

FHSS 방식을 채용한 RFID 시스템의 충돌 확률 및 트래픽 처리 시간 해석

준회원 조해근*, 임연준*, 정회원 황인관*, 포철식**

Collision Probability and Traffic Processing Time Analysis for RFID System using FHSS Scheme

Hae-Keun Cho*, Yeon-June Lim* *Associate Members*,
In-Kwan Hwang*, Cheol-Sig Pyo** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 random FHSS, synchronous FHSS 방식을 채용한 RFID 시스템의 충돌 확률, 트래픽 처리시간 및 주파수 채널 용량 분석을 위한 알고리즘을 제시하였다. 평균 서비스 시간, duty cycle, traffic intensity, 충돌이 발생하여 재전송 시도를 하기 위한 지연시간을 고려하여 정상상태에서의 충돌 확률 및 트래픽 처리 지연시간을 산출하였다. 모의실험을 통하여 최대처리 가능한 트래픽 용량 및 주파수 채널수를 평가하고, 제안된 분석 알고리즘 정확성을 입증하였다.

Key Words : USN, RFID, FHSS, Collision probability, Traffic processing time, Traffic capacity

ABSTRACT

In this paper, a collision probability, processing time and traffic capacity analysis algorithm for RFID system using random FHSS and synchronous FHSS is proposed. Service time, duty cycle, traffic intensity and additional delay time required for re-transmission due to collision are considered and the processing delay and frequency channel capacity are analyzed for the steady state operation of the system. The simulation results which show maximum capacity of the system and explain the accuracy of the algorithm are provided.

1. 서 론

신성장 동력사업의 일환으로서 RFID(Radio Frequency Identification)를 기반으로 하는 USN(Ubiquitous Sensor Network)이 활발하게 연구되고 있다. 국가적으로는, 향후 사용 가능한 제공 서비스, 트래픽 모델, 전송방식 등에 따른 다양한 시스템 파라미터, 공유 주파수 대역에서의 이중 시스템 간섭 등에 대

한 종합적인 분석을 비롯하여, 현재 주파수 소모 대역폭뿐만이 아니라 향후 주파수 소모 대역폭에 대한 명확한 분석을 기반으로 하는 주파수 계획이 요구되고 있다.

이를 위해서는 전송방식 등 다양한 시스템 파라미터들을 사전에 정의하여, 충돌 확률(collision probability) 및 트래픽 처리시간(processing time) 등을 분석하여 소모 주파수 대역을 정확히 예측하

※ 이 논문은 충북대학교컴퓨터정보통신연구소의 학술연구비 지원 및 한국전자통신연구원의 위탁연구비 지원에 의하여 연구되었음.
(This work was supported by the research grants of the Chungbuk National University, and Electronics and Telecommunication Research Institute)

* 충북대학교 전자공학과({chohk, yjlim, ikhwang}@chungbuk.ac.kr), ** 한국전자통신연구원(cspyo@etri.re.kr)
논문번호 : KICS2006-11-477, 접수일자 : 2006년 11월 6일, 최종논문접수일자 : 2006년 12월 15일

여야 할 수 있어야 한다.

본 연구의 내용과 관련하여 미국의 경우에는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)방식의 용량분석을 위한 연구결과가 Auto-ID 센터의 기술 문서^[1]에 제시되어 있다. 이 문서에서는 Random FHSS의 트래픽 용량, 리더(reader) 개수, 채널 개수, 등에 따른 충돌확률(collision probability), 블로킹 확률을 분석하고 있으나, 주어진 시스템 전체 채널을 마치 k 개의 리더가 arrival traffic에 따라 아무런 제약 없이 채널을 할당받아 사용하는 것을 가정하여 분석하고 있다. 유럽의 경우에는 공유주파수 대역에서 이중 시스템간의 간섭을 확률적으로 분석하고 이에 대한 보호거리(protection distance), 처리효율, 등을 분석 결과를 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)의 회의문서^[2]에 제시하고 있다.

본 연구에서는 FHSS 방식에 따른 RFID 시스템의 트래픽 용량 분석을 위한 충돌 확률 및 트래픽 처리시간 분석 알고리즘을 연구하고, 시뮬레이션을 통하여 알고리즘의 정확성을 입증하였다.

