

PNU WiFi 무선랜 서비스 품질 분석 및 개선 연구



분과: C (네트워크/시스템)

Team: 무야호

부산대학교 전기컴퓨터공학부 정보컴퓨터공학전공

School of Electrical and Computer Engineering, Computer Engineering Major

Pusan National University

2021년 7월 30일

지도교수: 김 종 덕

목 차

1. 요구조건 및 제약사항 분석에 대한 수정사항	3
1.1 요구조건	
1.2 제약사항 분석에 대한 수정사항	
2. 설계 상세화 및 변경 내역	4
2.1 MATLAB 시뮬레이션	
3. 갱신된 과제 추진 계획	5
4. 구성원별 진척도	6
5. 보고 시점까지의 과제 수행 내용 및 중간 결과	6
5.1 데이터 수집 및 정리	
5.2 MATLAB 시뮬레이션 코드 분석 및 수정	
5.2.1 시뮬레이션 도구	
5.2.2 시뮬레이션 구성	
5.2.2.1 환경 설정	
5.2.2.2 시각화	
5.2.2.3 실행	
5.2.3 시뮬레이션 과정	
5.2.4 시뮬레이션 수정 후 결과	

1. 요구조건 및 제약사항 분석에 대한 수정사항

1.1 요구조건

본 과제는 PNU WiFi 서비스 상태를 분석해 서비스 품질 저하 원인을 파악하고 무선랜 서비스의 자원 할당 최적화 전략을 수립하여 서비스 전체의 품질을 향상하는 것을 목표로 한다. 또한 전체 시간대의 데이터를 가지고 있으므로 어느 한 시점에서의 최적화가 아닌 모든 시점에서 고려했을 때의 최적화 전략을 수립하는 것을 목표로 한다. 이에 다음 세 가지 요구조건을 두었다.

첫 번째 요구조건은 무선랜 서비스 상태를 분석하는 기술을 개발하는 것이다. MATLAB의 WLAN Toolbox를 활용해 교내 무선랜 서비스 상태를 분석하는 기술을 개발한다.

두 번째 요구조건은 무선랜 서비스 자원 할당 최적화 문제를 정의하는 것이다. 무선랜 서비스의 자원이 고르게 할당되어 사용자들의 데이터 처리량을 향상시키는 것을 목표로 하며, 이에 필요한 AP의 최소 개수를 산정하고 최적의 배치 방법을 제시하는 것을 문제로 정의한다.

세 번째 요구조건은 최적화 전략을 제안하는 것이다. AP의 최소 개수를 산정하고 최적의 배치 방법을 찾기 위한 최적화 전략을 제안한다.

1.2 제약사항 분석에 대한 수정사항

기존에 시뮬레이션의 결과로 도출되던 각 AP의 Throughput과 Packet Loss Ratio보다 STA을 기준으로 여러 결과들을 도출하는 것이 본 과제의 무선랜 서비스 자원 할당 최적화 전략을 찾기에 더 용이하다고 판단해 각 STA 기준 Throughput, Packet Loss Ratio, Packet Latency에 추가적으로 Packet Delivery Ratio, Packet Error Ratio를 그래프로 시각화하였다.

또한 최적의 AP 배치 방법을 찾기 용이하도록 AP 커버리지 중첩을 직관적으로 확인하기 위해 교내 건물을 모델링한 것에 추가적으로 AP 커버리지도 시각화 할 예정이다.

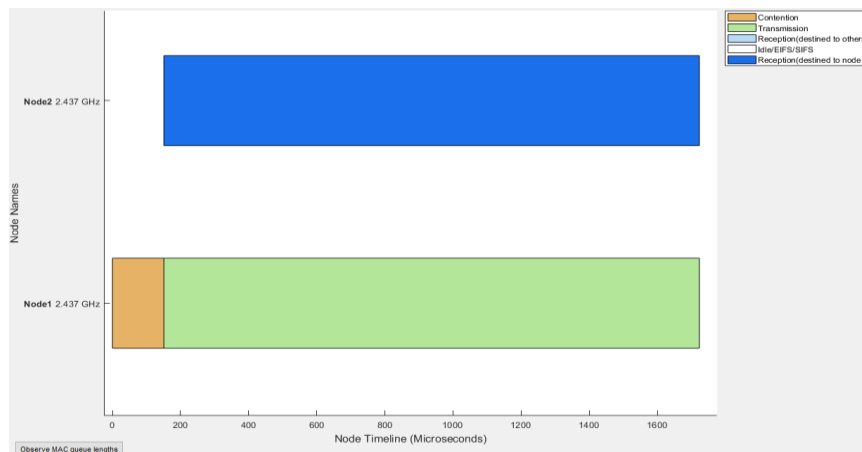
그리고 착수보고서에서 제안했던 강화학습을 이용해 최적화 전략을 찾기에는 반복적으로 매우 많은 시뮬레이션을 진행해야 하기 때문에 시간적인 한계가 존재한다. 따라서 강화학습에 앞서 휴리스틱한 알고리즘을 적용해 시뮬레이션을 진행할 예정이다.

