

논문-2000-5-1-14

분산 푸시서버에서 공통채널 연동

연승호*, 김영현*, 한군희**, 백순화***, 전병민****

Synchronization of Common Channel in Distributed Push Servers

Seung-Ho Reon*, Yeong-Heon Kim*, Kun-Hee Han**, Soon-Hwa Baek***, Byoung-Min Jun****

요 약

본 논문에서는 인터넷/인트라넷 환경에 사용할 수 있으며 인터넷 방송 기능을 제공하는 푸시 시스템을 개발하면서 다수 사용자를 수용하기 위한 방안을 연구하였다. 특히 사용자 접속에 따른 푸시서버의 부하량 증가와 접속빈도에 의한 푸시서버의 분산효과를 분석하였다. 분산된 상태에서 채널을 공유하기 위한 방법으로 공통채널과 지역채널로 구분하여 푸시서버마다 공통채널을 복제하는 방식으로 대규모 사용자를 분산 수용하면서 정보 취득에 어려움이 없도록 하였으며 분산 푸시서버에서 채널연동을 효과적으로 수행하기 위한 알고리즘을 고안하게 되었다.

abstract

The paper describes a push system, a broadcasting system in the internet, which is developed for internet and intranet use. In this paper, we carried out research on the method to support the large number of users in the intranet environment. Particularly the paper analyzes the effects on the network traffic according to the number of the users connected to the push system and the frequency of the connections when push servers are distributed over the intranet. Push system described here uses two different kinds of channels, common channel and local channel. Common channel is the channel to be replicated among the push servers in the intranet. This paper shows that the method using the common channel synchronization is efficient in supporting the large number of intranet users. We introduce an algorithm to make the interconnections between channels efficiently among push servers distributed over the intranet.

I. 서 론

푸시 채널은 케이블 TV와 같이 채널별로 주제에 관련된 정보를 모아서 제공하는 것으로 방대한 인터넷 정보를 각각의 채널로 구성하여 사용자가 선택할 수 있게

한다. 인터넷/인트라넷 정보를 바탕으로 채널의 내용을 구성하여 서비스하고 있는데 대표적인 채널로는 뉴스, 날씨, 스포츠, 최신기술정보 등이 있으며 이러한 정보는 채널의 가입자에게 미리 정해진 시나리오에 따라 제공된다. 최근의 푸시를 적용한 시스템들은 서버에서 강제로 밀어내는 푸시 방식보다 클라이언트에서 사용자가 주기를 설정하여 해당 채널의 기사를 가져오는 Scheduled Polling 방식을 채택하는 경향이 높다. 기술적 관점에서 보면 채널은 실제적 내용인 콘텐츠와 화면 구성에 관한 정보인 스크립트로 구성된다. 사용자는 채널을 복수개로 선택할 수 있으며 시간에 따라 생성되는 각종 정보들을 로봇이 가져와서 사용자의 화면에 뿌려

* 한국통신 멀티미디어 연구소
Korea Telecom Multimedia Technology Laboratory

** 대천대학 컴퓨터/전자/전기학부
Dept. of Computer/Electronic/Electric, Daechen College

*** 천안외국어대학 컴퓨터정보과
Dept. of Computer Information, Chonan College of Foreign Studies

**** 충북대학교 컴퓨터공학과
Dept. of Computer Engineering, Chungbuk National Univ.

주는 서비스를 제공한다.^[1]

종래의 시스템 구성방식은 소규모 인원에 대하여 독립적인 단일 서버로 해결하는 방식이 주류를 이루었다. 근래에 들어 대규모 인원을 수용하는 방안 있어서 서버의 용량을 대형으로 하여 다수의 사용자를 수용하는 방식, 중앙에 여러 대의 CPU를 갖고 하드디스크를 공유하는 방식, 그리고 웹에서 많이 사용되고 있는 방식으로 한 대의 서버에 웹데몬과 애플리케이션 프로그램을 두고 데이터 서버를 여러 군데 분산 배치하는 체제로 시스템을 구축하는 사례가 있다.^[2]

