



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월03일

(11) 등록번호 10-2260094

(24) 등록일자 2021년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 12/24 (2006.01) H04B 7/185 (2006.01)

H04L 12/26 (2006.01) H04L 12/825 (2013.01)

H04L 12/841 (2013.01)

(52) CPC특허분류

H04L 41/0893 (2013.01)

H04B 7/18504 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0075585

(22) 출원일자 2020년06월22일

심사청구일자 2020년06월22일

(56) 선행기술조사문헌

JP2018165932 A

KR1020190069012 A

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

정종문

서울특별시 용산구 이촌로 181, 104동 101호(이촌동, 한강대우아파트)

서승우

서울특별시 서대문구 성산로 367-35, 1동 205호(연희동, 살림하우스)

고다은

서울특별시 마포구 만리재로 36, 104동 201호(신공덕동, 공덕 아이파크)

(74) 대리인

민영준

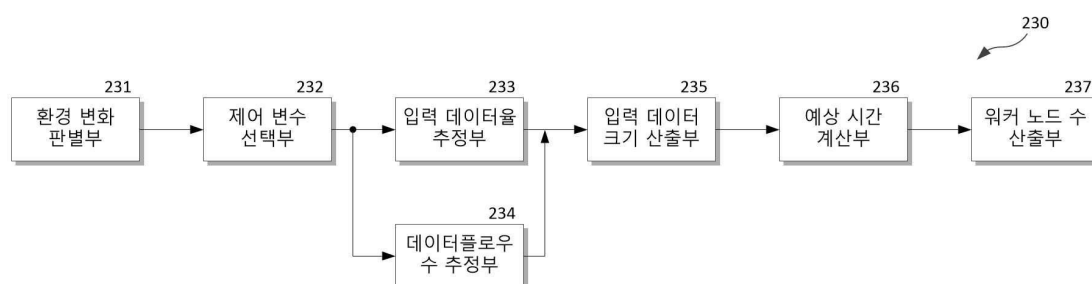
전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 윤태섭

(54) 발명의 명칭 무인 비행체 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 다수의 UE와 적어도 하나의 UAV 및 클라우드 서버를 포함하는 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 시스템에서 대기 채널의 변화에 대한 환경 변수를 획득하고, 획득된 변수를 기반으로 타겟 입력 데이터율 또는 데이터플로우를 계산함으로써, 주어진 통신 환경에서 사용자 단말이 저고도 플랫폼과 고고도 플랫폼을 통해 전달한 통신 패킷을 지정된 시간내에 전달받을 수 있도록 할 수 있으며, 계산된 입력 데이터율 또는 데이터플로우를 기반으로 사용자 단말에서 요청받은 빅데이터 태스크를 처리하는 과정에서 오류로 인한 추가시간이 발생하더라도, 지정된 시간 내에 처리할 수 있도록 타겟 워커 노드 수를 계산함으로써, 빅데이터에 대한 실시간 처리가 요구되는 스트리밍 환경에서도 시스템의 성능을 보장할 수 있는 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

대표도

(52) CPC특허분류

H04L 41/0816 (2013.01)
H04L 41/083 (2013.01)
H04L 41/142 (2013.01)
H04L 43/0823 (2013.01)
H04L 43/0894 (2013.01)
H04L 43/16 (2013.01)
H04L 47/25 (2013.01)
H04L 47/28 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	171102791
과제번호	2019-0-00685-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원(한국연구재단부설)
연구사업명	정보통신방송연구개발사업
연구과제명	무선광통신 기반 수직 이동통신 네트워크 기술 개발 (2/5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

다수의 사용자 단말(이하 UE)와 적어도 하나의 UAV 및 클라우드 서버를 포함하는 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 시스템에서

상기 다수의 UAV에서 수집된 환경 정보로부터 획득된 환경 변수가 기지정된 기준 변화 이상 변화하면, 획득된 환경 변수에서 입력 데이터율과 데이터플로우 수 중 하나를 제어 변수로 선택하는 제어 변수 선택부;

선택된 제어 변수를 미리 지정된 범위 내에서 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 상기 제어 변수를 추정하는 제어 변수 추정부;

상기 제어 변수로 추정된 입력 데이터율과 데이터플로우 수 및 다른 환경 변수를 이용하여 특정 시점의 전체 입력 데이터의 크기를 계산하고, 계산된 크기의 입력 데이터를 처리하기 위해 필요한 예상 시간을 통신 또는 데이터 오류 발생에 따른 추가 시간을 함께 반영하여 계산하되, 상기 추가 시간은 통신 오류에 의한 추가 시간과 데이터 처리 오류에 따른 변수 복구 시간, 추가 통신 시간 및 추가 데이터 처리 시간에 오류 발생 확률을 적용하여 계산하며, 계산된 예상 시간을 이용하여 기지정된 목표 데이터 처리 시간을 만족할 수 있는 UE의 수를 나타내는 워커 노드의 수를 계산하는 워커 노드 결정부; 및

계산된 워커 노드의 수에 따라 적어도 하나의 UAV의 위치를 설정하는 UAV 위치 설정부를 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 워커 노드 결정부는

추정된 입력 데이터율과 데이터플로우 수, 전체 UE의 수와 기지정된 배치 시간(batch time) 및 패킷 크기의 곱으로 특정 시점에서의 상기 전체 입력 데이터의 크기를 계산하는 입력 데이터 크기 산출부;

통신 오류에 의한 추가 시간을 통신 시간(T_{comm})과 통신 오류 확률(P_{ecomm})의 곱으로 계산하고, 데이터 처리 오류에 따른 추가 시간을 환경 변수를 재공유하기 위한 변수 복구 시간(T_{evs})과 데이터 처리 오류로 인해 발생한 추가 통신 시간(T_{ecomm})과 추가 데이터 처리 시간(T_{exec})의 합에 데이터 처리 오류 확률(P_{exec})을 곱하여 계산하여, 통신 오류에 의한 추가 시간과 데이터 처리 오류에 따른 추가 시간의 합으로 상기 추가 시간을 계산하며, 상기 추가 시간과 상기 환경 변수를 공유하기 위한 변수 공유 시간(T_{vs}) 및 연산 시간(T_{comp})의 합으로 상기 예상 시간(T_{DP})을 계산하는 예상 시간 계산부; 및

상기 예상 시간(T_{DP})을 이용하여, 상기 목표 데이터 처리 시간(T_{object})을 만족하는 타겟 워커 노드 수(N_2)를 산출하는 워커 노드 수 산출부를 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 예상 시간 계산부는

상기 예상 시간(T_{DP})을 수학적식

$$T_{DP} \approx \alpha n + \beta \frac{1}{n} + \gamma \frac{1}{n^2}$$

(여기서 $\alpha = iC(1 + P_{eexec})$ 이고, $\beta = iB + As(1 + P_{ecommn})$ 이며, $\gamma = P_{eexec}(As + iB)$ 이

다. 여기서 n 은 워커 노드의 수이고, i 는 오류에 의한 반복 횟수이며, $A = coeff \times T_{commn}^{baseline}$ 이고, B 는 배

치 파일 처리 시간(M_a)($B = M_a$)이며, $C = coeff \times T_{vs}^{baseline}$ 이다. 또한 coeff는 미리 지정된 계수이고, $T_{comm}^{baseline}$ 와 $T_{vs}^{baseline}$ 는 각각 연산 시간의 평균값이고, 변수 공유 시간의 평균값을 나타낸다.)

으로 간략화하여 계산하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 워커 노드 수 산출부는

수학식

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} - \frac{1}{3\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} - \frac{1}{3\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \\ n_2 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} + \frac{1+i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} + \frac{1-i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \\ n_3 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} + \frac{1-i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} + \frac{1+i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \end{aligned}$$

에 따라 3개의 워커 노드 수(n_1, n_2, n_3)를 계산하고, 계산된 3개의 워커 노드 수(n_1, n_2, n_3) 중 가장 작은 양의 실수 이상인 최소 자연수를 상기 타겟 워커 노드 수(N_2)로 설정하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제어 변수 추정부는

상기 입력 데이터율이 상기 제어 변수로 선택되면, 지정된 입력 데이터율 범위 내에서 입력 데이터율을 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 입력 데이터율을 타겟 입력 데이터율로 설정하는 입력 데이터율 추정부; 및

상기 데이터플로우 수가 상기 제어 변수로 선택되면, 지정된 데이터플로우 수 범위 내에서 데이터플로우 수를 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 데이터플로우 수를 타겟 데이터플로우 수로 설정하는 데이터플로우 수 추정부를 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 입력 데이터율 추정부는

i번째 UAV의 수신 신호 세기(GR_i)를 계산하고, 데이터가 i번째 UAV에서 수신되었는지 여부를 확인하기 위해 미리 설정되는 UAV 문턱 수신 감도(β)와 계산된 수신 신호 세기(GR_i)를 이용하여 상기 적어도 하나의 UAV 중 i번째 UAV와 UE 사이에서 통신이 이루어질 확률을 나타내는 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 기지정된 방식으로 계산하며,

계산된 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)과 UAV의 패킷 처리율(μ_g), 상기 클라우드 서버에서 진입 서버 처리율(μ_e), 프로세싱 서버 처리율(μ_p), 출력 서버 처리율(μ_o), 데이터베이스 서버 처리율(μ_d) 및 데이터베이스 서버 접속 확률(δ)을 기반으로 지정된 입력 데이터율 범위 내에서 입력 데이터율을 가변하면서 기지정된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 계산한 후, 계산된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, UE가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을 성공적으로 수신할 확률을 나타내는 상기 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산하며, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 입력 데이터율(λ)을 추출하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 입력 데이터율 추정부는

