

실시간 비콘 데이터 라우팅 기술에 대한 연구

이 병 권*

*동국대학교 멀티미디어공학과
e-mail : sonic747@dongguk.edu

Study on the Real-Time Beacon data Routing technology

Byong-Kwon Lee*

*Dept of Multimedia Engineering, Dongguk University

요 약

건물 또는 실내에서 사용자의 위치를 찾는 스마트 측위 기술은 비콘 노드에서 발생하는 신호의 세기와 식별자 정보로 위치를 검색한다. 하지만 이러한 측위에 사용되는 데이터의 이동 경로는 비콘 노드의 에너지 량, 거리 및 홉 수를 고려하지 않고 설계된다. 또한, 실외와 달리 건물 내의 비콘 노드가 설치된 상황에 따라 데이터 경로가 사라져 데이터를 유실하는 경우가 많이 발생한다. 본 연구에서는 실시간으로 변하는 환경에서 노드의 에너지양, 노드간의 거리 및 홉 수를 고려해 효율적으로 전달하는 방법을 연구했다. 이로써 기존의 고정된 데이터 경로 모델에서의 발생하는 국부적인 에너지 손실 및 데이터 유실의 문제점을 개선했다.

1. 서론

사용자의 위치를 찾아주는 측위기술은 실외의 경우 GPS를 이용하고[1][2], 실내에서는 비콘 신호를 이용한 방식을 많이 사용한다[3].



(그림 1) 실내의 위치 측정

(그림 1)은 실내의 천장 및 벽에 비콘 노드를 설치해 측위 하는 방법과 실외의 위치 검색을 GPS를 통하여 하는 방식을 도식화 한 것이다.

본 연구에서는 실내의 위치측정 요소로 사용하는 신호의 세기 및 식별자 정보와 같은 데이터를 최적의 라우팅이 되도록 전달하는 상황 적응형 라우팅 방법을 연구했다. 이를 위해 의미적 판단이 가능한 퍼지(fuzzy)로직을 적용했다[4].

2. 실내 사용자 측위 측정

사용자의 측위를 측정하는 방식으로 고성능과 저-전력 측면에서 우수한 BLE(Bluetooth Low Energy)기술이 탑재된 블루투스 비콘(Beacon)방식을 사용한다[5]. <표 1>은 기존에 제안되고 연구하는 비콘 방식의 특징을 비교한 것이다.

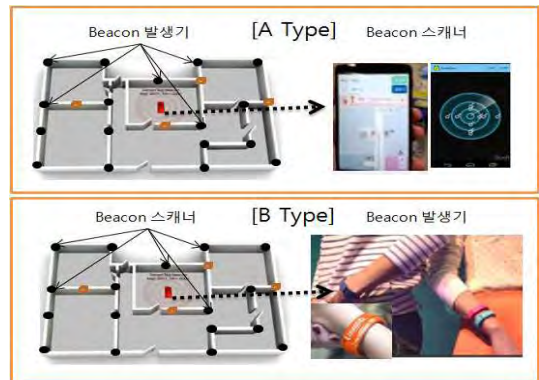
실내에서 사용자의 위치를 측정하는 방식으로 (그림 2)

와 같이 두 가지 형태를 고려할 수 있다. A형태는 비콘 신호를 스마트폰이 수집하고 측위한 방법과 비콘 발생기를 이용하여 신호를 발생시키고 비콘 스캐너를 통하여 수집하는 B형태가 있다.

<표 1> 비콘 방식 특징 비교

통신방식	데이터 전송속도	대역	변조방식	최대전송거리	소비전력
Blue tooth	1 - 10Mbps	2.4Ghz	주파수 호핑 방식의 스펙트럼 확산기술(최대 1,600호핑/sec)	10-100m	30mA
WiFi	2Mbps	2.4Ghz	주파수 호핑 방식의 스펙트럼 확산기술	100m	1W
IrDA	4Mbps	적외선	4단계PPM/16단계PPM	3.8m	수mA

본 연구에서는 (그림2)의 B형태의 측위 기술 구성시 데이터의 이동을 보다 효율적으로 전송하는 방법에 대하여 연구했다. A형태의 경우 BLE를 지원하는 스마트기기를 사용해야하는 전제 조건과 측위시 정확도가 떨어지는 문제가 발생한다[6].