본 논문에서는 푸시서버에 분산서버를 이용하여 다수 사용자를 수용하기 위한 방안을 연구하였으며 사용자 접속에 따른 푸시서버의 부하량 증가와 접속빈도에 의한 푸시서버의 분산효과를 분석하였다. 분산된 상태에서 채널을 공유하기 위한 방법으로 공통채널과 지역채널로 구분하여 푸시서버마다 공통채널을 복제하는 방식으로 대규모 사용자를 분산 수용하면서 정보 취득에 어려움이 없도록 하였으며 분산 푸시서버에서 채널연동을 효과적으로 수행하기 위한 알고리즘을 고안하였다.^[3]

II장에서는 푸시종류에 있어서 일반채널과 로봇채널을 분류하고, 속성으로서는 공통채널과 일반채널, 의무가입채널과 선택가입채널로 분류 및 설계하였다. III장에서는 공통채널을 연동하게된 자료분석과 푸시 채널연동 알고리즘을 설명하였다. 끝으로 V장에서는 분산 푸시서버 채널연동을 정리하였다.

II. 푸시채널 설계

1. 채널 종류

채널은 저작방식과 CDF(Channel Definition Format) 내용에 따라 그림 1과 같이 일반채널과 로봇채널의 두가지 종류로 설계하였다. 일반채널은 채널의 스케줄정보, 기사항목, 그룹명 등의 채널정보가 CDF 파일에 저장되며 관리자가 채널의 내용을 저작해서 푸시서버에 등록하게 된다.^{[4][5][6][7][8][9]} 등록된 후에는 관리자가 서버관리도구를 이용하여 채널에 기사나 그룹을 추가/삭제할 수 있다. 반면에 로봇채널은 관리자가 인터넷상의 URL(Unification Resource Location) 주소와 기사를 추출해오는 정규식(Regular Expression)을 정의해두면 푸시서버의 로봇이 자동으로 CDF 파일을 생성하여 푸시서비스를 제

공한다.

2. 채널 속성

채널의 속성분류로는 멀티서버환경에서 여러 푸시서버간에 동일한 채널을 복제할 것인가 또는 푸시서버마다 별도의 채널을 구성할 것인가에 따라 공통채널과 지역채널로 설계하였다. 전사게시판과 사내뉴스 등과 같이 사내 전체적으로 공통인 정보로 구성되는 채널은 공통채널로 속성을 지정해 두면 여러 푸시서버간에 동일한 내용을 갖는 채널로 등록되고 전문가 그룹이나 동호회 채널과 같이 지역적으로 사용하는 채널은 지역채널의 속성으로 지정하여 사용할 수 있다. III장에서 다룬 분산 푸시서버에서 채널연동은 여기에서의 공통채널을 의미한다.

또 다른 채널 속성으로서 채널 가입여부에 따라 의무가입 채널과 선택가입 채널로 설계하였다. 의무가입 채널은 사내 임직원이 반드시 필독해야할 내용으로 구성되는 채널로서 채널 가입/탈퇴를 임의로 할 수 없고, 모든 사용자가 반드시 가입된 것으로 처리되는 채널을 말하며, 선택가입 채널은 사용자가 선택적으로 채널 가입/탈퇴 기능을 수행할 수 있다. 따라서 속성분류에 따라 채널을 여러 가지로 저작하여 분산의 효과뿐만 아니라 정보를 선택적으로 받아볼 수 있는 효과를 얻을 수 있다.^[3]

III. 채널연동 설계

1. 분산 푸시서버 채널연동

단일 서버로 구성된 푸시 서비스는 대규모 사용자가 여러 지역에 분포할 경우에 하드웨어 용량과 사용자의 수용한계 및 네트워크 트래픽의 집중화를 유발하는 문제점이 있다. 대규모 사용자를 수용하는 환경에서는 하드웨어와 네트워크 트래픽을 효과적으로 분산하는 방법이 강구되어져야 하는데 본 논문에서는 분산 푸시서버로 구성하여 공통채널을 서버마다 공유하도록 연동 알고리즘을 설계 및 제시하였다.