문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 도출되지 않으면, 상기 환경 변수로 획득된 데이터플로우 수를 기지정된 기준 데이터플로우 수 비율 단위로 감소시키고, 입력 데이터율을 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 입력 데이터율(λ)을 추출하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 데이터플로우 수 추정부는

i 번째 UAV의 수신 신호 세기(GR_i)를 계산하고, 데이터가 i 번째 UAV에서 수신되었는지 여부를 확인하기 위해 미리 설정되는 UAV 문턱 수신 감도(β)와 계산된 수신 신호 세기(GR_i)를 이용하여 상기 적어도 하나의 UAV 중 i 번째 UAV와 UE 사이에서 통신이 이루어질 확률을 나타내는 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 기지정된 방식으로 계산하며,

계산된 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)과 UAV의 패킷 처리율(μ_g), 상기 클라우드 서버에서 진입 서버 처리율(μ_e), 프로세싱 서버 처리율(μ_p), 출력 서버 처리율(μ_o), 데이터베이스 서버 처리율(μ_d) 및 데이터베이스 서버 접속 확률(δ)을 기반으로 지정된 데이터플로우 수 범위 내에서 데이터플로우 수를 가변하면서 기지정된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 계산한 후, 계산된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, UE가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을 성공적으로 수신할 확률을 나타내는 상기 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산하며, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 데이터플로우 수(N_1)를 추출하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 데이터플로우 수 추정부는

문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 도출되지 않으면, 상기 환경 변수로 획득된 입력 데이터율을 기지정된 기준 입력 데이터율 비율 단위로 감소시키고, 데이터플로우 수를 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 데이터플로우 수(N_1)를 추출하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 10

제6항 또는 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 6개의 보조 문턱 수신 감도는

수학식

$$\beta_1 = P_s(v, R)\mu_g/2N_1 - \lambda$$

$$\beta_2 = P_s(v, R)\mu_g/2 - N_1\lambda$$

$$\beta_3 = \mu_e - N_1\lambda$$

$$\beta_4 = \mu_p - N_1\lambda$$

$$\beta_5 = \mu_o - N_1\lambda$$

$$\beta_6 = \mu_d - \delta N_1\lambda$$

으로 계산되고,

상기 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)은

수학식

$$F(T_{CC}) = \Pr[T \leq T_{CC}] = \int_0^{T_{CC}} [\delta f_6(t) + (1 - \delta)f_5(t)]dt$$

$$f_n(t) = \sum_{i=1}^n \beta_i^{k_i} e^{-t\beta_i} \sum_{j=1}^{k_i} \frac{(-1)^{k_i-j}}{(j-1)!} t^{j-1} \sum_{\substack{m_1+\dots+m_n=k_i-j \\ m_i=0}} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^n \binom{k_l+m_l-1}{m_l} \frac{\beta_l^{k_l}}{(\beta_l-\beta_i)^{k_l+m_l}}$$

으로 계산되는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치.

청구항 11

다수의 사용자 단말(이하 UE)와 적어도 하나의 UAV, 클라우드 서버 및 UAV 제어 서버를 포함하는 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 시스템에서 상기 UAV 제어 서버에 의해 수행되는 빅데이터 처리 방법에 있어서,

상기 다수의 UAV에서 수집된 환경 정보로부터 획득된 환경 변수가 기지정된 기준 변화 이상 변화하면, 획득된 환경 변수에서 입력 데이터율과 데이터플로우 수 중 하나를 제어 변수로 선택하는 단계;

선택된 제어 변수를 미리 지정된 범위 내에서 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 상기 제어 변수를 추정하는 단계;

상기 제어 변수로 추정된 입력 데이터율과 데이터플로우 수 및 다른 환경 변수를 이용하여 특정 시점의 전체 입력 데이터의 크기를 계산하고, 계산된 크기의 입력 데이터를 처리하기 위해 필요한 예상 시간을 통신 또는 데이터 오류 발생에 따른 추가 시간을 함께 반영하여 계산하되, 상기 추가 시간은 통신 오류에 의한 추가 시간과 데이터 처리 오류에 따른 변수 복구 시간, 추가 통신 시간 및 추가 데이터 처리 시간에 오류 발생 확률을 적용하여 계산하며, 계산된 예상 시간을 이용하여 기지정된 목표 데이터 처리 시간을 만족할 수 있는 UE의 수를 나타내는 워커 노드의 수를 결정하는 단계; 및

계산된 워커 노드의 수에 따라 적어도 하나의 UAV의 위치를 설정하는 단계를 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 워커 노드의 수를 결정하는 단계는

추정된 입력 데이터율과 데이터플로우 수, 전체 UE의 수와 기지정된 배치 시간(batch time) 및 패킷 크기의 곱으로 특정 시점에서의 상기 전체 입력 데이터의 크기를 계산하는 단계;

통신 오류에 의한 추가 시간을 통신 시간(T_{comm})과 통신 오류 확률(P_{ecomm})의 곱으로 계산하고, 데이터 처리 오류에 따른 추가 시간을 환경 변수를 재공유하기 위한 변수 복구 시간(T_{evs})과 데이터 처리 오류로 인해 발생한 추가 통신 시간(T_{ecomm})과 추가 데이터 처리 시간(T_{eexec})의 합에 데이터 처리 오류 확률(P_{eexec})을 곱하여 계산하여, 통신 오류에 의한 추가 시간과 데이터 처리 오류에 따른 추가 시간의 합으로 상기 추가 시간을 계산하며, 상기 추가 시간과 상기 환경 변수를 공유하기 위한 변수 공유 시간(T_{vs}) 및 연산 시간(T_{comp})의 합으로 상기 예상 시간을 계산하는 단계; 및

상기 예상 시간(T_{dp})을 이용하여, 상기 목표 데이터 처리 시간(T_{object})을 만족하는 타겟 워커 노드 수를 산출하는 단계를 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 예상 시간을 계산하는 단계는

상기 예상 시간(T_{DP})을 수학적식

$$T_{DP} \approx \alpha n + \beta \frac{1}{n} + \gamma \frac{1}{n^2}$$

(여기서 $\alpha = iC(1 + P_{eexec})$ 이고, $\beta = iB + As(1 + P_{ecommn})$ 이며, $\gamma = P_{eexec}(As + iB)$ 이

다. 여기서 n 은 워커 노드의 수이고, i 는 오류에 의한 반복 횟수이며, $A = coeff \times T_{commn}^{baseline}$ 이고, B 는 배치 파일 처리 시간(M_a)($B = M_a$)이며, $C = coeff \times T_{vs}^{baseline}$ 이다. 또한 $coeff$ 는 미리 지정된 계수이고, $T_{commn}^{baseline}$ 와 $T_{vs}^{baseline}$ 는 각각 연산 시간의 평균값이고, 변수 공유 시간의 평균값을 나타낸다.)

으로 간략화하여 계산하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 타겟 워커 노드 수를 산출하는 단계는

수학적식

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} - \frac{1}{3\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} - \frac{1}{3\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \\ n_2 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} + \frac{1+i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} + \frac{1-i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \\ n_3 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} + \frac{1-i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} + \frac{1+i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \end{aligned}$$

에 따라 3개의 워커 노드 수(n_1, n_2, n_3)를 계산하고, 계산된 3개의 워커 노드 수(n_1, n_2, n_3) 중 가장 작은 양의 실수 이상인 최소 자연수를 상기 타겟 워커 노드 수로 설정하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 제어 변수를 추정하는 단계는

상기 입력 데이터율이 상기 제어 변수로 선택되면, 지정된 입력 데이터율 범위 내에서 입력 데이터율을 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 입력 데이터율을 타겟 입력 데이터율로 설정하는 단계; 및

상기 데이터플로우 수가 상기 제어 변수로 선택되면, 지정된 데이터플로우 수 범위 내에서 데이터플로우 수를 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 데이터플로우 수를 타겟 데이터플로우 수로 설정하는 단계를 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 타겟 입력 데이터율로 설정하는 단계는

i 번째 UAV의 수신 신호 세기(GR_i)를 계산하는 단계;

데이터가 i 번째 UAV에서 수신되었는지 여부를 확인하기 위해 미리 설정되는 UAV 문턱 수신 감도(β)와 계산된 수신 신호 세기(GR_i)를 이용하여 상기 적어도 하나의 UAV 중 i 번째 UAV와 UE 사이에서 통신이 이루어질 확률을 나타내는 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 기지정된 방식으로 계산하는 단계;

계산된 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)과 UAV의 패킷 처리율(μ_g), 상기 클라우드 서버에서 진입 서버 처리율(μ_e), 프로세싱 서버 처리율(μ_p), 출력 서버 처리율(μ_o), 데이터베이스 서버 처리율(μ_d) 및 데이터베이스 서버 접속 확률(δ)을 기반으로 지정된 입력 데이터율 범위 내에서 입력 데이터율을 가변하면서 기지정된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 계산하는 단계;

계산된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, UE가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을 성공적으로 수신할 확률을 나타내는 상기 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산하는 단계; 및

계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 입력 데이터율을 추출하는 단계를 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 타겟 입력 데이터율로 설정하는 단계는

입력 데이터율을 추출하는 단계에서 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 도출되지 않으면, 상기 환경 변수로 획득된 데이터플로우 수를 기지정된 기준 데이터플로우 수 비율 단위로 감소시키는 단계; 및 감소된 데이터플로우 수를 기반으로 입력 데이터율을 가변하면서 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 입력 데이터율(λ)을 추출하는 단계를 더 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 18

