

사물인터넷 환경에서 부하 경감을 위한 그룹 토픽 기반 MQTT 메시지 통합 기법에 관한 연구

서운찬(*), 김의직(*), 강인혁(**), 이솔비(***), 권정혁(***)

(*) 한림대학교 소프트웨어학부, {20215169, ejkim32}@hallym.ac.kr

(**) 한림대학교 융합소프트웨어학과, M23522@hallym.ac.kr

(***) 한림대학교 스마트컴퓨팅연구소, {thfqla3535, jhkwon}@hallym.ac.kr

1. 서론

사물인터넷(Internet of Things, IoT) 환경에서는 다수의 센서 장치가 메시지를 송수신하며 이로 인해 네트워크에 높은 부하가 발생한다. 이러한 환경에서는 Pub/Sub 구조를 지원하며 전송 오버헤드가 적은 경량 프로토콜인 Message Queuing Telemetry Transport(MQTT)를 주로 사용하고 있다 [1]. 하지만 기존 MQTT 프로토콜에서는 토픽을 개별적으로 구독해야 하며, 와일드카드를 사용할 경우에도 내부적으로 각 세부 토픽을 분리하여 처리한다. 결과적으로 토픽 개수가 증가할수록 브로커-클라이언트 간 전송되는 메시지 건수가 늘어나므로 네트워크 부하가 커지는 한계가 있다.

이에 본 논문에서는 그룹 토픽 기반 MQTT 메시지 통합 기법을 제안한다. 제안 기법은 토픽을 논리적으로 그룹화하여 클라이언트가 하나의 그룹을 구독함으로써 관련 데이터를 통합 메시지 하나로 수신할 수 있도록 한다. 제안 기법의 우수성을 확인하기 위해서 오픈소스를 활용한 구현 및 실험을 진행하였다.

2. 그룹 토픽 기반 MQTT 메시지 통합 기법

본 논문은 상위 토픽 단위의 논리적 그룹화를 통해 MQTT 메시지를 통합·전송하는 그룹 토픽 통합 기법을 제안한다. 제안 기법에서는 클라이언트(Subscriber)가 여러 상위 토픽을 하나의 그룹으로 묶은 뒤 해당 그룹을 구독 요청하면 브로커가 그 그룹에 속한 토픽의 페이로드를 통합하여 단일 통합 메시지로 발행한다. 구체적으로, 클라이언트는 그림 1과 같이 먼저 브로커에 Topic A, Topic B, Topic C를 묶는 그룹 토픽 생성 요청(REQUEST)을 보낸다. 브로커는 요청을 승인하고 요청에 포함된 토픽들

이 존재하는지 확인하고 각 토픽을 매칭하여 그룹 토픽(/group/ABC)을 생성한다. 응답(RESPONSE) 메시지에 그룹 토픽 URI를 포함하여 전송한다.

이어서 클라이언트는 해당 그룹 토픽인 /group/ABC를 구독 (SUBSCRIBE)하고 센서 장치들 (Publishers)로부터 각각 Topic A, Topic B, Topic C에 해당하는 페이로드를 전송받는다. 브로커는 개별 페이로드를 수신한 후, 하나의 페이로드로 통합하는 과정을 거친다. 재구성된 통합 페이로드는 그룹 토픽에 맞게 단일 메시지 형태로 만들어지며, 이를 그룹 토픽으로 발행함으로써 클라이언트는 별도로 각 상위 토픽을 구독하지 않아도 한 번의 구독으로 세 개 상위 토픽의 모든 데이터를 동시에 수신할 수 있다.