2. 설계 상세화 및 변경 내역

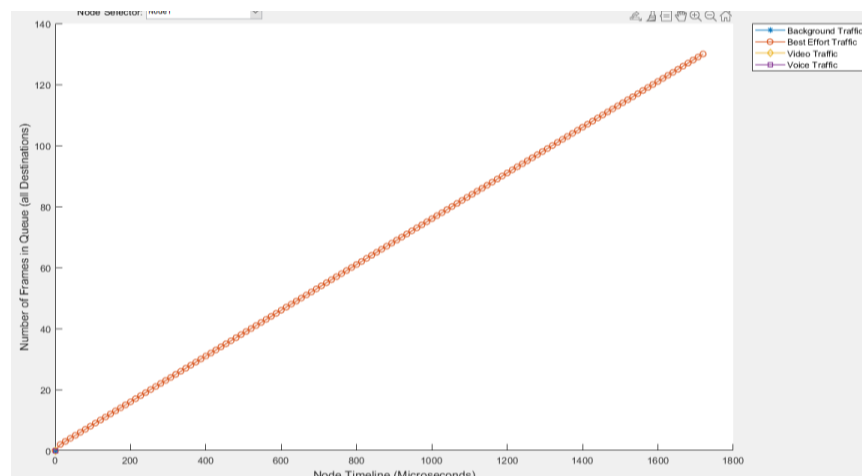
2.1 MATLAB 시뮬레이션

부산대학교의 모든 건물을 모델링한 후 시뮬레이션을 진행하기에 시간적 한계가 존재하므로 새벽별 도서관에 대해 우선적으로 시뮬레이션을 진행하였다. 새벽별 도서관은 사람이 많이 모이는 곳이므로 자원 경쟁이 심한 곳을 우선적으로 해결한 후 사람이 적은 공간 또한 선정해서 해결할 예정이다.

그리고 현재 시뮬레이션을 진행하는 과정에서 오랜 시간이 걸리는 문제가 있어 시뮬레이션 시간 성능을 개선할 필요가 있다. 현재 전송 과정에서 전송 진행 상황에 비해 프레임은 만드는 주기가 너무 짧아 프레임 전송 중에 계속해서 새로운 프레임을 만들어 Queue에 대기하고 있는 것이 원인이라고 판단되어 주기를 조절해가며 시뮬레이션을 진행할 예정이다.



[그림1] Node간의 전송 진행 상황



[그림2] Queue에 대기 중인 프레임 수

3. 갱신된 과제 추진 계획

5월		6월				7월					8월				9월			
3주	4주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	5주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주
WiFi 6 및 관련 지식 스터디																		
교내 건물 구현																		
		PNU WiFi 데이터 정리																
		교내 건물 시뮬레이션																
				시뮬레이션 결과 분석														
						중간보고서 작성												
											최적화 알고리즘 구현							
											알고리즘 적용 및 시뮬레이션							
											성능 평가 및 비교							
													문제점 파악 및 오류 수정					
															최종 발표/보고서 준비			