II. FHSS 방식의 소요주파수 대역 분석

미국의 제안방식인 FHSS 시스템을 전제로 하여, 리더와 tag간의 통신은 고려하지 않고 리더간의 충돌만을 고려하여 collision probability, blocking probability을 분석하여 900MHz 주파수 대역에서 적절한 리더의 개수 및 소요 채널 대역폭을 결정하기 위한 알고리즘을 기술한다.

이를 위하여 주파수 대역폭은 4 MHz~10 MHz (채널수 16~50개)를 고려하되 주파수 점유시간은 0.4초로 가정한다.

2.1 Random FHSS 방식의 충돌 확률 해석

- 한 개의 리더에서 traffic이 발생함에 따라 적용되는 hopping pattern은 random 한 것으로 가정한다.
- 분당 1회 또는 20초당 1회의 횟수로서 traffic이 random하게 발생됨을 전제로 한다.
- 0.4초의 주파수 점유시간에 0.1초, 0.2초, 0.3초, 0.4초의 duty cycle를 분석한다.
- 리더의 수가 5, 10, 15개 등 증가될 때의 영향을 즉, 충돌이 없이 통신이 가능한 확률을 분석한다.
- 상기 운용조건에 따른 처리지연시간을 산출하

여 실질적인 시스템 설계지표로서 활용할 수 있도록 한다.

상기의 요구 사항에 따른 분석을 위하여 모든 리더에 도착되는 traffic intensity는 독립적으로 동일한 Poisson distribution을 가지며, 주파수 채널은 일정한 hopping pattern에 따라 시간적으로 random하게 할당되는 것으로 가정한다.

그러면 각 리더에서 할당 받게 되는 채널은 최대 1개 채널로 국한되게 되며, 일정한 총 채널수(C) 보다 많은 traffic이 여러 개의 리더들에서 발생하여 채널을 점유를 시도한다면 충돌이 발생하게 된다.

각 리더에서 최대 1개의 채널로 채널 점유 시도를 하거나 하지 않거나 하는 것은 binomial distribution으로 볼 수 있게 되며, 총 리더 수 (N) 중 몇 개(n)의 리더들(활성 리더로 정의)이 동시에 채널점유를 시도하는 확률을 산출할 수가 있게 된다.

그리고 채널점유를 시도할 때 사용하는 hopping pattern, 총 채널수 및 활성 리더(active reader) 수에 따라 채널점유를 시도할 때 발생하는 충돌 확률을 산출하게 되며, 이는 traffic 발생으로 인한 채널 점유 시도 사건과는 독립적인 관계를 갖기 때문에 두 확률 값을 곱하여 최종적인 리더들 간 채널충돌 확률을 산출할 수 있게 된다.

λ 를 traffic arrival rate, $1/\mu$ 를 service time, a 를 traffic intensity라고 하고, P_k 를 각 리더에 의해서 k 개 채널 점유 시도될 확률이라고 하면, 정상상태에서는 식 (1)의 관계를 갖는다. 즉, 발생 채널수와 소멸 채널수가 동일한 상태를 유지하게 되며, 식 (2)~(3)를 거쳐 식 (4)의 결과를 얻게 된다.

$$\lambda P_{k-1} = k\mu P_k \quad \text{where } k=1, \dots, C \quad (1)$$

$$P_k = \frac{\lambda}{k\mu} P_{k-1} = \frac{a}{k} P_{k-1} = \frac{a^k}{k!} P_0 \quad (2)$$

$$\text{since } \sum_{k=0}^C P_k = 1 = \sum_{k=0}^C \frac{a^k}{k!} P_0 \quad P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^C \frac{a^k}{k!}} \quad \text{and } (3)$$

$$P_k = \frac{a^k}{k!} \quad (4)$$

이 때 각각의 리더에 의해서 점유시도가 가능한

최대 채널수는 1개가 되기 때문에 binomial distribution을 갖게 되며, 이는 다시 식 (5)의 traffic이 전혀 발생되지 않을 확률과 식 (6)의 1개 채널의 점유시도 확률(즉 활성 리더가 될 확률)로 정리한다.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^1 \frac{a^k}{k!}} = \frac{1}{1+a} \quad \text{and} \quad (5)$$

$$P_1 = \frac{a}{\sum_{k=0}^1 \frac{a^k}{k!}} = \frac{a}{1+a} \quad (6)$$

그러면 n 개의 리더가 활성 리더가 될 확률은 binomial distribution을 갖기 때문에 식 (7)로 표현되고, 평균 활성 리더 수는 식 (8)와 같이 표현되게 된다.