제15항에 있어서, 상기 타겟 데이터플로우 수로 설정하는 단계는

i 번째 UAV의 수신 신호 세기(GR_i)를 계산하는 단계;

데이터가 i 번째 UAV에서 수신되었는지 여부를 확인하기 위해 미리 설정되는 UAV 문턱 수신 감도(β)와 계산된 수신 신호 세기(GR_i)를 이용하여 상기 적어도 하나의 UAV 중 i 번째 UAV와 UE 사이에서 통신이 이루어질 확률을 나타내는 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 기지정된 방식으로 계산하는 단계;

계산된 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)과 UAV의 패킷 처리율(μ_g), 상기 클라우드 서버에서 진입 서버 처리율(μ_e), 프로세싱 서버 처리율(μ_p), 출력 서버 처리율(μ_o), 데이터베이스 서버 처리율(μ_d) 및 데이터베이스 서버 접속 확률(δ)을 기반으로 지정된 데이터플로우 수 범위 내에서 데이터플로우 수를 가변하면서 기지정된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 계산하는 단계;

계산된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, UE가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을 성공적으로 수신할 확률을 나타내는 상기 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산하는 단계; 및

계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 데이터플로우 수를 추출하는 단계를 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 타겟 데이터플로우 수로 설정하는 단계는

상기 데이터플로우 수를 추출하는 단계에서 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 도출되지 않으면, 상기 환경 변수로 획득된 입력 데이터율을 기지정된 기준 입력 데이터율 비율 단위로 감소시키는 단계; 및

감소된 입력 데이터율을 기반으로 데이터플로우 수를 가변하면서 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 데이터플로우 수(N_l)를 추출하는 단계를 더 포함하는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

청구항 20

제16항 또는 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 6개의 보조 문턱 수신 감도는 수학식

$$\begin{aligned}\beta_1 &= P_s(v, R)\mu_g/2N_1 - \lambda \\ \beta_2 &= P_s(v, R)\mu_g/2 - N_1\lambda \\ \beta_3 &= \mu_e - N_1\lambda \\ \beta_4 &= \mu_p - N_1\lambda \\ \beta_5 &= \mu_o - N_1\lambda \\ \beta_6 &= \mu_d - \delta N_1\lambda\end{aligned}$$

으로 계산되고,

상기 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)은

수학식

$$F(T_{CC}) = \Pr[T \leq T_{CC}] = \int_0^{T_{CC}} [\delta f_6(t) + (1 - \delta)f_5(t)]dt$$

$$f_n(t) = \sum_{i=1}^n \beta_i^{k_i} e^{-t\beta_i} \sum_{j=1}^{k_i} \frac{(-1)^{k_i-j}}{(j-1)!} t^{j-1} \sum_{\substack{m_1+\dots+m_n=k_i-j \\ m_i=0}} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^n \binom{k_l+m_l-1}{m_l} \frac{\beta_l^{k_l}}{(\beta_l-\beta_i)^{k_l+m_l}}$$

()

으로 계산되는 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 빅데이터 처리 제어 장치 및 방법에 관한 것으로, 무인 비행체 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 5G, 6G와 같은 차세대 통신이 등장하면서 기존의 유선망 기반의 네트워크 만으로는 감당하기 어려운 트래픽이 증가하고 있다. 이에 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: 이하 UAV)를 이용하여 네트워크의 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 있도록 하는 네트워크가 제안되었다. UAV 기반 네트워크는 기존 유선망 기반의 네트워크의 기지국과 백홀을 UAV로 대체하여 갑작스러운 트래픽 양의 변화에 보다 더 빨리 대처할 수 있도록 한다.

[0003] 도 1은 UAV 네트워크를 이용하는 클라우드 시스템의 개략적 구조를 나타낸다.

[0004] 도 1을 참조하면, UAV 네트워크를 이용하는 클라우드 시스템(100)에서는 우선 다수의 사용자 단말(User Equipment: 이하 UE)(101)이 지상 영역에 위치한다.

[0005] 그리고 UAV 네트워크는 저고도 플랫폼(Low Altitude Platform: 이하 LAP)과 고고도 플랫폼(High Altitude Platform: 이하 HAP)으로 구분될 수 있다. 기지정된 제1 고도 범위(여기서는 일예로 0.1 ~ 5 km)인 LAP에는 적어도 하나의 저고도 UAV(102)가 위치하며, 제1 고도 범위보다 높은 기지정된 제2 고도 범위(여기서는 일예로 17 ~ 22km)인 HAP에는 적어도 하나의 고고도 UAV(103)가 위치한다.

[0006] 적어도 하나의 저고도 UAV(102)는 다수의 UE(101)에 대해 기지국 역할을 수행한다. 저고도 UAV(102)는 다수의 UE(101)로부터 태스크(task)를 인가받아 고고도 UAV(103)로 전달한다.

- [0007] 그리고 적어도 하나의 고고도 UAV(103)는 적어도 하나의 저고도 UAV(102)와 UAV 제어 서버(104) 및 고정된 클라우드(general static cloud) 서버(105)를 연결하는 백홀(backhaul), 백본(backbone)의 역할을 수행한다. 이때, 적어도 하나의 고고도 UAV(103)는 FSO(Free Space Optical), 밀리미터파(mmWave) 등을 이용하여 UAV 제어 서버(104) 및 고정된 클라우드 서버(105)와 통신을 수행할 수 있다. 적어도 하나의 고고도 UAV(103)는 UAV 제어 서버(104)로부터 제어 신호를 인가받아 LAP의 적어도 하나의 저고도 UAV(102)를 관리하고, 저고도 UAV(102)에서 전달된 태스크를 클라우드 서버(105)로 전달한다.
- [0008] UAV 제어 서버(104)는 다수의 UE(101)들에게 최적의 통신 환경이 제공될 수 있도록 적어도 하나의 고고도 UAV(103)와 적어도 하나의 저고도 UAV(102)를 제어한다. UAV 제어 서버(104)는 원활한 통신 환경을 위하여 HAP와 LAP에 위치한 저고도 UAV(102)와 고고도 UAV(103)들의 고도, 위치 등을 제어하고, 저고도 UAV(102)에서 다수의 UE(101)에 대해 관리하는 데이터플로우(dataflow)의 수 등을 조절할 수 있다.
- [0009] 클라우드 서버(105)는 다수의 UE(101)로부터 저고도 UAV(102)와 고고도 UAV(103)를 통해 전달된 태스크를 처리한다. 특히 클라우드 서버(105)는 빅데이터와 같이 UE(101)이나 저고도 UAV(102)와 고고도 UAV(103)가 자체적으로 처리하기 힘든 태스크를 처리하는 역할을 수행한다. 즉 클라우드 서버(105)는 적어도 하나의 저고도 UAV(102)가 다수의 UE(101)로부터 수집한 데이터와 태스크를 처리하기 위해 기지정된 클라우드 서버(105)로 전송한다.
- [0010] 이때, UAV 제어 서버(104)가 다수의 UE(101)에게 원활한 네트워크 환경을 제공하기 위해서는 UAV(102, 103)의 움직임을 끊임없이 조절해주어야 한다. 그리고 이를 통해 데이터 전달과 시그널링에 가장 최적의 UAV 위치를 설정할 수 있다.
- [0011] 다만 UAV(102, 103)는 포인트 투 포인트(point-to-point) 연결을 제공하기 위해 대기 채널을 이용하는 FSO(또는 밀리미터파)로 통신을 수행하는데, 대기 채널은 채널 환경이 지속적으로 변한다는 특징이 있다. 이에 UAV(102, 103) 간의 통신 또는 UAV(103)와 UAV 제어 서버(104) 간의 통신 시에 여러 변수에 의해 통신 성능이 저하될 수 있다. 이러한 변수에는 일 예로 송신기와 수신기 사이의 오정렬(misalignment)이나, 신호 간섭, 대기 난류, 성층권에서의 신호 산란이 있다. 따라서 UAV(102, 103)가 안정적인 네트워크 성능을 유지하려면 실시간으로 변화되는 채널 환경을 분석하여 무인 비행체의 위치를 최적화해주어야 한다.
- [0012] 특히 클라우드 기반 서비스에서는 UAV 제어 서버(104)가 요구되는 성능을 만족시킬 수 있도록 채널 변수에 대한 데이터를 지속적으로 획득하여 실시간으로 분석하려면 짧은 처리 시간 범위 안에서 처리해야만 하는 제약이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제10-2019-0115536호 (2019.10.14 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명의 목적은 대기 채널의 변화에 대한 변수를 획득 및 실시간 분석하여 클라우드 기반으로 다수의 사용자 단말에게 서비스를 안정적으로 제공할 수 있는 최적의 타겟 입력 데이터 율 또는 타겟 데이터플로우를 계산 및 처리함으로써 데이터 전송 시의 지연 시간을 최소화할 수 있는 무인 비행체 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0015] 본 발명의 다른 목적은 데이터 처리 과정 상의 통신 에러, 데이터 처리 에러 등으로 인해 발생할 수 있는 추가 계산 시간까지 고려하여, 지정된 시간 이내에 처리할 수 있게 하는 워커 노드 수를 정확하게 추정할 수 있는 무인 비행체 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0016] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 무인 비행체 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치는 다수의 사용자 단말(이하 UE)와 적어도 하나의 UAV 및 클라우드 서버를 포함하는 UAV 네트

워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 시스템에서, 상기 다수의 UAV에서 수집된 환경 정보로부터 획득된 환경 변수가 기지정된 기준 변화 이상 변화하면, 획득된 환경 변수에서 입력 데이터율과 데이터플로우 수 중 하나를 제어 변수로 선택하는 제어 변수 선택부; 선택된 제어 변수를 미리 지정된 범위 내에서 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 상기 제어 변수를 추정하는 제어 변수 추정부; 상기 제어 변수로 추정된 입력 데이터율과 데이터플로우 수 및 다른 환경 변수를 이용하여 특정 시점의 전체 입력 데이터의 크기를 계산하고, 계산된 크기의 입력 데이터를 처리하기 위해 필요한 예상 시간을 통신 또는 데이터 오류 발생에 따른 추가 시간을 함께 반영하여 계산하되, 상기 추가 시간은 통신 오류에 의한 추가 시간과 데이터 처리 오류에 따른 변수 복구 시간, 추가 통신 시간 및 추가 데이터 처리 시간에 오류 발생 확률을 적용하여 계산하며, 계산된 예상 시간을 이용하여 기지정된 목표 데이터 처리 시간을 만족할 수 있는 UE의 수를 나타내는 워커 노드의 수를 계산하는 워커 노드 결정부; 및 계산된 워커 노드의 수에 따라 적어도 하나의 UAV의 위치를 설정하는 UAV 위치 설정부를 포함한다.