4. 구성원별 진척도

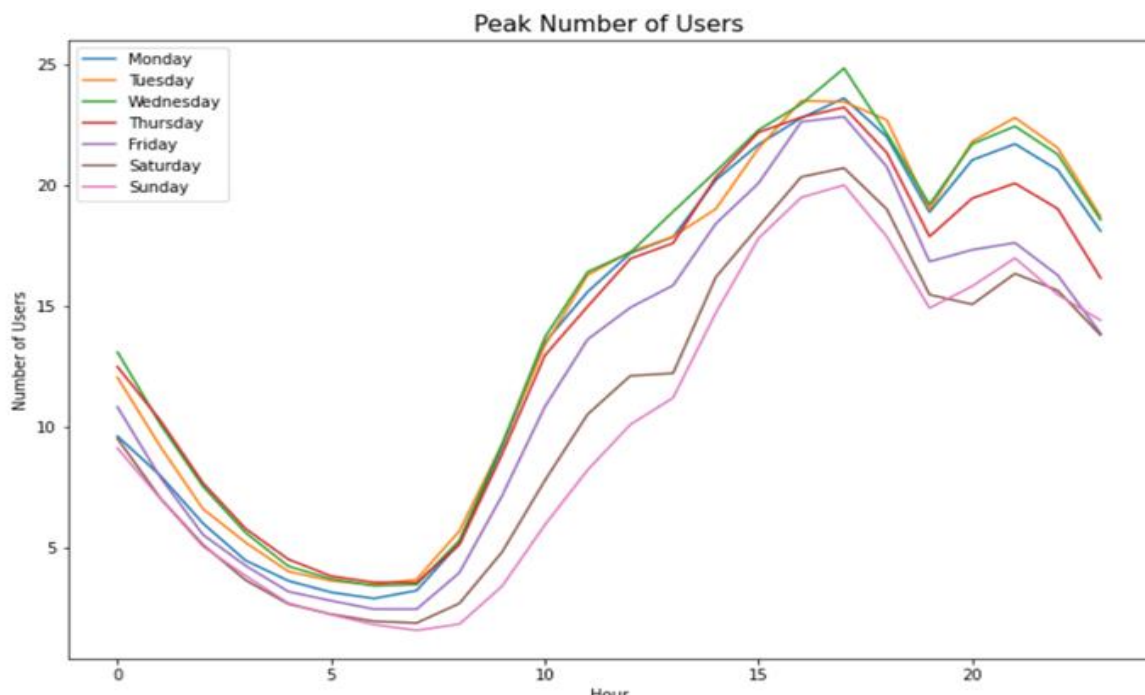
이름	진척도
곽민수	<ul style="list-style-type: none"> ● MATLAB을 이용한 부산대학교 교내 건물 환경 구현 완료 ● MATLAB을 이용한 부산대학교 교내 AP 환경 구현 완료 ● 최적화 정보 시각화 시스템 개발 예정
김도형	<ul style="list-style-type: none"> ● 시뮬레이션 동작 및 결과 시각화 완료 ● 시뮬레이션 Channel Utilization 시각화 중 ● 시뮬레이션 동작 시간 개선 중
이예경	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019년 PNU WiFi 사용 현황 데이터 수집 및 정리 완료 ● 시뮬레이션에 도출한 데이터 적용 완료 ● 동적 Station 환경 구현 예정

5. 보고 시점까지의 과제 수행 내용 및 중간 결과

5.1 데이터 수집 및 정리

PNU-WiFi 상태를 분석하기 위해 부산대학교 정보화본부로부터 AP 사용 현황 데이터를 받아 수집 및 정리를 완료했다.

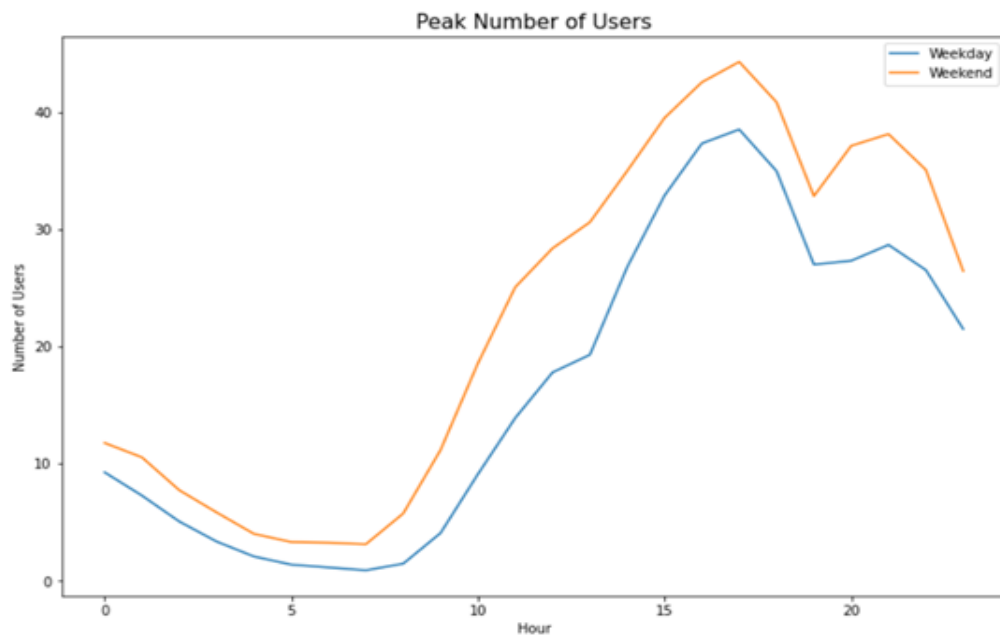
원본 데이터는 2019년 6월 1일 00:00부터 2020년 3월 31일 23:00까지 데이터가 수집되어 있다. 하지만 2020년 1월부터 코로나 바이러스가 확산됨에 따라 캠퍼스 내 네트워크 이용자 수가 줄어들어 2019년 12월 31일 23:00까지의 데이터를 취급한다. 데이터 요소 중 AP의 위치(Map Location), 이름(AP Name), 시간(Time), 단위 시간 동안 최대 이용자 수(Peak Number of Users)를 이용한다.