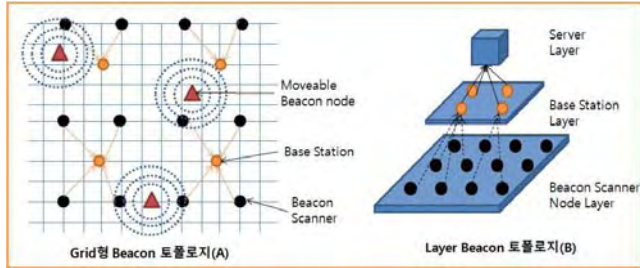


(그림 2) 사용자 측위 A, B 유형

3. 최적의 비콘 데이터 전송

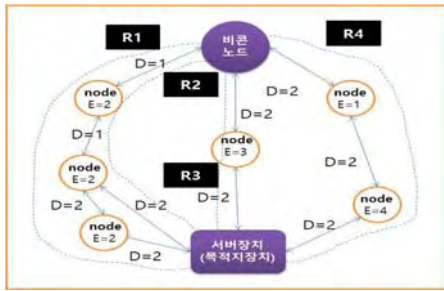
3.1 비콘 데이터 전송

(그림3)은 비콘 노드의 토폴로지 구성으로 비콘 스캐너가 천정 또는 벽에 부착되고 이동하는 비콘 신호를 검색한다. 이때 [신호의세기, ID, 에너지의 양] 정보를 수집해 Base-Station에 전달하고 Base-Station은 수집된 정보를 Server 장치에 전달하여 사용자의 위치를 결정한다.



(그림 3) 비콘 노드 토폴로지 구성

(그림4)는 최적의 라우팅 경로를 찾기 위한 조건을 제시한 것이다. 본 연구에서는 라우팅 경로를 결정하는 조건으로 노드에 잔류한 에너지(E:Energy), 노드와 노드상의 거리(D:Distance), 데이터를 전달하려는 홉 수(H:Hop)의 세 가지 요소를 이용하여 최적의 라우팅 경로를 결정했다.



(그림 4) 라우팅 경로 토폴로지

(그림4)에서 비콘노드 데이터가 최종 목적지 장치까지 이동할 때 만들어질 수 있는 경로는 에너지, 거리 및 홉 수를 고려한 R1(E=6,D=6,H=4), R2(E=4,D=3,H=3), R3(E=3,D=2,H=2), R4(E=5, D=6, H=3)의 네 가지 경우를 고려할 수 있다. 최대 에너지만을 고려한 경우 선택된 라우팅 경로는 에너지의 합이 큰 R1이고, 최소 거리로 라우팅 경로를 선택하면 거리가 가장 짧은 R2가 선정된다. 그리고 최소 홉 수를 기준으로 선택된 라우팅 경로는 R3이다. 이와 같이 라우팅 경로 선택 조건에 따라 선정된 경로가 다르므로, 경로 선택 조건을 서로 보완할 수 있는 의미적인 해석이 필요하다.

<표 2>은 (그림4)의 라우팅 경로들에 대하여 라우팅 조건들을 의미적 해석(퍼지로지화)하여 우선순위를 작성한

<표 2> 라우팅 경로 검색

R	Collected values			Convert to Fuzzy Logic			Priorities
	E	D	H	E	D	H	
R1	6	6	4	High	High	Medium	3
R2	4	3	3	Medium	Little low	Little Low	1
R3	3	4	2	Low	Medium	Low	2

R4	5	6	3	Little high	High	Little Low	3
----	---	---	---	-------------	------	------------	---

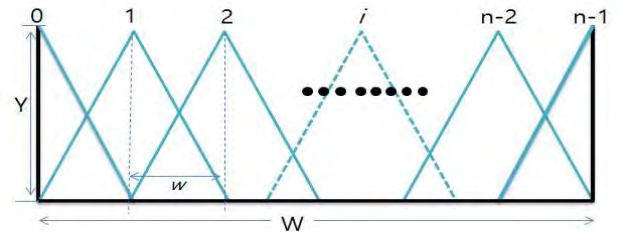
것이다.