$$\Pr\{n \text{ active readers}\} = \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{average of active readers} &= \\ \sum_{n=0}^N n \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} &= NP_1 = \frac{Na}{1+a} \quad (8) \end{aligned}$$

n 개의 리더가 동시에 채널점유를 시도할 때 즉 활성 리더의 개수가 n 일 경우에는 전체의 총 채널 수가 C 개 이기 때문에 n 개의 리더에 의해서 주파수 채널 할당 가능한 가지 수는 C^n , 충돌이 발생하지 않는 주파수 채널 할당 가능한 가지 수는 $\binom{C}{n}$ 이 되고, 이때 주파수 채널 배치 순서를 함께 고려하면 $n!$ 배 만큼 경우의 수가 증가하게 된다. 또한 n 개의 리더가 활성 할 확률은 식 (10)과 같이 표현된다.

$$\Pr\{\text{no collision} / n \text{ active readers}\} = \frac{\binom{C}{n} n!}{C^n} \quad (7)$$

$$\Pr\{n \text{ active readers}\} = \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} \quad (8)$$

따라서 n 개의 리더에 의해서 충돌이 발생하지 않는 주파수 채널 할당 확률은 식 (11)와 같이 정리된다. 이때, n 은 당연히 C 보다 작은 값을 갖는다.

$$\begin{aligned} \Pr\{\text{probability no collision when } n \text{ readers} \\ \text{are active}\} &= \Pr\{\text{no collision} / n \text{ active} \\ \text{readers}\} &\times \Pr\{n \text{ active readers}\} \end{aligned}$$

$$= \frac{\binom{C}{n} n!}{C^n} \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} \quad \text{for } n \leq C \quad (11)$$

충돌이 발생되지 않는 평균 확률은 n 개의 각각의 경우에 대한 확률을 식 (12)과 같이 모두 합산하여 구할 수 있게 되며 이때, n 은 C 또는 N 보다 작은 값을 갖게 된다.

$$\Pr\{\text{no collision}\} = \sum_{n=0}^{\min\{C, N\}} \frac{\binom{C}{n} n!}{C^n} \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} \quad (12)$$

$$\Pr\{\text{collision}\} = 1 - \sum_{n=0}^{\min\{C, N\}} \frac{\binom{C}{n} n!}{C^n} \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} \quad (13)$$

Random FHSS의 duty cycle DT 을 고려하면 실질적인 traffic intensity가 보다 작은 값을 갖게 된다. 이때, $DT \equiv \text{duty cycle} / \text{service time}$ 라고 정의하면, 한 리더의 실질적인 traffic intensity는 $a' = a * DT$ 로 변환되고, 그러면 식 (5)과 식 (6)의 traffic이 전혀 발생되지 않을 확률과 채널의 점유시도 확률(즉 활성 리더가 될 확률)은 식 (14)와 식 (15)과 같이 정리되게 된다.

$$P_0' = \frac{1}{\sum_{k=0}^1 \frac{a'^k}{k!}} = \frac{1}{1+a'} \quad \text{and} \quad (14)$$

$$P_1' = \frac{a'}{\sum_{k=0}^1 \frac{a'^k}{k!}} = \frac{a'}{1+a'} \quad (15)$$

n 개의 리더에 의해서 충돌이 발생하지 않는 평균 확률은 식 (12)와 마찬가지로 식 (16)로, 그리고 충돌이 발생할 평균 확률은 식 (13)와 마찬가지로 식 (17)로 정리된다.

$$\Pr\{\text{no collision}\} = \sum_{n=0}^{\min\{C, N\}} \frac{\binom{C}{n} n!}{C^n} \binom{N}{n} P_1'^n P_0'^{N-n} \quad (16)$$

$$\Pr\{\text{collision}\} = 1 - \sum_{n=0}^{\min\{C, N\}} \frac{\binom{C}{n} n!}{C^n} \binom{N}{n} P_1'^n P_0'^{N-n} \quad (17)$$

2.2 Random FHSS 방식의 트래픽 처리 지연 시간 해석
상기의 충돌확률은 m 개의 활성화된 활성 리더들

중에서 1개 이상의 충돌이 일어날 확률을 의미하는 것으로서, 이 충돌확률은 시스템 설계 및 운용 시 실질적인 설계 및 운용 파라미터로서 활용하기에는 다소 불충분하다고 할 수가 있을 것이다. 따라서 설계 및 운용 시 실질적인 설계 및 운용 파라미터로서 활용할 수 있도록 하기 위하여 트래픽 처리 지연시간을 정확히 산출할 필요성이 발생하게 된다.