[그림3] 요일별 시간에 따른 최대 이용자 수

위 그래프는 요일별로 시간에 따른 최대 이용자 수를 나타낸 것이다. 그래프로부터 이용자 수는 요일, 시간에 따라 주기성을 가지는 것이 확인되었다. 평일보다 주말에 이용자가 많고, 이른 새벽이나 아침보다 점심시간, 저녁시간에 이용자가 많다. 따라서 요일을 평일 주말로 구분하고 1시간마다 최대 이용자 수를 평균 낸다. 방법은 아래와 같이 진행된다.

원본 데이터의 Map Location 데이터를 이용해 건물별로 데이터를 추출한 후, AP Name 데이터를 수집하여 AP별로 데이터를 정리한다. weekday컬럼을 이용해 평일 주말을 구분하고 구분된 각각의 데이터에 대해 Peak Number of Users 데이터를 추출한다. 와이파이 대역에 관계 없이 최대 이용자 수를 구하기 위해 2.4GHz와 5GHz 이용자 수를 합한 후 24시간 단위로 데이터를 잘라 평균을 낸다. 아래는 새벽별 도서관의 최대 이용자 수를 평균 낸 결과 그래프와 데이터 예시이다.



[그림4] 평일, 주말 시간에 따른 최대 이용자 수

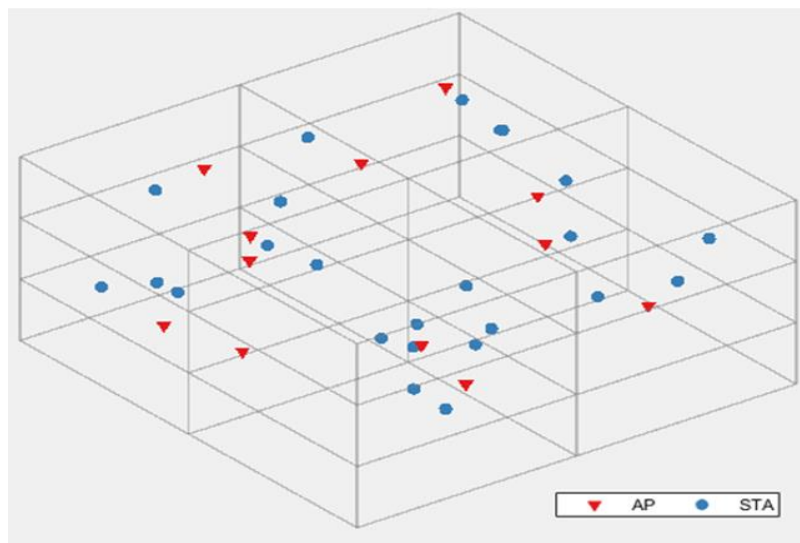
	16AP-420-1-3		11S-420-1-2		11S-420-1-1		16AP-420-2-1	
	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend
0	7.236842	5.709677	2.000000	1.903226	0.500000	0.451613	5.460526	4.709677
1	3.736842	3.032258	1.131579	0.806452	0.427632	0.241935	4.098684	3.338710
2	2.552632	2.112903	0.809211	0.661290	0.256579	0.241935	3.072368	2.483871
3	1.881579	1.645161	0.644737	0.516129	0.223684	0.193548	2.157895	1.709677
4	1.348684	1.048387	0.421053	0.338710	0.190789	0.080645	1.585526	1.241935
5	1.197368	1.000000	0.348684	0.306452	0.111842	0.032258	1.453947	0.935484
6	1.230263	0.967742	0.421053	0.274194	0.164474	0.016129	1.335526	0.919355
7	1.375000	0.919355	0.539474	0.290323	0.164474	0.064516	1.381579	0.838710
8	2.289474	1.209677	1.019737	0.564516	0.230263	0.032258	2.513158	1.629032
9	4.868421	2.258065	2.184211	1.048387	0.875000	0.209677	4.776316	3.016129
10	5.447368	2.935484	2.355263	1.274194	2.789474	0.806452	5.763158	3.790323
11	6.572368	3.354839	2.565789	1.596774	4.098684	1.354839	6.184211	3.919355
12	9.046053	4.919355	3.519737	2.209677	4.848684	1.709677	6.901316	4.419355
13	9.763158	6.032258	4.026316	2.548387	5.940789	1.629032	7.197368	4.790323
14	9.473684	5.790323	3.546053	2.370968	6.539474	0.725806	7.493421	5.725806
15	9.111842	5.951613	3.460526	2.322581	6.750000	0.500000	7.881579	5.919355
16	7.769737	6.016129	3.046053	2.354839	6.914474	0.612903	7.539474	6.548387
17	9.401316	6.693548	3.519737	2.483871	6.855263	0.661290	8.276316	6.483871