<표 2>의 작성 기준은 에너지, 거리, 홉 수의 합에 대하여 작성했고, 퍼지화에 대한 언어 집합의 기준으로 "1:Very Small, 2: Low, 3:Little Low, 4: Medium, 5: Little High, 6: High, 7:Very High"로 표현했다. 경로 우선순위 결정 조건으로 에너지는 크면 좋고, 거리와 홉 수는 낮을수록 좋다. R1과 R4의 경우 우선순위는 3이다. 이 경우 에너지 면에서 R4보다 R1이 1만큼 우수하지만 홉 수면에서 R4가 1만큼 우수해 동등한 우선순위를 갖는다. R2와 R3을 비교할 때 에너지와 거리 면에서 R2가 R3보다 우수하다. 최종적으로 에너지, 거리, 홉 수를 고려해 볼 때 R2의 경로가 우수하다고 판단된다.

본 연구에서 비콘 데이터의 최적의 경로 선정시 의미(sentence) 해석연산을 통하여 결정하도록 한다.

3.2 퍼지화기 입력 변수 선정

비콘 데이터 퍼지화기의 입력변수로 노드의 에너지, 거리, 홉 수에 대하여 연산을 수행한다. 퍼지화기 설계는 조건부와 결론부의 퍼지 집합을 (그림 5)와 같은 삼각함수로 표현한다. 노드의 에너지, 거리 및 홉 수에 고려한 퍼지 집합의 수를 n, 퍼지 소속 함수 제어 값의 범위를 Y, 입력 값의 폭을 W, 입력 또는 출력 변수를 $x(0 < x < W)$, 소속 함수 $f(x)(0 < f(x) < Y)$ 로 정의한다. (그림 5)는 에너지, 거리 및 홉 수 중 비콘 노드에 존재하는 잔량 에너지에 대해 퍼지 Rule를 정의한 것이다. w는 (n-1) 개의 구간 중 하나의 폭을 의미하며 (식 1)과 같이 표현될 수 있다.



(그림 5) 비콘 노드 에너지(E)에 대한 퍼지 규칙

$$w = \frac{W}{n-1} (0 \leq i < n-1) \quad (1)$$

(그림 5)에서 $i(0 < i < n-1)$ 번째 퍼지 집합에 대한 소속 함수 $f_i(x)$ 는 양의 기울기를 갖는 일차 방정식과 음의 기울기를 갖는 일차 방정식의 조합으로 표현된다(식 2).

$$f_i(x) = \begin{cases} \frac{Y}{w}x - (i-1)Y & \text{if } x = ((i-1)w \leq x < iw), \\ -\frac{Y}{w}x + (i+1)Y & \text{elseif } x = (iw \leq x < (i+1)w), \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

3.3 의미지적 해석 규칙 생성

상황 적응형 비콘 데이터 전달을 위한 라우팅 규칙 생성은 입력 변수에 대한 조건부 퍼지 집합을 결론부 퍼지 집합으로 연결하는 규칙들의 집합이다. 에너지에 대한 규칙수를 R_E , 거리에 대한 규칙수를 R_D , 흡 수에 대한 규칙 수를 R_H , 그리고 결론부 규칙수를 R_O 로 가정한다.

퍼지화기를 통하여 입력되는 값 중 에너지의 값 e 이고 이 대한 입력 범위를 W_e , 거리 d 와 흡 수 h 에 대한 입력 범위를 각각 W_d, W_h 로 가정한다.

이때 입력된 값 e, d, h 가 속하는 규칙 번호는 (식 3)과 같이 결정된다. 여기서 $[x]$ 는 x 를 넘지 않는 정수 이고, $i=(0<i<R_E), j=(0<j<R_D), k=(0<k<R_H)$ 이다.

$$\begin{aligned} i &= \left\lfloor \frac{(R_E-1)e}{W_e} \right\rfloor, & (\text{식 3}) \\ j &= \left\lfloor \frac{(R_D-1)d}{W_d} \right\rfloor, \\ k &= \left\lfloor \frac{(R_H-1)h}{W_h} \right\rfloor. \end{aligned}$$