먼저 상기의 운용조건을 그대로 전제할 경우, 총 N 개의 리더중 m 개의 리더가 활성화 되어, 이들 활성화 리더가 충돌이 발생되면 재전송이 일어나게 되고 이는 다시 입력 트래픽과 함께 증가된 트래픽 밀도로 재전송 시도를 하게 된다.

그리고 m 개의 활성화 리더들 중에서 1개의 리더가 일정 트래픽 밀도로 입력되면, 전체 C 개의 채널 중에서 충돌이 발생할 확률은 식 (18)과 같이 산출되고, 충돌이 발생되지 않아 재전송에 성공할 확률은 식 (19)과 같이 구해진다.

$$p(m) = C \left(\frac{1}{C} \right) \left(1 - \frac{1}{C} \right)^{m-1} = \left(1 - \frac{1}{C} \right)^{m-1} \quad (18)$$

$$q(m) = 1 - p(m) \quad (19)$$

그리하여 m 개의 활성화 리더들 중에서 1개의 리더에서 충돌에 따른 지연시간은 식 (20)와 같이 산출된다.

$$T_d(m) = \sum_{l=1}^{\infty} \tau_0 \cdot l \cdot q(m)p(m) \quad (20)$$

$$= \tau_0 \frac{q(m)}{p(m)}$$

이 때 식 (20)은 활성화 리더의 개수가 m 개인 경우의 지연시간으로서 평균 처리지연시간은 N 개의 리더들 중에서 m 개의 리더가 활성화될 확률을 이용하여 식 (21)과 같이 계산할 수 있게 된다.

$$T_d = \sum_{m=2}^N \tau_0 \cdot \frac{q(m)}{p(m)} \binom{N}{m} P_1^m P_0^{N-m} \quad (21)$$

이때 duty cycle을 고려한 P_1 과 P_0 는 각각 식 (22)과 식 (23)로 표현되며, a_0 는 식 (24)과 같이 표현된다.

$$P_1 = \frac{a_0}{1+a_0} \quad (22)$$

$$P_0 = \frac{1}{1+a_0} \quad (23)$$

$$a_0 = \lambda \left(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu} \frac{q(m)}{p(m)} \right) = \frac{\lambda}{\mu} \left(1 + \frac{q(m)}{p(m)} \right) \quad (24)$$

그리하여 각 리더에 traffic이 도착하여 service가 종료되기까지의 시간은 Little's Theorem에 의하여 식 (25)로 표현되며, 이때 트래픽 밀도 ρ 는 service time과 충돌에 따른 delay time을 합하여 식 (26)과 같이 구해진다.

또한 분산 σ^2 은 service time과 충돌에 따른 delay time과는 서로 독립적인 관계에 있기 때문에 식 (27)처럼 쉽게 산출할 수 있게 된다.

$$T = \frac{E(n)}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \left(\rho + \frac{\rho^2 + \lambda^2 \sigma^2}{2(1-\rho)} \right) \quad (25)$$

$$\rho = \lambda \left(\frac{1}{\mu} + T_d \right) \quad (26)$$

$$\sigma^2 = \sigma_{\mu}^2 + \sum_{m=1}^N \left(\tau_0 \frac{q(m)}{p(m)} \right)^2 \binom{N}{m} P_1^m P_0^{N-m} - T_d^2 \quad (27)$$

2.3 Synchronous FHSS 방식의 충돌 확률 해석

동기식 FHSS 방식의 경우에는 주파수 채널 할당을 일정한 방식에 따라 제어하여 충돌의 발생을 최소화하기 때문에 각 리더들에 의한 주파수 채널 할당 요구가 있는 경우, 즉 활성화 리더의 개수 n 가 총 채널수(C) 보다 작은 경우에는 충돌이 발생하지 않게 된다.

그러나 총 리더 수 (N)가 총 채널수 (C) 보다 큰 경우에는 활성화 리더의 수 n 가 총 채널수 보다 큰 경우가 생기게 되는데 이때에는 충돌이 발생하게 되며, 충돌이 발생하지 않는 경우의 수는 $(C - (n - C))$ 즉 $(2C - n)$ 가 된다.