[0017] 상기 워커 노드 결정부는 추정된 입력 데이터율과 데이터플로우 수, 전체 UE의 수와 기지정된 배치 시간(batch time) 및 패킷 크기의 곱으로 특정 시점에서의 상기 전체 입력 데이터의 크기를 계산하는 입력 데이터 크기 산출부; 통신 오류에 의한 추가 시간을 통신 시간(T_{comm})과 통신 오류 확률(P_{ecomm})의 곱으로 계산하고, 데이터 처리 오류에 따른 추가 시간을 환경 변수를 재공유하기 위한 변수 복구 시간(T_{evs})과 데이터 처리 오류로 인해 발생한 추가 통신 시간(T_{ecomm})과 추가 데이터 처리 시간(T_{exec})의 합에 데이터 처리 오류 확률(P_{exec})을 곱하여 계산하여, 통신 오류에 의한 추가 시간과 데이터 처리 오류에 따른 추가 시간의 합으로 상기 추가 시간을 계산하며, 상기 추가 시간과 상기 환경 변수를 공유하기 위한 변수 공유 시간(T_{vs}) 및 연산 시간(T_{comp})의 합으로 상기 예상 시간(T_{dp})을 계산하는 예상 시간 계산부; 및 상기 예상 시간(T_{dp})을 이용하여, 상기 목표 데이터 처리 시간(T_{object})을 만족하는 타겟 워커 노드 수(N_2)를 산출하는 워커 노드 수 산출부를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 제어 변수 추정부는 상기 입력 데이터율이 상기 제어 변수로 선택되면, 지정된 입력 데이터율 범위 내에서 입력 데이터율을 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 입력 데이터율을 타겟 입력 데이터율로 설정하는 입력 데이터율 추정부; 및 상기 데이터플로우 수가 상기 제어 변수로 선택되면, 지정된 데이터플로우 수 범위 내에서 데이터플로우 수를 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 데이터플로우 수를 타겟 데이터플로우 수로 설정하는 데이터플로우 수 추정부를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 입력 데이터율 추정부는 i 번째 UAV의 수신 신호 세기(GR_i)를 계산하고, 데이터가 i 번째 UAV에서 수신되었는지 여부를 확인하기 위해 미리 설정되는 UAV 문턱 수신 감도(β)와 계산된 수신 신호 세기(GR_i)를 이용하여 상기 적어도 하나의 UAV 중 i 번째 UAV와 UE 사이에서 통신이 이루어질 확률을 나타내는 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 기지정된 방식으로 계산하며, 계산된 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)과 UAV의 패킷 처리율(μ_g), 상기 클라우드 서버에서 진입 서버 처리율(μ_e), 프로세싱 서버 처리율(μ_p), 출력 서버 처리율(μ_o), 데이터베이스 서버 처리율(μ_d) 및 데이터베이스 서버 접속 확률(δ)을 기반으로 지정된 입력 데이터율 범위 내에서 입력 데이터율을 가변하면서 기지정된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 계산한 후, 계산된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, UE가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을 성공적으로 수신할 확률을 나타내는 상기 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산하며, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 입력 데이터율(λ)을 추출할 수 있다.

[0020] 상기 입력 데이터율 추정부는 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 도출되지 않으면, 상기 환경 변수로 획득된 데이터플로우 수를 기지정된 기준 데이터플로우 수 비율 단위로 감소시키고, 입력 데이터율을 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 입력 데이터율(λ)을 추출할 수 있다.

[0021] 상기 데이터플로우 수 추정부는 i 번째 UAV의 수신 신호 세기(GR_i)를 계산하고, 데이터가 i 번째 UAV에서 수신되었는지 여부를 확인하기 위해 미리 설정되는 UAV 문턱 수신 감도(β)와 계산된 수신 신호 세기(GR_i)를 이용하여 상기 적어도 하나의 UAV 중 i 번째 UAV와 UE 사이에서 통신이 이루어질 확률을 나타내는 통신 성공 확률($P_s(v,$

R))을 기지정된 방식으로 계산하며, 계산된 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)과 UAV의 패킷 처리율(μ_g), 상기 클라우드 서버에서 진입 서버 처리율(μ_e), 프로세싱 서버 처리율(μ_p), 출력 서버 처리율(μ_o), 데이터베이스 서버 처리율(μ_d) 및 데이터베이스 서버 접속 확률(δ)을 기반으로 지정된 데이터플로우 수 범위 내에서 데이터플로우 수를 가변하면서 기지정된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 계산한 후, 계산된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, UE가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을 성공적으로 수신할 확률을 나타내는 상기 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산하며, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 데이터플로우 수(N_1)를 추출할 수 있다.

[0022] 상기 데이터플로우 수 추정부는 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 도출되지 않으면, 상기 환경 변수로 획득된 입력 데이터율을 기지정된 기준 입력 데이터율 비율 단위로 감소시키고, 데이터플로우 수를 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상으로 도출되는 데이터플로우 수(N_1)를 추출할 수 있다.

[0023] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 무인 비행체 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법은 다수의 사용자 단말(이하 UE)와 적어도 하나의 UAV, 클라우드 서버 및 UAV 제어 서버를 포함하는 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 시스템에서 상기 UAV 제어 서버에 의해 수행되는 빅데이터 처리 방법에 있어서, 상기 다수의 UAV에서 수집된 환경 정보로부터 획득된 환경 변수가 기지정된 기준 변화 이상 변화하면, 획득된 환경 변수에서 입력 데이터율과 데이터플로우 수 중 하나를 제어 변수로 선택하는 단계; 선택된 제어 변수를 미리 지정된 범위 내에서 가변하면서 지정 시간 패킷 수신 확률을 계산하고, 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률이 기지정된 문턱 확률 이상을 만족하는 상기 제어 변수를 추정하는 단계; 상기 제어 변수로 추정된 입력 데이터율과 데이터플로우 수 및 다른 환경 변수를 이용하여 특정 시점의 전체 입력 데이터의 크기를 계산하고, 계산된 크기의 입력 데이터를 처리하기 위해 필요한 예상 시간을 통신 또는 데이터 오류 발생에 따른 추가 시간을 함께 반영하여 계산하되, 상기 추가 시간은 통신 오류에 의한 추가 시간과 데이터 처리 오류에 따른 변수 복구 시간, 추가 통신 시간 및 추가 데이터 처리 시간에 오류 발생 확률을 적용하여 계산하며, 계산된 예상 시간을 이용하여 기지정된 목표 데이터 처리 시간을 만족할 수 있는 UE의 수를 나타내는 위커 노드의 수를 결정하는 단계; 및 계산된 위커 노드의 수에 따라 적어도 하나의 UAV의 위치를 설정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0024] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 무인 비행체 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치 및 방법은 대기 채널의 변화에 대한 변수를 획득하고, 획득된 변수를 기반으로 타겟 입력 데이터율 또는 데이터플로우를 계산함으로써, 주어진 통신 환경에서 사용자 단말이 저고도 플랫폼과 고고도 플랫폼을 통해 전달한 통신 패킷을 지정된 시간내에 전달받을 수 있도록 할 수 있다. 또한 계산된 입력 데이터율 또는 데이터플로우를 기반으로 사용자 단말에서 요청받은 빅데이터 태스크를 처리하는 과정에서 오류로 인한 추가시간이 발생하더라도, 지정된 시간 내에 처리할 수 있도록 최적의 타겟 위커 노드 수를 계산함으로써, 빅데이터에 대한 실시간 처리가 요구되는 스트리밍 환경에서도 시스템의 성능을 보장할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 UAV 네트워크를 이용하는 클라우드 시스템의 개략적 구조를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치의 개략적 구조를 나타낸다.