본 연구에서는 세 가지의 입력 변수를 3차원 공간으로 해석하여 원점에서 해당 규칙 번호(i, j, k)까지의 거리를 결론부 규칙 수로 나누어 결론부 규칙 번호를 결정했다. 이와 같이 구한 결론부 규칙번호 l (식 4)와 같다.

$$l = \left\lfloor \frac{\sqrt{i^2 + j^2 + k^2}}{\sqrt{R_E^2 + R_D^2 + R_H^2}} \cdot R_O \right\rfloor, \text{there } 0 \leq j < R_O \quad (\text{식 4})$$

예를 들어, $R_E=R_D=R_H=4, W_e=W_d=W_h=0\sim60, R_O=11, e=10, d=40, h=24$ 일 때 i, j, k 는 각 $[0.5]=0, [1.2]=1, [2.0]=2$ 이고, $l=[4.73]=4$ 이다. 그러므로 결론부 규칙 4번째와 연결된다.

이 과정은 실수 연산을 포함하고 있어, 비콘 노드에서 수행하는 경우에 실수 연산에 대한 부하가 발생한다. 이 문제를 해결하는 방법은 다음과 같이 두 가지 방법이 있다. 첫 번째는 좌표계산 매칭방법(indexing)과, 두 번째는 3차원공간에서 직선사각 거리를 구하는 방법이 있다. 첫 번째 방법인 매칭값 방법은 미리계산해둔 값을 메모리에 저장했다가 해당하는 값을 가져오는 방식이다. 두 번째는 3차원 공간거리 $\sqrt{i^2 + j^2 + k^2}$ 대신에 직선 사각거리 $i + j + k$ 를 사용하여 계산을 간소화하는 것이다.

4. 결론

실내에서 사용자의 위치를 측위는 실외보다 많은 기술과 연산이 필요하다. 또한 대부분이 실내 위치 측정 기술은 스마트 기기를 통하여 측위를 하는데 아직 까지 BLE 모드(블루투스 4.0)를 지원하는 스마트기기에서 만 가능하다.

본 연구에서는 사용자가 실내 및 건물에 입실했을 때 사용자의 위치측정에 필요한 데이터를 다중 노드 상에서 효

과적으로 목적지에 전달하는 방법을 연구했다.

이 기술은 상황 적응형 방식으로 실내에 설치된 노드의 제약조건(신호의세기, 에너지의 잔량, 거리)을 실시간으로 판단해 최적의 경로를 선정한다. 이러한 최적의 경로를 선정하기 위해 노드의 잔량 에너지, 노드사이의 거리 및 노드간의 흡 수를 기반으로 퍼지화기의 입력변수로 하여 최적의 경로를 선정(비퍼지화 결정변수)하도록 했다. 향후 연구과제로 실제 퍼지화기를 설계하여 다른 무선 센서 라우팅 프로토콜과 비교하는 평가가 필요하다[7]. 또한, 실제 비콘 스캐너 노드 센서를 설계하여 상품화가 필요하다.

참고문헌

[1] Theiss, A, David C. Yen, and Cheng-Yuan Ku. (2004), "Global Positioning System: an analysis of applications, current development and future implementations", Science Direct. 9th Jun (2004)

[2] McNeff, J. (2002), "The Global Positioning System", IEEE Transactions on Microwave theory and techniques, VOL 50, No.3, March 2002

[3] Bulusu. N, Heidemann. J, Estrin. D, Adaptive beacon placement, in: Proc. 21st IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, IEEE Computer Society, Los Angeles, CA, United States, 2001, pp. 489-498.

[4] L.-X. Wang, A Course in Fuzzy System and Control, Eng-lewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, 2004.

[5] Youcong Ni, A Profile for Step Data Transmission Based on Bluetooth Low Energy, Green Computing and Communications (GreenCom), 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCom), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, 20-23 Aug. 2013, pp.2043 - 2047.

[6] West, A. Smartphone, the key for Bluetooth low energy technology. Available online: <http://www.bluetooth.com/Pages/Smartphones.aspx> (accessed on 24 June 2012).

[7] J.Gao, Energy efficient routing for wireless sensor networks, Ph.D. Dissertation, UCLA 2001.