그러면 상기의 식 (12)에서와 마찬가지로, 식 (28) 와 같이 정리되는데, 특히 총 리더 수 (N)가 총 채널수 (C) 보다 큰 경우에 있어서 활성화 리더 수 n 가 C 보다 작은 경우에는 충돌이 발생하지 않기 때문에 식 (28)의 첫 번째 항목과 같이 표현되고 활성화 리더 수 n 가 C 보다 큰 경우에는 충돌이 발생되지 않을 확률이 동일 식의 두 번째, 세 번째 항목과 같이 표현된다.

그리고 충돌이 발생할 평균 확률은 식 (29)과 같이 정리 된다.

$$\Pr\{\text{no collision}\} = \quad (28)$$

$$\begin{cases} 1 & \text{for } N \leq C \\ \sum_{n=0}^C \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} & \text{for } N \leq 2C \\ + \sum_{n=C+1}^N \frac{\binom{C}{2C-n} (2C-n)!}{C^{2C-n}} \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} & \\ \sum_{n=0}^C \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} & \text{for } N > 2C \\ + \sum_{n=C+1}^{2C} \frac{\binom{C}{2C-n} (2C-n)!}{C^{2C-n}} \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} & \end{cases}$$

$$\begin{aligned} T_d(m) &= \sum_{l=1}^{\infty} \tau_0 \left(1 - \frac{C}{m}\right)^l \binom{C}{m} & (32) \\ &= \tau_0 \frac{1 - \frac{C}{m}}{\frac{C}{m}} = \tau_0 \frac{q(m)}{p(m)} \end{aligned}$$

$$a_0 = \frac{DT\lambda}{\mu} \left\{ 1 + \frac{q(m)}{p(m)} \right\} \quad (33)$$

$$P_1 = \frac{a_0}{1 + a_0}, \quad P_0 = 1 - P_1 \quad (34)$$

$$\Pr\{\text{collision}\} = \quad (29)$$

$$\begin{cases} 0 & \text{for } N \leq C \\ 1 - \sum_{n=0}^C \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} & \text{for } N \leq 2C \\ - \sum_{n=C+1}^N \frac{\binom{C}{2C-n} (2C-n)!}{C^{2C-n}} \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} & \\ 1 - \sum_{n=0}^C \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} & \text{for } N > 2C \\ - \sum_{n=C+1}^{2C} \frac{\binom{C}{2C-n} (2C-n)!}{C^{2C-n}} \binom{N}{n} P_1^n P_0^{N-n} & \end{cases}$$

2.4 Synchronous FHSS 방식의 트래픽 처리 지연 시간 해석

Synchronous FHSS의 duty cycle을 고려하여 충돌에 의한 전송 지연 시간을 산출하기 위해서는 m 개의 활성 리더들 간의 충돌에 의한 지연시간을 먼저 식 (32)와 같이 산출한다. 이때 재전송에 따른 traffic density는 식 (33)와 같이 표현되며, 각각의 리더가 활성화될 확률과 비활성화 될 확률은 식 (34)로 표현된다.

여기서 식 (30)과 식 (31)은 활성 리더가 채널수 C 보다 크게 발생하는 경우 m 개 중에 C 개의 채널이 할당되고 나머지는 할당되지 못하여 지연이 발생하는 경우의 확률을 나타내고 있다.

$$\Pr\{\text{no collision}\} \quad (30)$$

$$\begin{cases} 1 & \text{for } N < C \\ \sum_{m=0}^C \binom{N}{m} P_1^m P_0^{N-m} & \text{for } N \geq C \\ + \sum_{m=C+1}^N \left(\frac{C}{m}\right) \binom{N}{m} P_1^m P_0^{N-m} & \end{cases}$$

$$\Pr\{\text{traffic delayed}\} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} &= 1 - \Pr\{\text{no collision}\} \\ &= \begin{cases} 0 & \text{for } N < C \\ \sum_{m=C+1}^N \left(1 - \frac{C}{m}\right) \binom{N}{m} P_1^m P_0^{N-m} & \text{for } N \geq C \end{cases} \end{aligned}$$

