikking hebben, in tegenstelling tot 26 MHz in de VS.



Figuur 1: Wi-Fi HaLow channel widths

Net zoals bij traditionele Wi-Fi wordt de frequentieband opgedeeld in kanalen waarover de data verstuurd wordt. Bij Wi-Fi HaLow zijn de kanalen veel smaller waardoor er een minder grote data rate mogelijk is. Het bereik van de verbinding neemt hierdoor wel toe aangezien een kleinere kanaalbreedte resulteert in een lagere ruisvloer voor de ontvanger. Hoe groter de bandbreedte bij ontvangst van het signaal, hoe meer ruis er wordt ontvangen en hoe slechter de signaal-ruisverhouding. Het protocol laat verschillende groottes van kanalen toe om dit verder te optimaliseren voor het gewenste gebruik. Dit laat toe om zowel relatief grote hoeveelheden data door te sturen, bijvoorbeeld video van een bewakingscamera, en zeer kleine hoeveelheden, bijvoorbeeld een temperatuurwaarde.

4. Energieverbruik

De Wi-Fi HaLow standaard is ontworpen met het oog op laag stroomverbruik. Het doel is om apparaten te ondersteunen die een levensduur van meerdere jaren moeten hebben op een knoopcelbatterij. Hiervoor zijn een aantal functies ontwikkeld en geïntegreerd om dit te verwezenlijken.

4.1. Non-traffic indication map (TIM) mode options

In een traditioneel Wi-Fi netwerk moeten apparaten die slapen geregeld wakker worden om te luisteren naar de traffic indication map die de access point verstuurt. Het TIM pakket bevat informatie over welk verbonden apparaat er binnenkomende data kan verwachten en wie er dus moet blijven luisteren. De Wi-Fi HaLow standaard laat zowel TIM als de nieuwe non-TIM mode toe. Door non-TIM mode te gebruiken moet een apparaat niet meer wakker worden om te luisteren naar deze pakketten en bespaart zo dus energie. De TIM mode die de standaard toelaat is aangepast naar hierarchical TIM. Dit laat een grotere hoeveelheid clients toe op het netwerk en zorgt ervoor dat de clients minder vaak moeten wakker worden om naar de TIM pakketten te luisteren.

4.2. Target wake time (TWT)

Het doel is dus om apparaten lang te kunnen laten slapen zonder dat dit problemen geeft op het netwerk. Target wake time is een periode die de client afspreekt met de access point waarbij de client in slaapmodus gaat. De access point zal alle binnenkomende data voor de client bufferen in zijn geheugen en deze verzenden naar de client als die uit slaapmodus komt. Hierdoor kan de client voor langere periodes in slaapmodus gaan zonder geregeld wakker te worden om te luisteren naar de binnenkomende data. De target wake time maakt het mogelijk om de client te laten slapen voor een tijdspanne van een aantal microseconden tot zelfs jaren. Een bijkomend voordeel van TWT is dat de access point kan onderhandelen over het moment wanneer de client het netwerk terug zal gebruiken. Dit is interessant om botsingen op het netwerk te vermijden.

4.3. Restricted access window (RAW)

Botsingen op het netwerk zijn slecht voor het energieverbruik aangezien de data verloren is gegaan en nog een tweede keer verzonden moet worden. Restricted access window is een bijkomende techniek die dit zo veel mogelijk moet voorkomen. De verschillende clients worden door de access point opgedeeld in groepen. Aan elke groep van clients wordt een tijdslot toegekend waarin de clients het netwerk mogen gebruiken. De andere groepen van clients kunnen dan geen data versturen en worden verondersteld te slapen of data te bufferen tot ze weer mogen zenden. Hierdoor verkleint de kans dat er botsingen optreden en vergroot het aantal clients dat met het netwerk kan verbinden.

4.4. Verkorte MAC header

Elk pakket dat over het netwerk wordt verstuurd, bevat naast de (sensor)data ook nog data over het pakket zelf. Dit is terug te vinden in de media access control (MAC) header aan het begin van het pakket. Deze header is verkort in vergelijking met de MAC header van traditionele Wi-Fi. Dit zorgt voor minder grote pakketten waardoor het stroomverbruik afneemt.