[그림5] 각 AP별 평일, 주말 시간에 따른 최대 이용자 수

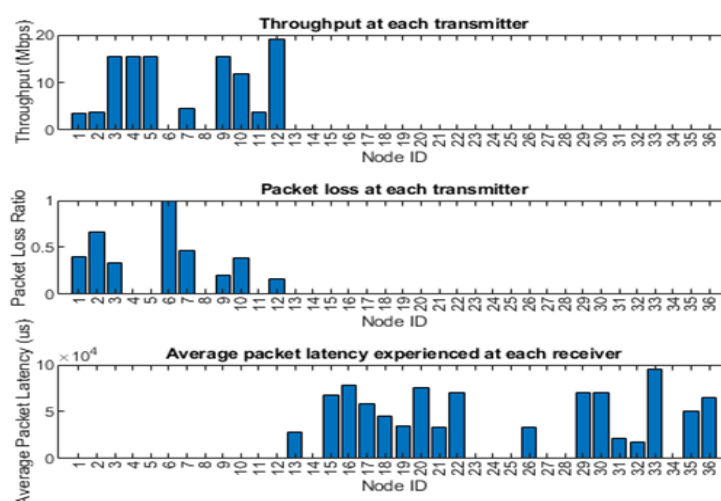
5.2 MATLAB 시뮬레이션 코드 분석 및 수정

5.2.1 시뮬레이션 도구

시뮬레이션을 진행하기 위해 MATLAB WLAN Toolbox를 사용했고, 교내 환경에 맞게 시뮬레이션 코드를 수정할 필요가 있어 기존 코드에 대한 분석을 진행했다. 기존 시뮬레이션의 주요 기능은 네트워크 및 채널을 구성하여 시나리오를 모델링하는 것과 다중 노드 WLAN 시스템을 시뮬레이션하고 결과값인 처리량(Throughput), 패킷 손실률(Packet Loss Ratio) 그리고 지연 시간(Packet Latency)을 그래프로 나타내는 것이다.



[그림6] 시나리오 모델링 예시



[그림7] 시뮬레이션 결과 그래프 예시

5.2.2 시뮬레이션 구성

시뮬레이션의 주요 기능을 세부 기능으로 나누었을 때 시뮬레이션은 환경 설정(Configuration), 시각화(Visualization), 실행(Execution) 세 부분으로 구성된다.

5.2.2.1 환경 설정

환경 설정 부분에서는 모델링할 건물에 대한 환경 설정과 네트워크 시뮬레이션에 사용되는 WLAN Node(AP와 STA)에 대한 환경 설정을 할 수 있다. 실제 건물의 도면을 통해 모델링에 쓰일 건물의 좌표와 건물에 위치한 AP의 좌표를 설정할 수 있다.

그리고 송신/수신 안테나의 환경 설정도 가능하다. 송신 안테나의 설정 요소에는 위치 뿐만 아니라 파워, 등방향성, 주파수 등이 있고 수신 안테나의 경우 위치, 수신감도, 등방향성 등을 설정할 수 있다.