도 3은 도 2의 변수 추정부의 상세 구성을 나타낸다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본

발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

- [0027] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.
- [0028] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0029] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 UAV 제어 서버의 개략적 구조를 나타내고, 도 3은 도 2의 변수 추정부의 상세 구성을 나타낸다.
- [0030] 본 실시예에서는 도 1의 UAV 제어 서버(104)가 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치로서 동작하는 것으로 가정하여 설명한다. 이에 도 2에서는 UAV 제어 서버(200)의 개략적 구조를 별도로 도시하였다.
- [0031] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 UAV 제어 서버(200)는 수신부(210), 환경 분석부(220), 변수 추정부(230), UAV 위치 설정부(240) 및 송신부(250)를 포함할 수 있다.
- [0032] 수신부(210)는 저고도 UAV(102) 및 고고도 UAV(103)로부터 네트워크 환경 정보를 수신한다. 환경 분석부(220)는 수신부(210)가 수신한 네트워크 환경 정보를 분석하여 환경 변수를 획득한다. 그리고 변수 추정부(230)는 환경 분석부(220)에서 분석된 네트워크 환경 정보에서 획득된 환경 변수를 바탕으로 최적화 작업을 수행하여 현재 네트워크 환경에 적합한 타겟 입력 데이터율(input data rate)과, 타겟 데이터플로우(dataflow)의 수 및 다수의 UE(101) 중 클라우드 서버(105)로 데이터를 전송할 타겟 워커 노드(worker node)의 수를 추정한다.
- [0033] UAV 위치 설정부(240)는 변수 추정부(230)에서 추정된 입력 데이터율과, 데이터플로우 수 및 타겟 워커 노드 수를 기반으로 적어도 하나의 저고도 UAV(102)와 적어도 하나의 고고도 UAV(103)가 배치되어야 하는 고도와 위치를 판별하여 각 UAV에 대한 위치 정보를 생성한다.
- [0034] 송신부(250)는 UAV 위치 설정부(240)에서 생성된 위치 정보를 적어도 하나의 저고도 UAV(102)와 적어도 하나의 고고도 UAV(103)로 전송하여 저고도 UAV(102)와 고고도 UAV(103) 각각이 위치 정보에 대응하는 고도 및 위치로 이동하도록 한다. 이때 고고도 UAV(103)는 UAV 제어 서버(200)에서 전송된 위치 정보를 바탕으로 자신의 위치를 조정하며, 대응하는 저고도 UAV(102)로 수정된 고도, 위치 정보를 전달하여 저고도 UAV(102)의 고도, 위치 정보를 수정한다.
- [0035] 여기서 수신부(210)와 송신부(250)는 통신부로 통합될 수 있다. 그리고 UAV 위치 설정부(240)가 계산된 타겟 워커 노드 수에 따라 저고도 UAV(102)와 고고도 UAV(103)의 위치를 조절하는 다양한 기법이 이미 공개되어 있다.
- [0036] 따라서 여기서는 UAV 제어 서버(200)에서 변수 추정부(230)가 환경 분석부(220)에서 획득된 환경 변수를 바탕으로 현재 네트워크 환경에 적합한 입력 데이터율과 데이터플로우 수 및 타겟 워커 노드 수를 추정하는 기법에 대해 상세하게 설명한다.
- [0037] 본 실시예에서 변수 추정부(230)는 우선 네트워크 환경 정보를 바탕으로 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1)를 계산하고, 계산된 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1)의 수에 따라 워커 노드 수(N_2)를 계산한다.
- [0038] 도 3을 참조하면, 변수 추정부(230)는 환경 변화 판별부(231), 제어 변수 선택부(232), 입력 데이터율 추정부(233), 데이터플로우 수 추정부(234), 입력 데이터 크기 산출부(235), 예상 시간 계산부(236) 및 워커 노드 수 산출부(237)를 포함할 수 있다.
- [0039] 환경 변화 판별부(231)는 환경 분석부(220)에서 획득된 환경 변수를 인가받아 환경 변수의 변화가 기지정된 기준 변화 이상인지 판별한다. 여기서 환경 변수는 단일 변수가 아니라 대기 채널 상태를 나타내기 위한 다수의 변수의 집합으로 구성될 수 있다. 여기서 환경 변수는 일 예로 네트워크에 있는 총 UE(101)의 수(n), UAV(102)의 속도(v)와 클라우드 시스템의 각 구성 요소에 설정된 문턱값, 통신 신호와 서버 관련 변수 및 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1) 등이 포함될 수 있다.

- [0040] 그리고 클라우드 시스템의 각 구성 요소에 설정된 문턱값에는 UAV 문턱 수신 감도(β), 시스템 응답 시간(τ), 패킷이 지정된 시간 내 처리되는 확률(p), 목표 데이터 처리 시간(T_{object})이 포함될 수 있다. 또한 통신 신호 및 서버 변수에는 신호의 주파수(f), 저고도 UAV의 패킷 처리율(μ_g), 클라우드 서버(105)에서 진입 서버(entering server) 처리율(μ_e), 프로세싱 서버(processing server) 처리율(μ_p), 출력 서버(output server) 처리율(μ_o), 데이터베이스 서버(database server) 처리율(μ_d) 및 데이터베이스 서버 접속 확률(δ) 등이 포함될 수 있다.
- [0041] 그리고 다수의 환경 변수 각각에는 각 환경 변수에 대응하는 서로 다른 기준 변화량이 미리 설정될 수 있다.
- [0042] 환경 변화 판별부(231)는 다수의 환경 변수 중 적어도 하나의 환경 변수가 미리 설정된 기준 변화량 이상인지 여부를 판별하고, 적어도 하나의 환경 변수에 기준 변화량 이상의 변화가 발생된 것으로 판별되면, 제어 변수 선택부(232)로 환경 변수를 전달하여 최적화 작업이 수행되도록 한다. 그러나 다수의 환경 변수 각각의 변화량이 기준 변화량 이하이면, 이전 설정된 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1)의 수 및 워커 노드 수(N_2)가 유지되도록 한다. 즉 별도로 최적화 과정을 수행하지 않고, 이전 계산된 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1)의 수 및 워커 노드 수(N_2)를 그대로 이용하도록 한다.
- [0043] 제어 변수 선택부(232)는 환경 변화 판별부(231)에서 판별된 다수의 환경 변수에서 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1) 중 하나를 우선 최적화하고자 하는 제어 변수로 선택한다. 여기서 제어 변수 선택부(232)는 일 예로 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1) 중 변화량이 큰 변수를 제어 변수로 선택할 수 있으나, 제어 변수를 랜덤하게 선택할 수도 있다. 제어 변수 선택부(232)는 입력 데이터율(λ)을 제어 변수로 선택한 경우, 입력 데이터율 추정부(233)를 활성화하고, 데이터플로우 수 추정부(234)를 비활성화할 수 있다. 반면, 데이터플로우 수(N_1)를 제어 변수로 선택한 경우, 데이터플로우 수 추정부(234)를 활성화하고, 입력 데이터율 추정부(233)를 비활성화할 수 있다.
- [0044] 상기에서는 설명의 편의를 위하여, 환경 변화 판별부(231)와 제어 변수 선택부(232)를 구분하여 도시하였으나, 환경 변화 판별부(231)는 제어 변수 선택부(232)에 포함될 수 있다.
- [0045] 입력 데이터율 추정부(233)는 제어 변수 선택부(232)에 의해 활성화되어, 환경 변수를 인가받아, 환경 변수에 따른 타겟 입력 데이터율(λ)을 추정한다. 입력 데이터율 추정부(233)는 이전 설정된 데이터플로우 수(N_1)를 포함하는 환경 변수들 이용하여 타겟 입력 데이터율(λ)을 추정할 수 있다.
- [0046] 입력 데이터율 추정부(233)는 환경 변수에 기반하여 타겟 입력 데이터율(λ)을 추정하기 위해, 우선 저고도 UAV(102)와 UE 사이에 통신이 이루어질 확률인 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 계산한다.
- [0047] 클라우드 서버(105)와 UAV(102) 사이의 무선 채널이 라이스 페이딩 채널(Rice fading channel)인 것으로 가정하고, 전자파의 경로 손실을 고려하면, 클라우드 서버(105)와 i 번째 UAV(102) 사이의 무선 채널을 통한 통신에서 t 번째 타임 슬롯에서 i 번째 UAV(102)의 수신 신호 세기(GR_i^t)는 수학식 1로 계산될 수 있다.

수학식 1

$$GR_i^t = \left(\frac{3 \times 10^8 h_i^t}{4\pi r_i f} \right)^2$$

[0048]

- [0049] 이때, 송수신 안테나의 이득(gain)은 모두 1로 설정되었으며, GT 는 전송 세기(transmitting power), r_i 는 i 번째 UAV(102)와 클라우드 서버(105) 사이의 거리를 나타내고, f 는 신호의 주파수를 나타내며, h_i^t 는 t 번째 타임 슬롯의 채널 페이딩 계수(channel fading coefficient)로서, 분산과 표준 편차(v, σ)의 파라미터에 의한 라이스 분포 특성을 가지며, 시스템의 동작 시간이 기지정된 기준 시간을 초과한 경우, 타임 슬롯 인덱스(t)는 생략될 수 있다. 또한 단순화를 위해 표준 편차가 1인 ($v, 1$)에서 채널 페이딩 계수(h_i)는 두 개의 단위 분산(unit

variance)(x, y)의 제로 평균 가우시안 변수(zero-mean Gaussian variable)로서 $|h_i|^2 = x^2 + (y + v)^2$ 로 표현될 수 있다. 여기서 $x \sim N(0, 1)$ 이고, $y \sim N(0, 1)$ 이다.