제시한 채널 연동이라 함은 공통 채널을 한 서버에서만 제작하여도 각각의 분산서버에 자동으로 등록하게 함으로써 통합 서비스를 제공하는 방식이다. 집단 내에 공통으로 사용하는 채널을 등록하고자 할 경우 관리자는 자신이 관리하는 푸시 서버에 접속하여 공통 채널을 등록하면 해당

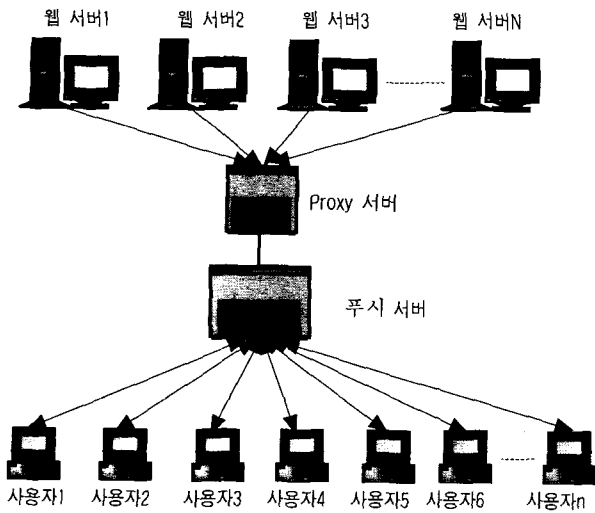


그림 1. 단일 푸시서버 시스템 구성
Fig. 1. System configuration of single push server

푸시 서버에서 집단 내에 설치된 다른 푸시 서버의 주소를 내부적으로 관리하고 있어서 공통 채널 등록기능을 이용하여 모든 서버가 공통 자료를 공유할 수 있도록 하였다. 또한 지역적으로 독립된 분산 푸시서버에 각 응용프로그램과 데이터를 두고 디렉토리 역할을 하는 채널을 상호 연동하며, 공통채널에 대해서는 동일 서버처럼 보이게 하는 방식을 구현함으로써 각 사용자는 다른 푸시 서버에 접속할 필요없이 등록된 채널들을 취사 선택할 수 있어서 네트워크 트래픽 집중화를 해결하도록 하였다.

2. 푸시서버 집중화 분석

공통채널을 연동함으로써 사용자와 네트워크 집중을 분산시키는 효과가 있고 운용시에 응답속도 개선의 효과가 있음을 자료량을 분석함으로써 입증하고자 한다. 그림 1은 푸시서버에 등록된 채널들에 따라서 로봇이 웹서버들을 방문하여 자료들을 모아온다. 여기서 프록시 서버는 같은 자료에 대하여 반복 가져오기에 의한 트래픽 발생을 줄이는 효과가 있기 때문에 설치하였다.

그림 2는 그림 1에서 푸시서버를 여러대로 분산하고 사용자는 푸시서버별로 분산된 경우를 나타낸 것이다.

푸시 시스템을 일반사용자를 수용한 실환경에서 사용자를 가입시켜 발생한 결과를 대입하여야 하는 것이 실험결과로서 정확한 측정을 할 수 있으나 운용시스템에서 사용자를 가정한 모의 실험을 통하여 실환경에서 사용 가능한 예상치를 대입하여 추정한다.

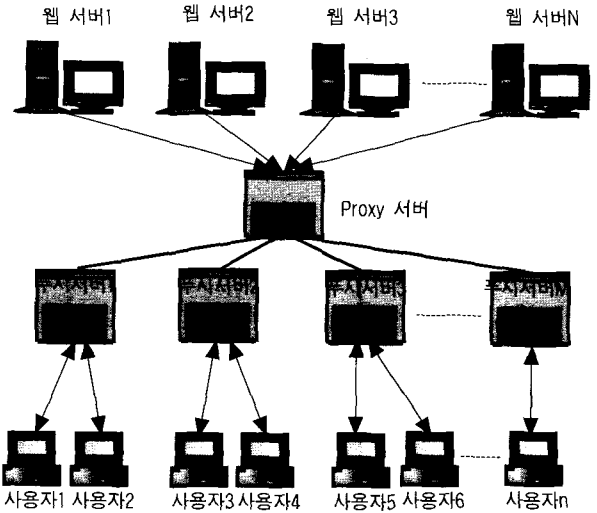


그림 2. 공통채널 연동 푸시서버 시스템 구성
Fig. 2. System configuration of common channel synchronization in push servers

[조 건]

총 채널 갯수 : 500개, 채널당 기사 갯수 : 50개, 채널중 기사변경 비율 : 10%, 사용자 1인 평균채널가입수 : 10개, 채널정의파일(CDF) 크기 : 5KB, 채널갱신 주기 : 6회/시간당, 업무처리시간 : 10시간/일, 본문 문서(일반 web 페이지 가져오기) : 1KB의 html + 평균 10KB의 gif 파일 = 11KB, 본문참조 비율 : 채널기사 갯수의 30%(사용자가 선택하였을 때만 비율), 전체 채널중 공통채널의 비율 : 60%

Proxy서버와 웹서버의 위 조건을 만족하는 자료 발생량 평균값은 다음과 같다.