그 다음으로 Node와 Traffic에 대한 환경 설정과 Path Loss 설정이 가능하다. Node 환경 설정에서는 각 Node의 MAC 계층과 PHY 계층에 대한 환경 설정을 할 수 있고, Traffic 환경 설정에서는 출발지 노드와 목적지 노드, 패킷 크기, 전송 속도 등의 노드 간의 Application Traffic에 대한 설정이 가능하다.

따라서 환경 설정 부분의 최종 결과인 WLAN Node들은 Application 계층, MAC 계층, PHY 계층, 대역, 채널 등의 정보를 가지고 있다.

5.2.2.2 시각화

시각화 부분은 환경 설정에서 받아온 건물 좌표를 이용해 실제 건물을 모델링하는 기능과 모델링한 건물 내에 AP와 STA들을 표시하는 기능, 시뮬레이션의 결과로 나온 데이터들을 그래프를 통해 시각화하는 기능을 한다. 건물을 모델링하는 과정에서는 좌표들을 연결해 삼각형을 만들고 그 삼각형들을 이어 붙이는 방식을 통해 원하는 면을 만들어 모델링이 이루어진다.

5.2.2.3 실행

실행 부분은 네트워크 시뮬레이션을 실행하는 기능이다. 시나리오 내에서 이루어지는 AP와 STA 사이의 패킷 전송 과정을 담당하며 전송 과정 중 결과에 쓰이는 데이터들을 기록하는 기능을 한다.

5.2.3 시뮬레이션 과정

먼저 실제 환경과 비슷한 환경을 모사하기 위하여 실제 건물의 도면을 통해 새벽별 도서관의 벽과 바닥에 대한 좌표를 설정하고 각 꼭짓점을 이어 여러 개의 삼각형을 이어 붙인 면을 통해 시각화 하였다. 이렇게 건물의 외벽을 만든 후 실제로 AP가 설치되어 있는 위치와 동일하게 가상 공간에도 AP를 위치시켰다.

환경 모사를 통해 AP의 위치 설정을 하였다면 그 다음으로 송/수신 안테나를 설정해준다. 안테나 설정이 끝나면 Node와 Traffic에 대해 설정한다. 이때, 설정한 내용들과 환경 모사의 좌표 등을 이용하여 Path Loss를 고려하도록 한다. 마지막으로 데이터 전송을 위해 Application Layer, MAC Layer 그리고 Physical Layer을 생성한다. 각 계층이 만들어지고 나면 node별로 Channel Manager을 설정해 준다.

모든 설정들이 끝나고 최종적으로 WLAN 노드들이 만들어지고 난 후 네트워크 시뮬레이션이 시작되고 시뮬레이션은 환경 설정에서 만든 각 계층을 Frame이 이동하며 그 과정을 데이터화 한다.

먼저, Application Layer에서 Packet을 생성하게 되는데, 이는 ON-OFF 상태에 따라 ON 상태에서 계속해서 Frame을 만들게 되고 OFF 상태는 더 이상의 Frame을 제작하지 않는다. ON이 동작하는 시간은 따로 설정이 가능하며 OFF는 일정 분포를 가지는 확률로 시간을 가지게 된다. Application Layer은 ON 상태에서 Next Invoke Time이라는 시간 간격마다 계속해서 Packet을 생성하고 생성된 Packet은 MAC Layer의 Queue에 전송하여 대기하게 된다.