[0050] 그리고 데이터가 i번째 UAV(102)에서 수신되었는지 여부를 확인하기 위한 UAV 문턱 수신 감도(β)가 미리 설정될 수 있다. 이에 수신 신호 세기(GR_i)가 UAV 문턱 수신 감도(β) 이상($GR_i \geq \beta$)이면 데이터가 정상 수신된 것으로 볼 수 있는 반면, 수신 신호 세기(GR_i)가 UAV 문턱 수신 감도(β) 미만($GR_i < \beta$)이면 데이터가 데이터사 수신되지 않은 것으로 볼 수 있다. 그리고 라이스 분포 변수인 채널 페이딩 계수(h_i)는 UAV의 위치(x, y)와 속도(v)를 기반으로 $|h_i|^2 = x^2 + (y + v)^2$ 로 표현될 수 있다. 이에 저고도 UAV(102)와 UE 사이에 통신이 이루어질 확률인 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)은 저고도 UAV(102)의 서비스 반경(R)과 전송 세기(GT), 문턱 수신 감도(β), 속도(v)를 기반으로 수학적 식 2에 따라 계산될 수 있다.

수학적 식 2

$$P_s(v, R) = \Pr[GR_i \geq \beta] = \iint_{\substack{\left(\frac{0.3h_i^t}{4\pi r_i f}\right)^2 GT \geq \beta \\ 0 < r_i \leq R}} \frac{1}{R} f(h_i) dh_i dr_i$$

$$= \iiint_{\substack{x^2 + (y+v)^2 \geq \left(\frac{4\pi r_i f}{0.3}\right)^2 \frac{\beta}{GT} \\ 0 < r_i \leq R}} \frac{1}{2\pi R} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2}} dx dy dr_i$$

[0051]

[0052] 여기서 $f(h_i)$ 는 채널 페이딩 계수에 대한 확률 밀도 함수(probability density function)를 나타낸다.

[0053] 그리고 계산된 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)과 저고도 UAV의 패킷 처리율(μ_g), 클라우드 서버(105)에서 진입 서버(entering server) 처리율(μ_e), 프로세싱 서버(processing server) 처리율(μ_p), 출력 서버(output server) 처리율(μ_o), 데이터베이스 서버(database server) 처리율(μ_d) 및 데이터베이스 서버 접속 확률(δ)을 기반으로 처리 가능한 최대 입력 데이터율(max λ)에 의해 지정되는 입력 데이터율(λ)의 범위($0 \leq \lambda \leq \max \lambda$) 내에서 입력 데이터율(λ)을 가변하면서 문턱 수신 감도(β)를 수학적 식 3과 같이 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)로 구분하여 계산한다.

수학적 식 3

$$\begin{aligned} \beta_1 &= P_s(v, R)\mu_g/2N_1 - \lambda \\ \beta_2 &= P_s(v, R)\mu_g/2 - N_1\lambda \\ \beta_3 &= \mu_e - N_1\lambda \\ \beta_4 &= \mu_p - N_1\lambda \\ \beta_5 &= \mu_o - N_1\lambda \\ \beta_6 &= \mu_d - \delta N_1\lambda \end{aligned}$$

[0054]

[0055] 구분하여 계산된 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, UE(101)가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을

성공적으로 수신할 확률을 나타내는 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 수학적 식 4에 따라 계산할 수 있다.

수학적 식 4

$$F(T_{cc}) = \Pr[T \leq T_{cc}] = \int_0^{T_{cc}} [\delta f_6(t) + (1 - \delta)f_5(t)]dt$$

[0056]

여기서 $f_n(t)$ 는 수학적 식 5에 따라 계산될 수 있다.

수학적 식 5

$$f_n(t) = \sum_{i=1}^n \beta_i^{k_i} e^{-t\beta_i} \sum_{j=1}^{k_i} \frac{(-1)^{k_i-j}}{(j-1)!} t^{j-1} \sum_{\substack{m_1+\dots+m_n=k_i-j \\ m_l=0}} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^n \binom{k_l+m_l-1}{m_l} \frac{\beta_l^{k_l}}{(\beta_l-\beta_i)^{k_l+m_l}}$$

[0058]

수학적 식 4에 의해 계산되는 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)은 UE(101)가 저고도 UAV(102)와 고고도 UAV(103)을 통해 전달한 통신 패킷을 지정된 시간 (T_{cc}) 내에 전달받는 확률이다.

[0059]

입력 데이터율 추정부(233)는 입력 데이터율(λ)을 가변하면서 획득되는 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 획득되면, 획득된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 미리 지정된 문턱 확률(p) 이상($F(T_{cc}) \geq p$)으로 도출되는 입력 데이터율(λ)을 추출한다. 입력 데이터율 추정부(233)는 입력 데이터율(λ)을 가변하면서 획득된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$) 중 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 존재하지 않으면, 입력 데이터율(λ)만을 가변하더라도 지정 시간 이내에 패킷을 수신할 가능성이 낮다는 것을 의미한다. 따라서 기존에 설정된 데이터플로우 수(N_1)를 기지정된 기준 데이터플로우 비율(ψ_N)만큼 감소($N_1(1-\psi_N)$)시켜, 다시 수학적 식 2 내지 4에 따라 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 계산하고, 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)하며, 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산하여 ($F(T_{cc}) \geq p$)을 만족하는 입력 데이터율(λ)을 반복적으로 탐색한다.

[0060]

한편 데이터플로우 수 추정부(234)는 제어 변수 선택부(232)에 의해 활성화되어, 환경 변수를 인가받아, 환경 변수에 따른 타겟 데이터플로우 수(N_1)를 추정한다. 입력 데이터율 추정부(233)는 이전 설정된 데이터플로우 수(N_1)를 포함하는 환경 변수를 이용하여 타겟 입력 데이터율(λ)을 추정할 수 있다.

[0061]

데이터플로우 수 추정부(234) 또한 입력 데이터율 추정부(233)와 유사하게 환경 변수에 기반하여 타겟 데이터플로우 수(N_1)를 추정하기 위해, 입력 데이터율(λ) 대신 데이터플로우 수(N_1)를 기지정된 최대 데이터플로우 수($\max N_1$)에 의해 지정되는 데이터플로우 수(N_1)의 범위($0 \leq N_1 \leq \max N_1$) 내에서 가변하면서, 수학적 식 2 내지 4에 따라 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 계산하고, 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)하며, 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산하여 ($F(T_{cc}) \geq p$)을 만족하는 데이터플로우 수(N_1)를 탐색한다. 그러나 ($F(T_{cc}) \geq p$)을 만족하는 데이터플로우 수(N_1)가 탐색되지 않으면, 입력 데이터율(λ)을 기지정된 기준 입력 데이터율 비율(ψ_λ)만큼 감소($\lambda(1-\psi_\lambda)$)시켜, 다시 데이터플로우 수(N_1)를 가변하면서 반복 탐색한다.

[0062]

여기서 입력 데이터율 추정부(233)와 데이터플로우 수 추정부(234)는 제어 변수 선택부(232)에서 선택된 제어 변수를 추정하는 제어 변수 추정부로 통합될 수 있다.

[0063]

입력 데이터 크기 산출부(235)는 입력 데이터율 추정부(233) 또는 데이터플로우 수 추정부(234) 중 하나로부터 타겟 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1)가 추정되면, 추정된 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1), 네트워크에 있는 총 UE(101)의 수(n), 실시간 빅데이터 처리 시스템에 설정된 배치 시간(batch time)(t) 및 패

[0064]

킷 크기(ω)를 기반으로 특정 시점의 전체 입력 데이터의 크기(s)를 수학적 식 6에 따라 계산한다.

수학적 식 6

$$s = N_1 \times n \times \lambda \times t \times \omega$$

그리고 예상 시간 계산부(236)는 수학적 식 6에 따라 계산된 크기의 입력 데이터를 처리하는데 필요한 예상 시간(T_{DP})을 계산한다. 여기서 예상 시간(T_{DP})은 획득된 환경 변수 등을 공유하기 위한 변수 공유(Variable sharing) 시간(T_{vs}), 연산 시간(T_{comp}) 및 빅데이터 처리 과정에서 발생하는 오류에 따른 추가 시간(T_{add})의 합이며, 여기서 연산 시간(T_{comp})은 다시 통신 시간(T_{commn})과 실행 시간(T_{exec})의 합으로 표현될 수 있으므로, 수학적 식 7과 같이 계산될 수 있다.

수학적 식 7

$$T_{DP} = T_{vs} + T_{comp} + T_{add} = T_{vs} + T_{commn} + T_{exec} + T_{add}$$

한편, 수학적 식 7에서 추가 시간(T_{add})은 통신 오류 확률(P_{ecomm})과 통신 오류로 인해 발생한 추가 통신 시간(T_{ecomm}), 그리고 데이터 처리 오류 확률(P_{eexec})과 변수 공유 과정에서 변수 복구 시간(T_{evs}), 데이터 처리 오류로 인해 발생한 추가 통신 시간(T_{ecommn})과 추가 데이터 처리 시간(T_{eexec})을 고려하여 수학적 식 8로 계산될 수 있다.

수학적 식 8

$$T_{add} = P_{ecommn} T_{commn} + P_{eexec} (T_{evs} + T_{ecommn} + T_{eexec})$$

수학적 식 8에서 변수 공유 과정에서 변수 복구 시간(T_{evs})과 추가 통신 시간(T_{ecommn})까지 함께 고려되는 것은 클라우드로 기반 빅데이터 처리 시스템에서는 특정 워커 노드에서 오류가 발생되면, 해당 워커 노드에서 처리하던 데이터를 다른 워커 노드로 이관하여 처리하므로 모든 과정이 다시 수행되기 때문이다. 즉 통신 시간만 더해지던 통신 오류 과정과 달리, 빅데이터 처리 과정에서 발생하는 오류는 모든 과정이 한번 더 수행된다고 볼 수 있으므로, 변수 복구 시간(T_{evs})과 추가 통신 시간(T_{ecommn})이 함께 반영되어야 한다.