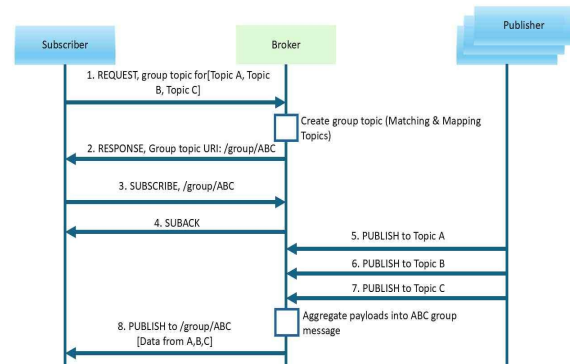


그림 1. 논리적 그룹화 및 통합 MQTT 메시지 흐름

3. 구현 및 실험

제안 기법의 우수성을 확인하기 위해 오픈소스를 활용한 구현 및 실험을 진행했다. Java 기반 Publisher, Node.js

s 기반 Subscriber, Mosquitto 기반 MQTT 브로커로 구성된 MQTT 시스템을 구축했다. Publisher는 공공데이터 포털을 통해 온도, 습도, 미세먼지 정보를 수집했다. 온도와 습도는 기상청의 초단기 실황 API를 활용하였고, 미세먼지 정보는 환경부의 대기오염 실시간 측정 API를 통해 확보했다. 이렇게 수집한 각 데이터는 20초 주기로 MQTT 브로커에 전송되었다. 기존 기법 Subscriber는 개별 토픽(tmp, humi, pm)을 각각 구독하고, 제안 기법은 그룹 토픽(sensors/group1)으로 구독한다. 기존 기법 Publisher는 개별 토픽으로 전송하고, 제안 기법은 JSON 형태로 통합하여 그룹 토픽으로 전송한다.

그림 2는 Wireshark를 활용해 100초간 수집된 메시지의 전송 내용을 보여준다. 그림에서, (A) 기존 기법의 경우, 20초마다 3개의 개별 메시지(64+64+60=188bytes)가 전송되어, 총 18개 메시지 전송이 발생했다. (B) 제안 기법의 경우, 20초마다 1개의 그룹 통합 메시지(98bytes)가 전송되어 총 6개의 메시지 전송이 발생했다. 이는 메시지 수가 약 67% 감소하고, 한 번의 온도, 습도, 미세먼지 정보 전송 과정에서 발생하는 오버헤드가 약 48% 감소했다.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
2	0.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
3	0.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
4	20.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
5	20.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
6	20.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
7	40.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
8	40.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
9	40.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
10	60.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
11	60.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
12	60.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
13	80.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
14	80.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
15	80.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
16	100.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
17	100.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
18	100.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
19	120.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
20	120.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
21	120.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
22	140.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
23	140.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
24	140.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
25	160.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
26	160.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
27	160.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
28	180.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
29	180.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
30	180.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
31	200.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
32	200.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
33	200.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
34	220.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
35	220.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
36	220.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
37	240.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
38	240.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
39	240.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
40	260.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
41	260.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
42	260.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
43	280.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
44	280.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
45	280.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
46	300.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
47	300.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
48	300.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
49	320.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
50	320.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
51	320.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
52	340.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
53	340.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
54	340.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
55	360.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
56	360.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
57	360.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
58	380.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
59	380.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
60	380.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
61	400.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
62	400.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
63	400.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
64	420.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
65	420.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
66	420.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
67	440.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
68	440.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
69	440.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
70	460.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
71	460.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
72	460.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
73	480.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
74	480.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
75	480.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
76	500.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
77	500.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
78	500.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
79	520.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
80	520.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
81	520.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
82	540.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
83	540.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
84	540.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
85	560.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
86	560.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
87	560.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
88	580.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
89	580.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
90	580.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
91	600.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
92	600.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
93	600.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
94	620.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
95	620.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
96	620.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
97	640.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
98	640.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
99	640.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
100	660.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
101	660.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
102	660.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
103	680.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
104	680.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
105	680.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
106	700.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
107	700.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
108	700.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
109	720.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
110	720.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
111	720.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
112	740.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
113	740.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
114	740.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
115	760.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
116	760.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
117	760.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
118	780.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
119	780.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
120	780.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
121	800.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
122	800.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
123	800.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
124	820.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
125	820.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
126	820.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
127	840.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
128	840.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
129	840.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
130	860.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
131	860.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
132	860.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
133	880.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
134	880.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
135	880.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
136	900.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
137	900.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
138	900.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
139	920.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
140	920.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
141	920.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
142	940.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
143	940.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
144	940.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
145	960.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
146	960.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
147	960.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]
148	980.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [tmp]
149	980.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	64	Publish Message [humi]
150	980.000000	127.0.0.1	127.0.0.1	MQTT	60	Publish Message [pm]

그림 2. Wireshark를 활용한 메시지 전송 내용 캡처
(A) 기존 기법 - 개별 토픽 전송 방식
(B) 제안 기법 - 그룹 토픽 통합 전송 방식