단일 서버에서 웹서버와 Proxy서버간에 발생하는 기사헤더 평균값 = 총 채널수 x 채널당기사수 x 채널갱신 주기 (1) x 업무처리시간 x 기사변경비율 x 채널정의파일

Proxy서버와 웹서버간에 기사헤더를 사용자수와 무관하며 채널수와 기사수에 비중에 있다.

분산 서버에서 웹서버와 Proxy서버간에 발생하는 기사헤더 평균값 = (총 채널수 x 공통채널비율 x 채널갱신 주기 x 업무처리시간 x 기사변경비율 x 채널정의파일) + (2) (총 채널수 x 지역채널비율 x 채널갱신 주기 x 업무처리시간 x 기사변경비율 x 채널정의파일 x 서버수량)

분산으로 푸시서버를 구성할 경우에는 사용자는 Proxy

서버수/사용자		1대	5대	8대	12대
1,000명	총발생량/일	43.8GB	8.76GB	5.475GB	3.65GB
	서버부하량/초	1.216MB/s	243.3KB/s	152.1KB/s	101.39KB/s
3,000명	총발생량/일	101.4GB	20.28GB	12.68GB	8.45GB
	서버부하량/초	2.82MB/s	563.3KB/s	352.2KB/s	234.7KB/s
8,000명	총발생량/일	350.4GB	70.08GB	43.8GB	29.2GB
	서버부하량/초	9.73MB/s	1.95MB/s	1.22MB/s	811.1KB/s
200,000명	총발생량/일	876GB	175.2GB	109.5GB	73GB
	서버부하량/초	24.3MB/s	4.87MB/s	3.04MB/s	2.03MB/s
500,000명	총발생량/일	1.59TB	318GB	198.75GB	132.5GB
	서버부하량/초	44.17MB/s	8.83MB/s	5.52MB/s	3.68MB/s

표 1. 분산 푸시서버 자료 발생량 분석
Table 1. Analysis of traffic data in distributed push servers

서버와 웹서버 간의 자료 발생량은 푸시서버의 수량이 증가하여도 공통채널에 대한 자료발생량은 증가하지 않는다. 반면에 각 푸시서버마다 지역채널을 갖고 있는데 이는 채널수량만큼 증가되어 Proxy 서버에 가져온다. 그러나 본문보기를 위한 Proxy 서버와 웹서버 간의 자료 발생량에서는 동일한 결과를 얻는다.

푸시서버의 수량에 따른 Proxy 서버와 각 푸시서버간 (단일/분산 포함)에 (조건)을 만족하는 자료발생량은 다음과 같다.

$$\text{기사헤더 평균값} = \text{총채널수} \times \text{채널당기사수} \times \text{기사변경비율} \times \text{채널정의파일} \times \text{채널갱신주기} \times \text{업무처리시간} \quad (3)$$

$$\text{본문보기 평균값} = (\text{사용자} \times \text{채널평균가입수} \times \text{채널당 기사수} \times \text{기사변경비율} \times (\text{채널정의 파일} + \text{본문문서}) \times \text{채널갱신주기} \times \text{본문참조비율} \times \text{업무처리시간}) / \text{푸시서버수} \quad (4)$$

식(3)에서의와 같이 분산서버로 할 경우에는 서버수가 증가할 경우 Proxy서버에서 한번만 전달하면 갱신되지 않는 한 같은 정보를 푸시서버가 사용자에게 반복 전달함으로써 사용자수에 영향을 받지 않으며 푸시서버 수량만큼 반복적으로 최소 한번을 보내기 때문에 증가한다. 그러나 기사 갱신율이 많지 않을 경우 푸시서버와 사용자간의 자료 발생량에 비하여 무시할 정도이다. 본문검색에 의한 자료 발생량은 전체 사용자수가 동일할 경우 Proxy서버에 발생하는 자료량은 지역채널의 전체합이 증가하여 일부 증가할 수 있으나 공통채널 자료량은 증가하지 않는다. 반면에

식(4)에서의와 같이 본문보기에서 푸시서버는 기사헤더를 전송하는 것과 같이 사용자 수가 분산되어 있기 때문에 서버수량만큼 부하분산 효과가 있다.