5. Data rates

Net zoals bij traditionele Wi-Fi kan er gekozen worden tussen verschillende bandbreedtes en data rates. De client en access point kunnen dit zelf kiezen naargelang hun noden. De Modulation and Coding Scheme (MCS) index is een unieke referentie naar een bepaalde combinatie van modulatie type en coding rate en bepaalt hoe hard het datasignaal gemoduleerd is. Een complexere en meer geavanceerde modulatie laat een hogere data rate toe maar hierdoor neemt het bereik in afstand wel af. Bovendien kan er ook nog gekozen worden tussen verschillende kanaalbreedtes en guard intervals (GI). Een breder kanaal betekent een grotere data rate en een smaller kanaal resulteert in een verder bereik. Het guard interval is de tijd die gebruikt wordt als pauze tussen het verzenden van pakketten. Een langere GI zorgt voor een betrouwbaardere communicatie. De verschillende instellingen die bijdragen tot de data rate zullen gekozen worden op basis van de omgeving. Zo zullen de client en access point hun ondersteunde mogelijkheden met elkaar delen en samen de beste optie kiezen. Indien de mogelijkheid bestaat om de data rate van de verbinding te verhogen door naar een grotere kanaalbreedte te gaan of een andere MCS te kiezen, zullen de client en access point dit doen als de RF condities goed zijn en als de verbinding nog kan blijven bestaan. Hierdoor wordt de data sneller verzonden en wordt er gemiddeld minder stroom verbruikt. Indien de afstand tussen de client en access point wordt vergroot zal de verbinding zwakker worden. Er zal dan automatisch overgeschakeld worden naar een lagere data rate. Wi-Fi HaLow laat data rates toe van 150kbps tot en met 86.7 Mbps. De maximum data rate is wel afhankelijk van de gebruikte apparatuur en plaatselijke regulering. Zoals eerder vermeld zijn bandbreedtes van 16 MHz in Europa (nog) niet mogelijk en ondersteunt bijvoorbeeld de gebruikte NRC7292 enkel 1, 2 en 4 MHz kanaalbreedte en een maximum data rate van 15 Mbps.

MCS Index	Modulation Type	Data Rate (Mbps)									
		1 MHz Channels		2 MHz Channels		4 MHz Channels		8 MHz Channels		16 MHz Channels	
		Long GI	Short GI	Long GI	Short GI	Long GI	Short GI	Long GI	Short GI	Long GI	Short GI
0	BPSK	0.30	0.33	0.65	0.72	1.40	1.50	2.90	3.30	5.90	6.50
1	QPSK	0.60	0.67	1.30	1.40	2.70	3.00	5.90	6.50	11.7	13.0
2	QPSK	0.90	1.00	2.00	2.20	4.10	4.50	8.80	9.80	17.6	19.5
3	16-QAM	1.20	1.30	2.60	2.90	5.40	6.00	17.6	19.5	35.1	39.0
4	16-QAM	1.80	2.00	3.90	4.30	8.10	9.00	17.6	19.5	35.1	39.0
5	64-QAM	2.40	2.70	5.20	5.80	10.8	12.0	22.3	23.6	48.6	52.0
6	64-QAM	2.70	3.00	5.90	6.50	12.2	13.5	26.3	29.3	52.7	58.5
7	64-QAM	3.00	3.30	6.50	7.20	13.5	15.0	29.3	32.5	58.5	65.0
8	256-QAM	3.60	4.00	7.80	8.70	16.2	18.0	35.0	39.0	70.2	78.0
9	256-QAM	4.00	4.40	/	/	18.0	20.0	43.3	43.3	78.0	86.7
10	BPSK	0.15	0.17	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabel 1: Wi-Fi HaLow data rates

VOLG ONS

www.thomasmore.be
fb.com/ThomasMoreBE
#WeAreMore

THOMAS MORE