따라서 수학적 식 7의 예상 시간(T_{DP})은 수학적 식 9로 다시 계산될 수 있다.

수학적 식 9

$$T_{DP} = niC + \frac{As}{n} + \frac{iB}{n} + \left[P_{ecommn} \frac{As}{n} + P_{eexec} \left\{ (n-1)iC + \frac{A \frac{S}{n}}{n-1} + \frac{i \frac{B}{n}}{n-1} \right\} \right]$$

$$= niC + \frac{As}{n} + \frac{iB}{n} + \left[P_{ecommn} \frac{As}{n} + P_{eexec} \left\{ (n-1)iC + \frac{As}{n(n-1)} + \frac{iB}{n(n-1)} \right\} \right]$$

여기서 n 은 워커 노드의 수이고, i 는 오류에 의한 반복 횟수이며, $A = coeff \times T_{commn}^{baseline}$ 이고, B 는 배치 파일 처리 시간(M_a)($B = M_a$)이며, $C = coeff \times T_{vs}^{baseline}$ 이다. $coeff$ 는 미리 지정된 계수이고, $T_{commn}^{baseline}$ 와

$T_{vs}^{baseline}$ 는 각각 연산 시간의 평균값이고, 변수 공유 시간의 평균값을 나타낸다.

변수 공유 단계 시간의 평균값으로서 측정에 의해 획득되는 변수

위커 노드 수(N)가 충분히 크다고 가정하면, 수학식 9는 수학식 10과 같이 변형될 수 있다.

수학식 10

$$\begin{aligned} T_{DP} &\approx niC + \frac{As}{n} + \frac{iB}{n} + \left[P_{e_{commn}} \frac{As}{n} + P_{e_{exec}} \left\{ niC + \frac{As}{n^2} + \frac{iB}{n^2} \right\} \right] \\ &= niC(1 + P_{e_{exec}}) + \frac{1}{n} \left(iB + As(1 + P_{e_{commn}}) \right) + \frac{1}{n^2} (P_{e_{exec}}(As + iB)) \\ &= \alpha n + \beta \frac{1}{n} + \gamma \frac{1}{n^2} \end{aligned}$$

여기서 $\alpha = iC(1 + P_{e_{exec}})$ 이고, $\beta = iB + As(1 + P_{e_{commn}})$ 이며, $\gamma = P_{e_{exec}}(As + iB)$ 이다.

위커 노드 수 산출부(237)는 예상 시간 계산부(236)에서 계산된 예상 시간(T_{DP})을 이용하여, 목표 데이터 처리 시간(T_{object})을 만족하는 타겟 위커 노드 수(N_2)를 산출한다.

클라우드 기반 빅데이터 처리 시스템에서 데이터를 배치 시간 내에 처리하기 위해서는 수학식 10으로 계산되는 예상 시간(T_{DP})이 목표 데이터 처리 시간(T_{object}) 이하이어야 하므로, 수학식 11로 표현될 수 있다.

수학식 11

$$T_{DP} \approx \alpha n + \beta \frac{1}{n} + \gamma \frac{1}{n^2} \leq T_{object}$$

그리고 수학식 11은 수학식 12와 같이 다시 표현될 수 있다.

수학식 12

$$\alpha n^3 - T_{object} n^2 + \beta n + \gamma \leq 0$$

수학식 12로부터 위커 노드 수는 수학식 13과 같이 3개(n_1, n_2, n_3)로 도출될 수 있다.

수학식 13

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} - \frac{1}{3\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} - \frac{1}{3\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \\ n_2 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} + \frac{1+i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} + \frac{1-i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \\ n_3 &= \frac{T_{object}}{3\alpha} + \frac{1-i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta + \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} + \frac{1+i\sqrt{3}}{6\alpha} \sqrt[3]{\frac{\Delta - \sqrt{\Delta^2 - 4((T_{object})^2 - 3\alpha\beta)^3}}{2}} \end{aligned}$$

[0085] 여기서 $\Delta = -2(T_{object})^3 + 9\alpha\beta T_{object} + 27\alpha^2\gamma$ 이다.

[0086] 이후, 워커 노드 수 산출부(237)는 수학식 13으로부터 계산된 3개의 워커 노드 수(n_1, n_2, n_3)에 대해 수학식 14와 같이 가장 작은 양의 실수를 선택하고, 선택된 워커 노드 수 이상의 최소 자연수를 타겟 워커 노드 수(N_2)로 설정한다.

수학식 14

[0087]
$$N_2 = \{[\min(n_i)] \mid n_i > 0, n_i \in \mathbb{R}, i = 1, 2, 3\}$$

[0088] 도 3에서 입력 데이터 크기 산출부(235)와 예상 시간 계산부(236) 및 워커 노드 수 산출부(237)는 워커 노드 결정부로 통합될 수 있다.

[0089] 변수 추정부(230)의 워커 노드 수 산출부(237)는 타겟 워커 노드 수(N_2)가 설정되면, 추정된 타겟 입력 데이터율(λ)과 타겟 데이터플로우 수(N_1) 및 타겟 워커 노드 수(N_2)를 UAV 위치 설정부(240)로 전달한다. 이에 UAV 위치 설정부(240)는 워커 노드 수 산출부(237)에서 전달된 타겟 입력 데이터율(λ)과 타겟 데이터플로우 수(N_1) 및 타겟 워커 노드 수(N_2)를 기반으로 다수의 UE(101) 중 타겟 워커 노드 수(N_2)에 대응하는 개수의 UE를 선택하고, 선택된 UE와 통신이 수행되도록 적어도 하나의 저고도 UAV(102)와 적어도 하나의 고고도 UAV(103)가 배치되어야 하는 고도 및 위치에 대한 위치 정보를 생성한다.

[0090] 이때, UAV 위치 설정부(240)는 타겟 입력 데이터율(λ)과 타겟 데이터플로우 수(N_1) 및 타겟 워커 노드 수(N_2) 이외에 다른 환경 변수를 함께 인가받아 위치 정보를 생성할 수도 있다.

[0091] 상기한 바와 같이, 본 실시예에 따른 무인 비행체 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 장치는 다수의 UAV에 대해 실시간으로 변하는 채널 환경을 분석하기 위해 스파크 스트리밍과 같은 빅데이터 기술을 활용하는 경우 0.5에서 3초 수준으로 설정되는 미니 배치를 만족시킬 수 있는 타겟 입력 데이터율(λ)과 타겟 데이터플로우 수(N_1)를 추정하고, 추정된 타겟 입력 데이터율(λ)과 타겟 데이터플로우 수(N_1)를 기반으로 타겟 워커 노드 수(N_2)를 산출함으로써, 무인 비행체 네트워크를 최적화 할 수 있도록 한다.

[0092] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법을 나타낸다.

[0093] 도 1 내지 도 3을 참조하여, 도 4에 도시된 본 실시예에 따른 UAV 네트워크를 이용한 클라우드 기반 빅데이터 처리 제어 방법을 설명하면, 우선 다수의 UAV(102, 103)에서 수집된 환경 정보를 인가받아 분석하여 지정된 환경 변수를 획득한다(S10). 그리고 이전 획득된 환경 변수에 비해 획득된 환경 변수가 기준 변화 이상 변화하였는지 판별한다(S20). 만일 환경 변화가 기준 변화 이상인 것으로 판별되면, 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1) 중 하나를 우선 최적화하고자 하는 제어 변수로 선택한다(S30). 여기서 제어 변수는 입력 데이터율(λ)과 데이터플로우 수(N_1) 중 변화량이 큰 변수를 제어 변수로 선택할 수 있으나, 제어 변수를 랜덤하게 선택할 수도 있다.

[0094] 그리고 입력 데이터율(λ)이 제어 변수로 선택되었는지 판별한다(S40). 만일 입력 데이터율(λ)이 제어 변수로 선택된 것으로 판별되면, 타겟 입력 데이터율(λ) 추정 단계를 수행한다.

[0095] 타겟 입력 데이터율(λ) 추정 단계에서는 우선 기존 획득된 데이터플로우 수(N_1)와 다른 환경 변수들을 이용하여, 수학식 2에 따라 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 계산한다(S51). 그리고 미리 지정된 입력 데이터율의 범위($0 \leq \lambda \leq \max \lambda$)를 분석한다(S52). 이후 분석된 입력 데이터율의 범위($0 \leq \lambda \leq \max \lambda$) 내에서 입력 데이터율(λ)을 가변하면서, 수학식 3에 따른 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 계산한다(S53). 가변되는 입력 데이터율(λ) 각각에 대해 획득되는 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, 각 입력 데이터

율(λ)에서 UE(101)가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을 성공적으로 수신할 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산한다(S54). 그리고 각 입력 데이터율(λ)에 대해 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$) 중 기지정된 문턱 확률(p) 이상($F(T_{cc}) \geq p$)인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 존재하는지 판별한다(S55). 만일 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 존재하면, 해당 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)에 대응하는 입력 데이터율(λ)을 타겟 입력 데이터율로 추정한다(S56). 그러나 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 존재하지 않으면, 기존에 설정된 데이터플로우 수(N_1)를 기지정된 기준 데이터플로우 비율(ψ_N)만큼 감소($N_1(1-\psi_N)$)시킨다(S57). 그리고 다시 타겟 입력 데이터율(λ) 추정 단계를 수행한다.

[0096] 반면, 데이터플로우 수(N_1)가 제어 변수로 선택된 것으로 판별되면, 타겟 데이터플로우 수(N_1) 추정 단계를 수행한다.