푸시서버 수량에 따른 푸시서버와 사용자간에 (조건)을 만족하는 자료발생량은 다음과 같다.

$$\text{푸시서버(단일/분산 포함)와 사용자간에 발생하는 기사헤더 평균값} = (\text{사용자} \times \text{채널평균가입수} \times \text{채널당기사수} \times \text{기사변경비율} \times \text{채널정의파일} \times \text{채널갱신주기} \times \text{업무처리시간}) / \text{푸시서버수} \quad (5)$$

푸시서버(단일/분산 포함)와 사용자간에 발생하는 본문보기 평균값 = 위 (4)식과 동일

푸시서버와 사용자간에 발생하는 기사헤더 자료량은 식(5)에서의와 같이 사용자수에 따라 분산된다. 본문보기는 사용자가 요구할 때만 발생하고 본문자료는 Proxy서버에 있기 때문에 사용자와 푸시서버간에 발생하는 자료량이나 Proxy서버와 푸시서버간에 발생하는 자료량이 같으며 분산효과가 있다.

푸시서버 각각에 발생하는 자료량(단일서버도 같은 조건)은 다음과 같다.

$$\text{푸시서버에 발생하는 자료량} = (3) + (4) \times 2 + (5)$$

표 1은 사용자를 1,000명, 3,000명, 200,000명, 500,000명으로 적용하고 서버를 1, 5, 8, 12대로 구성하였을 때 발생 자료량의 변화를 분석한 것이다. 자료량 변화는 대

부분 채널수와 갱신주기, 사용자 수에 따라 달라지는데 채널수와 갱신주기는 정보의 질적 양적 수준을 향상시키기 위한 조건이므로 분석조건에서는 고정시켜 처리하였다.

표 1을 분석하면 사용자 수가 증가될수록 각 서버에서 처리하여야할 부하량과 네트워크 트래픽이 집중화되는 것을 볼 수 있다. 자료량 발생의 주요 요인으로는 푸시서버가 채널 기사를 사용자에게 전달하고 본문을 조회할 때 발생함을 알 수 있다. 사용자 1,000명이나 3,000명 정도는 현재 사내망으로 많이 사용되는 이더넷에 수용하여 운용할 수 있으나 다수의 사용자는 위 표를 이용하여 적절한 규모로 사용자를 분산시킬 수 있다. 그리고 서버의 용량산정에서 채널정보, 기사헤더 정보 이외는 푸시서버에서 갖기보다는 Proxy에서 갖고 있거나 외부 웹서버에서 갖고 있기 때문에 하드디스크의 용량보다도 네트워크 환경과 메모리 등에 주안점을 두어야 한다. 특히 푸시 서버가 위치한 일부 서브 네트워크에서 트래픽이 집중적으로 발생하기 때문에 서버를 분산시킬 필요가 예상되는 부분이다. 실제 시스템 구성에 있어서 서버가격이나 관리상의 문제를 고려한 최적화는 별개로 다르다.

동일한 사용자에게 있어서 서버의 수량을 증가하면 전체 자료 발생량의 합은 식(2)과 식(3) x 푸시서버 수 만큼

단일서버에 비하여 증가하지만 분산된 각각의 서버는 단일서버로 통합하여 서비스 하는 것에 비하여 상대적으로 적은 자료를 발생하기 때문에 사용자 수용의 관점에서 보면 분산된 서버로 구성하는 것이 다수의 사용자를 수용할 수 있다.