그러하여 m 개의 활성 리더들에 의한 평균 전송 지연 시간 T_d 는 식 (35)과 같이 구해지며, traffic이 각 리더에 도착하여 서비스되기까지 소요되는 전체 시간은 Little's Theorem에 의하여 식 (36)과 같이 표현되며, 이때 traffic density는 식 (37)과 같이, 그리고 분산 σ^2 는 서비스시간과 충돌에 의한 재전송이 상호 독립적인 관계에 있기 때문에 식 (38)과 같이 산출되게 된다.

$$T_d = \sum_{m=C+1}^N \tau_0 \frac{q(m)}{p(m)} \binom{N}{m} P_1^m P_0^{N-m} \quad (35)$$

$$T = \frac{E\{n\}}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \left\{ \rho + \frac{\rho^2 + \lambda^2 \sigma^2}{2(1-\rho)} \right\} \quad (36)$$

$$\rho = \lambda \left(\frac{1}{\mu} + T_d \right) \quad (37)$$

$$\sigma^2 = \sigma_\mu^2 + \sum_{m=C+1}^N \left(\tau_0 \frac{q(m)}{p(m)} \right)^2 \binom{N}{m} - T_d^2 \quad (38)$$

III. 모의 실험 결과

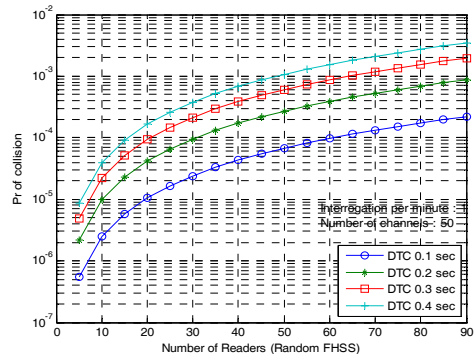


그림 1. Random FHSS에서 duty cycle 및 리더 수에 따른 충돌 확률

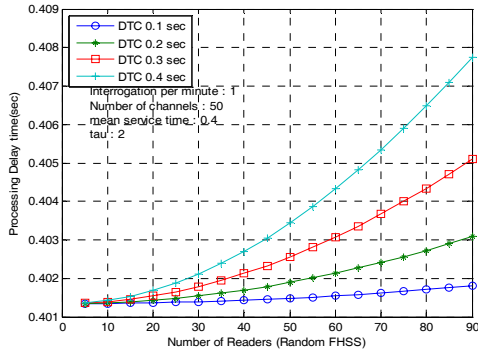


그림 2. Random FHSS에서 duty cycle 및 리더 수에 따른 트래픽 처리 시간

개발된 트래픽 용량 분석 알고리즘에 대한 정확도를 평가하기 위하여 평균 서비스 시간을 0.4 sec로 가정하고, duty cycle이 0.1 sec, 0.2 sec, 0.3 sec, 0.4 sec 일 때, 리더의 수를 5개씩 증가 시켜 가며 모의실험을 실시하였다.

그림 1과 그림 2에서는 채널의 수를 50개로, arrival traffic 밀도는 리더 당 1 interrogation/min로 가정하여 Random FHSS 방식에서 충돌확률과 트래픽 처리 시간의 모의실험 결과를 제시하였다. 그림 1에서 Random FHSS 방식에서 충돌확률을 보면, duty cycle이 증가할수록 그리고 리더 수가 증가할수록 충돌확률은 단조 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 2에서는 Random FHSS 방식에서 트래픽 처리 시간을 보여주고 있다. 큐에 도착하여 서비스가 종료되기까지 0.4초의 평균서비스 시간의 최대 8 msec 가량의 지연시간을 보이고 있으며, duty cycle이 증가할수록 그리고 리더 수가 증가할수록 지연 시간은 단조 증가하고 있다.