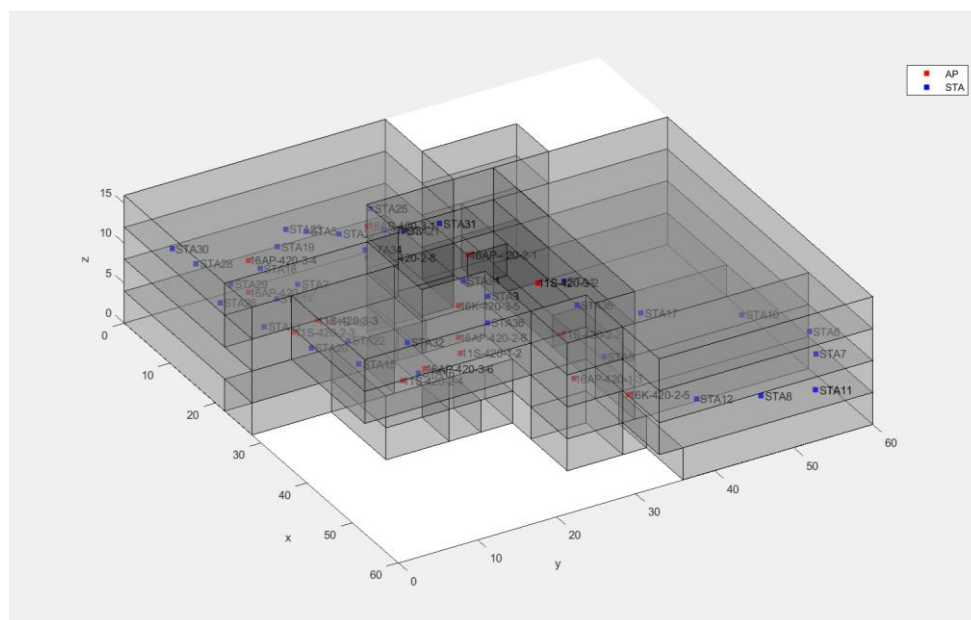
MAC Layer은 데이터의 충돌을 막기 위하여 EDCA를 사용하고 있다. 따라서 AIFS시간 동안 대기하며 전송 순서를 판단하고 Back Off시간 동안 추가로 대기한 후 전송을 시작한다. 데이터의 전송이 시작되기 전, Channel Manger에서 AP와 STA의 개수를 통해 H행렬을 만들어 알맞은 전송 방식을 선택하여 준다. 현재 Single User를 사용하고 있지만 Multi User의 방식을 차후 사용할 예정이다. 그리고 MAC Layer에서는 PHY Layer의 상태에 따라 전송여부를 판단한다.

데이터의 전송이 시작되면 MAC Queue안에 들어있던 Frame을 전송 Buffer(TxBuffer)에 넣어 주게 된다. 이를 추상화를 통해 Waveform으로 변환하여 전송하게 되고 도착한 Waveform은 수신 Buffer(RxBuffer)에 저장되어 Frame으로 다시 변환된다. 이때 전송과정의 시간정보를 각 MAC Layer로 전송하여 Transmitter의 전송 여부 판단과 Receiver의 수신 여부 판단을 진행한다. 위 과정을 각 노드 별로 진행하며 마지막으로 그래프를 통해 데이터를 시각화 한다.

5.2.4 시뮬레이션 수정 후 결과

환경 설정 단계에서는 교내 건물을 실제와 유사하게 모델링하기 위해 실제 새벽별 도서관의 도면을 바탕으로 건물 좌표와 AP 좌표를 구했다. 그리고 시뮬레이션 실행을 원하는 시간대(평일/주말, 0~23시간)를 입력한 후 최대 이용자 수를 기준으로 앞서 정리했던 데이터를 받아와 모델링할 건물의 각 층의 AP명에 따라 AP에 연결된 이용자 수를 구해 수신 범위에서 STA들을 랜덤으로 배치했다. 또한 기존에 설정되어 있지 않던 수신 범위를 최소 수신 감도일 때 송신 전력에 따른 Path Loss를 계산해 최대 범위를 약 90m로 설정했고, 격벽을 고려했을 때 최대 범위가 줄어드는 것을 확인했다.