3. 공통채널 연동 알고리즘

분산된 서버에서도 동일 그룹원이라면 같은 정보를 볼 필요가 있다. 위 2절에서와 같이 다수 사용자 수용을 위한 분산효과를 기대할 때 채널들을 푸시서버마다 새로이 작성한다면 많은 시간과 노력이 소요되며 실시간적으로 정보를 처리할 수 없기 때문에 2장 1절에서와 같은 공통채널이라는 공유채널을 만들어 푸시서버마다 복제하여 동기화 시키는 알고리즘을 공통채널연동 알고리즘을 신규로 고안하게 되었다. 그림 3은 '푸시시스템에서 분산 서버에서 채널 연동 방법을 나타낸 것으로서 관리자가 사용할 채널을 등록/수정/삭제하는 경우를 나타낸 것이다. 서버 관리자는 먼저 서버 관리부를 수행시켜 지역 푸시 서버중의 하나인 A에 접속한다. 이때, 푸시 서버A의 자료량 송신 모듈은 통신해야 할 다른 서버들의 수효만큼 메시지 큐들을 가지고 있으며, 각 메시지 큐에는 각각의 서버에 보내야 할 메시지들이 저장된다. 각각의

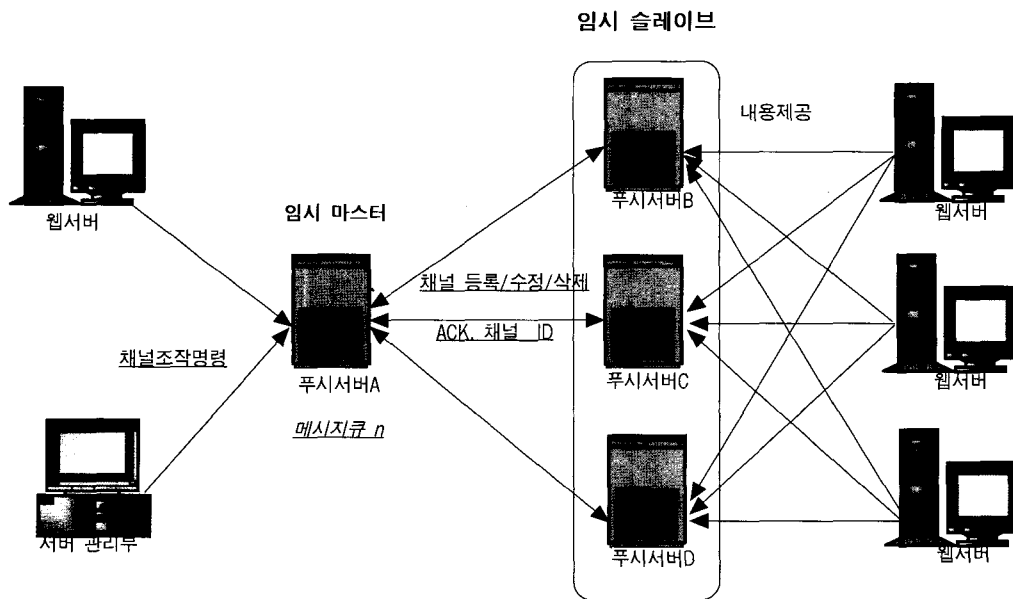


그림 3. 분산 푸시서버 채널 연동
Fig. 3. Channel synchronization of distributed push servers

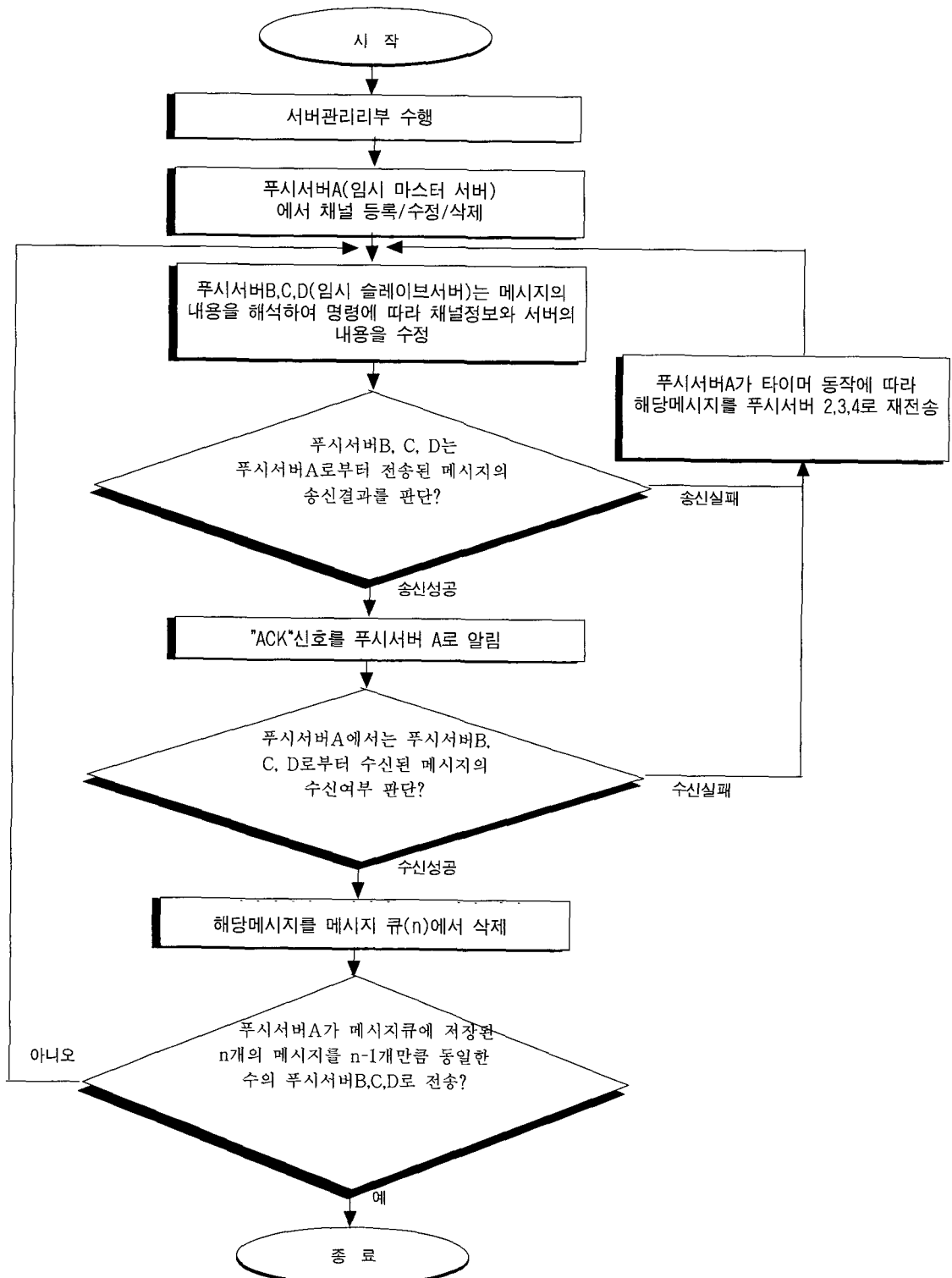


그림 4. 채널연동 알고리즘
Fig 4. Algorithm of channel synchronization

서버정보는 서버관리부에 등록 관리되며, 등록된 멀티 서버 환경에서는 어느 서버이건 푸시 서버에 채널 수정이 발생하면 임시 마스터 서버의 역할을 수행하도록 하였다.