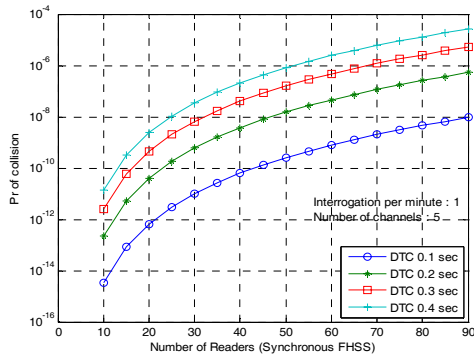


그림 3. Synchronous FHSS에서 duty cycle 및 리더 수에 따른 충돌 확률

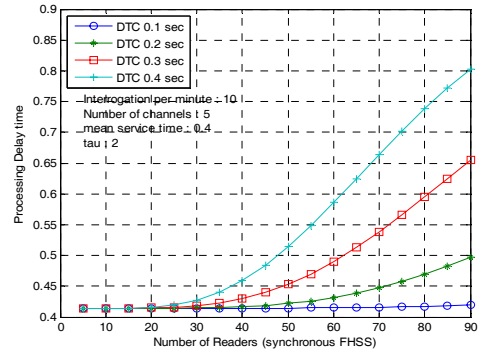


그림 4. Synchronous FHSS에서 duty cycle 및 리더 수에 따른 트래픽 처리 시간

그림 3과 그림 4에서는 Synchronous FHSS 방식에서 충돌확률과 트래픽 처리 시간의 모의실험 결과를 제시하였다. 그림 3에서는 채널의 수를 5개로, arrival traffic 밀도는 리더 당 1 interrogation/min로 가정하여 모의실험 한 결과 Random FHSS 방식과 마찬가지로 duty cycle과 리더의 수가 증가함에 따라 충돌확률이 단조 증가함을 보이고 있고, Random FHSS 방식과 비교하여 채널의 수를 대폭 감소하여도 충돌확률은 더 낮은 경향을 보이고 있다. 그림 4에서는 arrival traffic를 최악의 경우로 10 interrogation/min을 가정하여 모의실험을 제시 하였다. 이때 트래픽 처리시간은 0.4초의 평균서비스 시간 외에 최대 0.4초의 지연시간이 발생함을 알 수 있다. 이때에는 시스템의 요구 지연시간을 고려하여 채널 용량을 증가시키거나, duty cycle이나 리더의 수를 줄여서 시스템을 설계할 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 FHSS 방식에 대한 분석 알고리즘을 분석하고, 이에 대한 정확도를 입증하기 위하여 시뮬레이션을 제시하였다.

평균 서비스 타임의 평균은 0.4 sec로 국한하고, duty cycle, arrival traffic 밀도, 리더 수를 변경하여 모의실험을 실시하였다. Little's Theorem에 의해 제시된 바와 같이, 큐에 도착하여 서비스가 종료되기까지 기본적으로 0.4sec의 평균서비스 시간 외에 추가 지연시간이 소요되는 일반적인 경향과, 주파수 채널 용량이 감소될수록 그리고 duty cycle과 리더 수가 증가될수록 지연시간이 단조 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수가 있었다.

본 논문에서는 시스템 설계에 필요한 실질적인

시스템 파라미터들이 포함된 주파수 채널 용량 및 수용 가능 리더 수에 대한 실질적인 분석은 연구범위에 포함시키지 아니하였으나, 본 연구결과를 이용하여 충분히 최적 설계가 가능함을 보이고 있다.

참 고 문 헌

- [1] Daniel W. Engels, 'The reader Collision Problems', White Paper Published by Auto-ID Center, Nov. 1, 2001.
- [2] Draft ECC Report on Strategic Plan 863-870 MHz, Aug. 1, 2003.
- [3] Papoulis, A. Probability, *Random Variables, and Stochastic Processes*, McGraw-Hill Book Company, 1965.
- [4] Tri T. Ha, *Digital Satellite Communication, 2nd edition*. McGraw-Hill Publishing Company, 1990.

조 해 근 (Hae-Keun Cho)

준회원



2006년 2월 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 졸업
 2006년 3월~현재 충북대학교 대학원 전자공학과 재학
 <관심분야> Cognitive Radio, OFDM, RFID, UWB

임 연 준 (Yeon-Jun Lim)

준회원



2006년 2월 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 졸업
 2006년 3월~현재 충북대학교 대학원 전자공학과 재학
 <관심분야> RFID, 디지털 신호처리, 디지털 통신

황 인 관 (In-Kwan Hwang)

정회원



1979년 2월 아주대학교 전자공학과 졸업
 1990년 6월 Polytechnic University, E.E. Dep 박사
 1997년 3월 한국전자통신연구원 위성망 연구실장 책임연구원
 1997년 3월~현재 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

<관심분야> 이동통신, WiBro, UWB, RFID, Cognitive Radio

표 철 식 (Cheol-Sig Pyo)

정회원



1991년 2월 연세대학교 전자공학과 학사
 1999년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 1991년 1월~현재 한국전자통신연구원 텔레매틱스/USN 연구단 RFID/USN연구그룹, 책임

연구원
<관심분야> RFID/USN 기술, 안테나 및 무선 기술