[0097] 타겟 데이터플로우 수(N_1) 추정 단계에서는 우선 기존 획득된 입력 데이터율(λ)과 다른 환경 변수들을 이용하여, 수학적 2에 따라 통신 성공 확률($P_s(v, R)$)을 계산한다(S61). 그리고 미리 지정된 데이터플로우 수의 범위($0 \leq N_1 \leq \max N_1$)를 분석한다(S62). 이후 분석된 데이터플로우 수의 범위($0 \leq N_1 \leq \max N_1$) 내에서 데이터플로우 수(N_1)를 가변하면서, 수학적 3에 따른 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 계산한다(S63). 가변되는 데이터플로우 수(N_1) 각각에 대해 획득되는 6개의 보조 문턱 수신 감도($\beta_1 \sim \beta_6$)를 이용하여, 각 데이터플로우 수(N_1)에서 UE(101)가 지정된 시간(T_{cc}) 이내에 패킷을 성공적으로 수신할 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)을 계산한다(S64). 그리고 각 데이터플로우 수(N_1)에 대해 계산된 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$) 중 기지정된 문턱 확률(p) 이상($F(T_{cc}) \geq p$)인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 존재하는지 판별한다(S65). 만일 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 존재하면, 해당 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)에 대응하는 데이터플로우 수(N_1)를 타겟 데이터플로우 수로 추정한다(S66). 그러나 문턱 확률(p) 이상인 지정 시간 패킷 수신 확률($F(T_{cc})$)이 존재하지 않으면, 기존에 설정된 입력 데이터율(λ)을 기지정된 기준 입력 데이터율 비율(ψ_λ)만큼 감소($\lambda(1-\psi_\lambda)$)시킨다(S67). 그리고 다시 타겟 데이터플로우 수(N_1) 추정 단계를 수행한다.

[0098] 한편, 타겟 입력 데이터율(λ)과 타겟 데이터플로우 수(N_1)가 추정되면, 추정된 타겟 입력 데이터율(λ)과 타겟 데이터플로우 수(N_1)를 기반으로 수학적 6에 따라 특정 시점의 전체 입력 데이터의 크기(s)를 계산한다(S70).

[0099] 그리고 계산된 크기의 입력 데이터를 처리하는데 필요한 예상 시간(T_{dp})을 계산한다(S80). 이때 예상 시간(T_{dp})은 오류에 의해 발생하는 추가 시간(T_{add})을 합하여 계산되며, 추가 시간(T_{add})은 수학적 8과 같이, 통신 오류 확률(P_{ecomm})과 통신 오류로 인해 발생한 추가 통신 시간(T_{ecomm}), 그리고 데이터 처리 오류 확률(P_{eexec})과 변수 공유 과정에서 변수 복구 시간(T_{evs}), 데이터 처리 오류로 인해 발생한 추가 통신 시간(T_{ecomm})과 추가 데이터 처리 시간(T_{eexec})을 고려하여 수학적 10에 따라 계산될 수 있다.

[0100] 수학적 10에 따라 예상 시간(T_{dp})이 계산되면, 계산된 예상 시간(T_{dp})을 이용하여 목표 데이터 처리 시간(T_{object})을 만족할 수 있는 지정된 개수의 워커 노드 수(n_1, n_2, n_3)를 수학적 13을 이용하여 획득하고, 획득된 지정된 개수의 워커 노드 수(n_1, n_2, n_3) 중 가장 작은 양의 실수 이상의 최소 자연수를 타겟 워커 노드 수(N_2)로 설정한다(S90).

[0101] 타겟 워커 노드 수(N_2)가 설정되면, 타겟 워커 노드 수(N_2)를 기반으로 UAV(102, 103)가 배치되어야 하는 고도 및 위치에 대한 위치 정보를 생성하고, 생성된 위치 정보와 추정된 타겟 입력 데이터율(λ)과 타겟 데이터플로우 수(N_1)를 UAV(102, 103)로 전송함으로써, UAV(102, 103)를 제어한다(S100).

[0102] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는

기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.

[0103] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

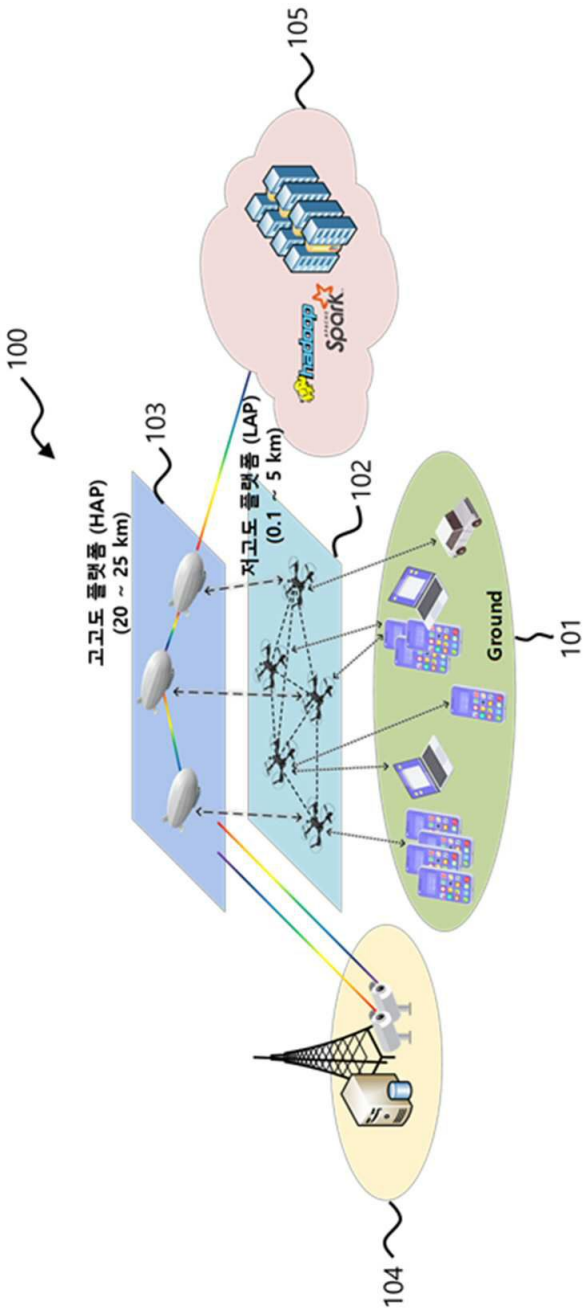
[0104] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

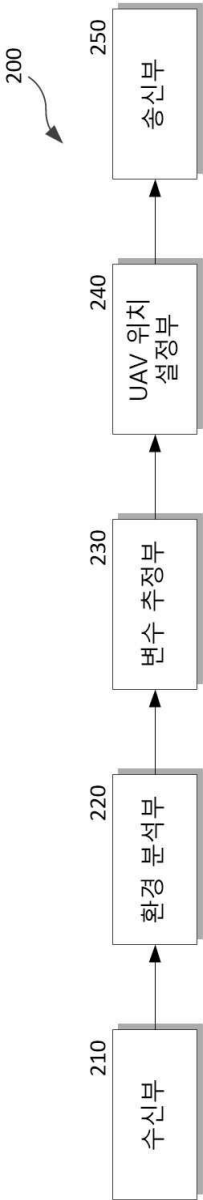
[0105]	101: UE	102: 저고도 UAV
	103: 고고도 UAV	104: UAV 제어 서버
	105: 클라우드 서버	200: UAV 제어 서버
	210: 수신부	220: 환경 분석부
	230: 변수 추정부	240: UAV 위치 설정부
	250: 송신부	231: 환경 변화 판별부
	232: 제어 변수 선택부	233: 입력 데이터율 추정부
	234: 데이터플로우 수 추정부	235: 입력 데이터 크기 산출부
	236: 예상 시간 계산부	237: 워커 노드 수 산출부

도면

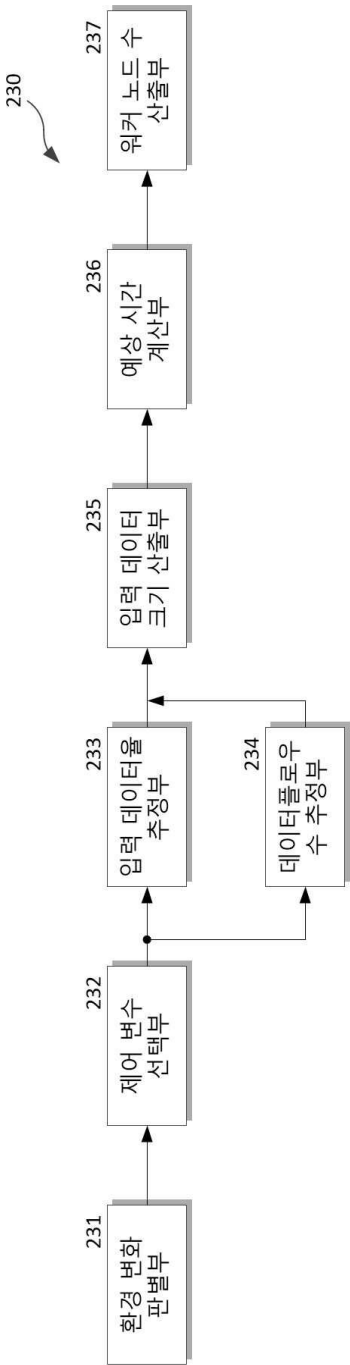
도면1



도면2



도면3



도면4