서버관리부는 채널 조작 명령에 해당하는 메시지를 생성하여 해당 지역 푸시 서버A에 전달하고, 메시지를 수신한 푸시 서버A는 메시지의 내용을 해석하여 채널관련 정보를 수정하고 푸시 관련 파일들을 지역 웹서버로 업로드 한다. 작업을 마친 푸시 서버A는 타 지역본부에 위치한 푸시 서버B, C, D에 공통 채널의 변동을 알리기 위해 패킷을 전송한다. 이때 메시지를 수신하는 푸시 서버B, C, D는 일시적으로 슬레이브 서버의 역할을 수행한다.

여기서 슬레이브 서버는 마스터 서버로부터 명령 메시지를 수신하면 메시지 수신이 성공적으로 수행되었음을 마스터 서버에 알리고 명령 메시지의 내용을 해석하여 명령에 따라 채널 정보와 서버의 내용을 수정한다. 물론, 다른 푸시 서버B, C, D도 해당 서버에서 채널의 변동이 발생하면 임시 마스터 서버의 역할을 수행한다. 또한, 임시 마스터 서버의 자료량 송신 모듈은 슬레이브 서버의 갯수 n 개만큼 만들어진 자기 서버의 메시지 큐를 감시하다가 메시지 큐에 메시지가 남아 있으면 메시지 큐에 있는 메시지(Send, m_id, #of Group, Group_1, Group_n, message_length, Message)를 순서에 따라 슬레이브 푸시 서버로 전송한다. 이때, 메시지를 보내면서 타이머를 동작시켜서 지정된 시간 안에 수신되었다는 "ACK (acknowledge)" 신호가 수신되지 않으면 임시 마스터 서버에서 해당 메시지를 재전송한다.