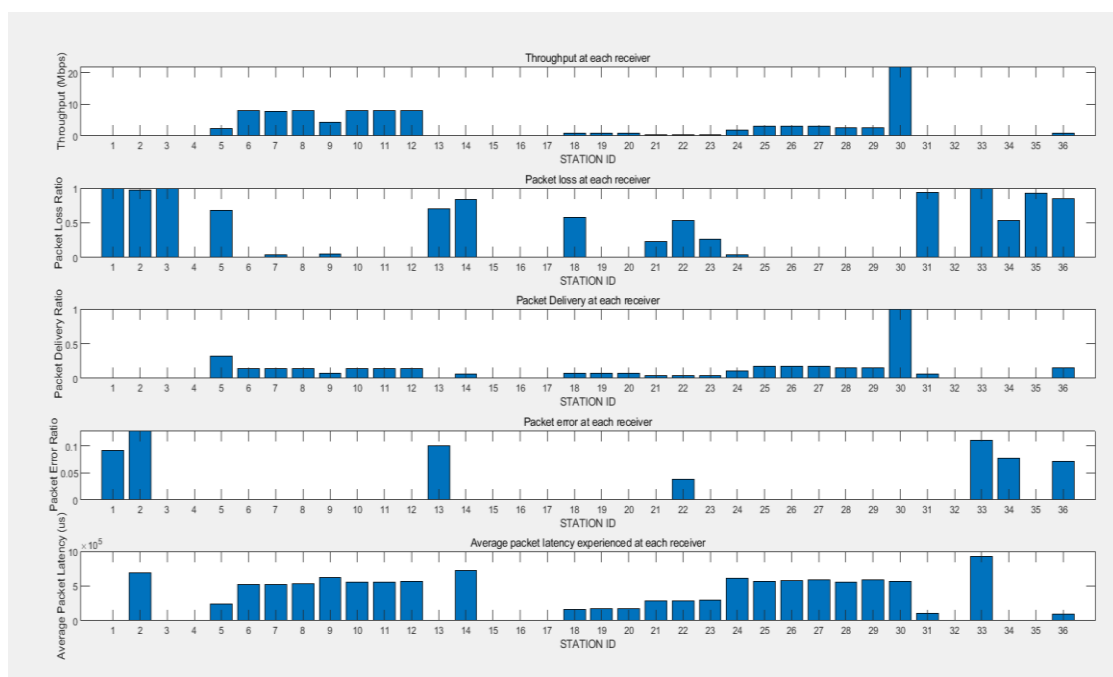
기존 시뮬레이션의 시각화 단계에서는 실제 교내 건물들과는 달리 단순한 육면체 건물만을 모델링 할 수 있었다. 그래서 기존 코드에서의 건물 모델링이 3차원 좌표들을 연결해 삼각형을 만들고 그 삼각형을 연결하는 순서에 따라 원하는 면을 만드는 방식이라는 것을 파악하고, 이러한 방식에 따라 원하는 다면체 모양의 방과 각 층에서의 복도, 바닥, 천장을 모델링 할 수 있도록 코드 수정을 하였다. 그리고 기존의 건물 모델링에서는 AP와 STA들을 색으로만 구분하고 각 노드 밑에 적힌 Node1, Node2 라는 이름으로는 AP와 STA를 구분하기 힘들었다. 그래서 각 노드들을 더 직관적으로 구분하기 위해 AP와 STA를 구분하여 AP들은 AP명을 그대로 밑에 적어주었고, STA들은 STA별로 STA1, STA2 라는 ID를 적어주었다. 그 후 환경 설정 단계에서 구한 건물 좌표들과 AP 좌표, 랜덤으로 생성된 STA 좌표를 토대로 새벽별 도서관을 모델링 하였다.



[그림9] 주말 오전 6시 새벽별 도서관 시각화

다중 노드 WLAN 시스템에서의 네트워크 시뮬레이션 결과 그래프에서 기존 시뮬레이션은 각 AP의 Throughput과 Packet Loss Ratio, 각 STA의 Packet Latency를 그래프로 나타내었다. 그러나 본 과제에서의 제약 사항들 중 모든 STA이 일정 수준의 Throughput을 넘어야 한다는 것과 함께 STA기준으로 여러 결과를 도출하는 것이 최적화 전략을 찾을 때 더 적합하다고 판단해 각 STA의 Throughput, Packet Loss Ratio, Packet Latency에 추가적으로 Packet Delivery Ratio, Packet Error Ratio 그래프를 구현했다.

그리고 이러한 결과를 도출하기 위해 시뮬레이션에서 각 AP에서 전송한 패킷 수, 전송을 성공한 패킷 수, 전송을 실패한 패킷 수, 재시도한 패킷 수, 수신된 패킷 데이터 bytes를 수집했고, 각 AP에서 전송한 패킷 수는 전송 성공한 패킷 수와 전송을 실패한 패킷 수, 재시도한 패킷 수로 이루어져 있다는 것을 확인했다. 따라서 각 STA의 Throughput은 수신된 데이터 bytes에 총 시뮬레이션 시간을 나눠서 구하고, Packet Loss Ratio는 전체 전송된 패킷 수에서 성공한 패킷 수를 뺀 비율, Packet Delivery Ratio는 전체 패킷에서 전송 성공한 패킷의 비율, Packet Error Ratio는 전체 패킷에서 전송 실패한 패킷의 비율, Packet Latency는 해당 패킷이 전송 완료되기까지 시뮬레이션이 진행된 시간에서 패킷을 전송 시작할 때의 시간을 빼줌으로써 패킷 전송에 걸리는 시간을 구했다.



[그림10] 시뮬레이션 결과 그래프