반면에 메시지를 수신하는 측에서도 수신된 메시지에 대한 적절한 처리를 해주어야 하는데 수신 모듈은 메시지를 수신하면 "ACK" 신호를 송신하고 이미 받았던 메시지인지 확인하여 새롭게 도착한 메시지라면 마지막 도착한 메시지의 메시지 번호를 갱신하고 메시지를 해석하여 처리한다.

그림 4와 같이 마스터 서버는 메시지 큐에 있는 메시지들이 모두 처리될 때까지 계속 순환 작업을 하여야 하고, 슬레이브 서버가 다운이나 다른 장애가 있다 하더라도 타이머에 의한 반복 작업을 수행한다. 또한, 마스터 서버에서 전송 중에 정전 등과 같은 장애가 발생할 경우 로그파일을 읽어서 마지막 처리 상태를 확인하고 이전에 수행하던 작업을 계속 수행한다. 비록 자신이 속한 서버에서 채널 변동이 발생하지 않았다 하더라도 서비스 가입자는 자신이 등록된 푸시 서버에 접속하

여 새로운 채널에 가입하고 정보를 받아볼 수 있는 환경이 된 것이다. 즉, 마스터 서버와 슬레이브 서버간의 자료량 송수신은 상당한 신뢰성이 요구되므로 전송 도중에 메시지가 손실되더라도 재전송할 수 있는 알고리즘을 적용하였다. 단, 제시된 알고리즘은 알고리즘 이론에 의한 비교분석 관점과 성능 개선에 의미를 부여한 것이 아니라 다수 사용자 수용을 위한 자료량 분산에 중점을 둔 구조적, 실증적 알고리즘 개발이기 때문에 성능 개선의 의미는 없다.

IV. 결 론

푸시 시스템에서 다수 사용자를 수용하기 위한 방안으로 분산환경으로 구성하기 위한 전제조건으로 푸시서버에 미치는 자료량을 분석하고 분산서버로 구성하였을 때 정보공유를 위하여 서버간 채널연동 알고리즘을 적용함으로써 공통채널을 공유하도록 하였다. 사용자들은 단일 서버에 비하여 각 분산서버에서 등록된 채널들을 취사 선택할 수 있어 사용자 집중화를 억제할 수 있다. 또한 다량의 정보 전송에 의한 통신 트래픽이 집중화를 분산시킬 수 있으며 서버간 연동채널에 따른 일관된 정보를 제공받을 수 있는 효과가 있다.

푸시 기술이 보다 지능화될 경우 사용자의 사용추이, 접근빈도 등을 분석해서 이 정보들을 근거로 사용자에게 보다 다양하게 정보를 제공할 수 있다. 제한된 네트워크의 사용환경과 콘텐츠에 따라 자료량 흐름조절기능을 부가하면 타시스템들에 대한 지연여과도 줄일 수 있으므로 연구해볼 분야이다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.neowiz.com/Push/push.html>
- [2] D. Kosiur, IP Multicasting, Wiley computer publishing, 1998.
- [3] 인터넷 푸시 시스템 개발, 1998.12, 한국통신 멀티미디어연구소
- [4] <http://msdn.microsoft.com/workshop/delivery/cdf/tutorials/generic.asp>
- [5] <http://www.microsoft.com>
- [6] <http://www.pointcast.com>



전 병 민

1976년 2월 : 한국항공대학교 전자공과 공학사
 1978년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1978년 8월 ~ 1982년 3월 : 공군사관학교 교수부 전자공학과 전임강사
 1982년 4월 ~ 1986년 2월 : 동양공업전문대학 통신과 조교수
 1988년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 교환교수
 1992년 1월 ~ 1993년 1월 : 미시간대학교 교환교수
 1986년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수
 주관심분야 : 패턴 인식, 디지털 신호처리 및 영상 처리